

# LITTORAL ALGÉRIEN ET RISQUES DE TSUNAMIS.

**Malika LARARA\***, **Ahmed NEDJARI\***, **Saïd MAOUCHE\*\***,  
**Azzedine BENHAMOUCHE\*** et **Mustapha MEGHRAOUI\*\*\***

---

## RÉSUMÉ

Cet article s'interroge sur la vulnérabilité du littoral algérien aux tsunamis engendrés par les séismes. Une analyse de la sismicité historique (Harbi et Maouche, 2009) fournit un premier élément de réponse. Trois séismes auraient ou ont généré des tsunamis : Jijel 1856, Orléansville 1954, El Asnam 1980. Plus proche de nous, celui de Zemmouri (2003) est à l'origine d'un tel événement mais de faible ampleur.

Nous avons recherché les autres éléments de réponse dans l'analyse des formations quaternaires (Holocène) dans des sites qui, en raison de leur configuration, auraient conservés les traces de dépôts de paléotsunamis. C'est le cas du site d'El Kaddous (Aïn Taya, Est d'Alger) : un marécage côtier isolé de la mer par un cordon dunaire de plus de 5 m de haut.

Des sondages, réalisés (sur une profondeur de 5 m) dans les dépôts récents de ce site, montrent des argiles silteuses à faune d'eau saumâtre en coquilles entières, depuis au moins 4000 ans. Une excavation sur environ 1 m de profondeur complète les informations de la partie sommitale de ces sondages. Le matériel y est identique au précédent. Toutefois la dernière séquence, ravissante, apparaît en rupture avec tout ce qui la précède. Le matériel est chaotique, totalement désorganisé, très hétérogène. Il comporte, des galets provenant du démantèlement de la séquence précédente, une concentration anormale de coquilles entières et de coquilles fragmentées d'une faune d'eau saumâtre mais surtout, une importante fraction d'une faune allochtone marine (40% de la faune totale).

C'est un événement unique au cours de ces 4000 dernières années, perturbateur, catastrophique, exceptionnel par son arrivée brusque, son contenu. Pour toutes ces raisons, nous l'interprétons comme un paléotsunami généré par un séisme, dans un intervalle d'âge compris entre 1680-1810 AD sur la base de datations au C<sup>14</sup> que nous avons effectuées. Il pourrait être corrélé avec l'un des deux événements sismiques majeurs répertoriés dans le catalogue des séismes historiques algériens, celui du 03/02/1716, ou celui du 06/05/1773.

Une investigation similaire sur le littoral de Jijel (2009), montre dans la Plaine d'El Mencha (15 km à l'est de la ville) deux niveaux de 20 cm d'un sable fin riche en faune marine intercalés dans un ensemble de sable fin fluvial continental. Ils pourraient trouver une explication dans des apports par des paléotsunamis.

---

\* Laboratoire de Géodynamique des Bassins Sédimentaires et des Orogènes, FSTGAT-USTHB, BP. 32 El Alia Bab Ezzouar, Alger. E-mail : nedjaria@gmail.com; malikalarara@yahoo.fr

\*\* Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, BP. 63, Bouzaréah Alger, E-mail : said.maouche@gmail.com

\*\*\* EOST-Institut de Physique du Globe (UMR 7516), 5, rue René Descartes, 67084-Strasbourg cedex, France. E-mail : m.meghraoui@unistra.fr

- Manuscrit déposé le 06 Décembre 2011, accepté après révision le 01 Avril 2012.

Nous avons là, quelques éléments de réponse. Les côtes algériennes ont été affectées par des paléotsunamis au cours de périodes très proches de nous. C'est aujourd'hui un risque naturel, qu'il faut intégrer dans nos schémas d'aménagement. Ce travail est préliminaire, mais c'est un axe de recherche qu'il convient de développer par une plus large et minutieuse investigation, à l'instar de ce qui se fait dans les autres pays de la rive nord de la Méditerranée.

**Mots-clés** - Tsunamis - Littoral algérien - Risque naturel - Sismicité.

#### **ALGERIAN COAST AND TSUNAMIS HAZARDS.**

#### **ABSTRACT**

This paper addresses the issue related with the vulnerability of the Algerian coasts to tsunamis generated by earthquakes. The historical seismicity catalogue (Harbi and Maouche, 2009) reports the occurrence of at least four tsunamigenic earthquakes during the last two centuries (Jijel 1856, Orléansville 1954, El Asnam 1980 and Zemmouri 2003). We investigate the record of paléotsunami deposits in the Holocene deposits through the identification of an estuary zone with typical geomorphological characteristics west of Boumerdes and the 2003 earthquake area of Zemmouri. El Kaddous site (at 35 km East of Algiers) is a littoral marsh located at a stream mouth and separated from the sea by a 5-m-high dune. Field campaigns that include pit excavation (1m depth) reveal four (4) sequences of fine muddy and silty sedimentary units with a brackish fauna concentration layers in their top.

The uppermost sequence indicates a sharp basal contact with heterogeneous layers with mixed well preserved and fragments of shells of alluvial origin. This deposit shows a chaotic structure and contains a significant amount of marine microfauna (40% of total fauna) mixed with brackish fauna. This sequence seems to reflect an exceptional catastrophic event, which is interpreted as a tsunami deposit, generated by an earthquake that occurred at about 1680 - 1810 AD. It could be related with the 1716 or 1773 seismic events listed in the Algerian seismicity catalogue.

In addition, we have performed a similar investigation at the site of the 1856 tsunami of Jijel Area. The coring of coastal sediments at the El Mancha coastal plane (15km east of Jijel city), exhibit a sandy layer with disturbed structures that contain debris of marine fauna associated with marine microfauna different from other sedimentary units of the stratigraphic section. These layers are intercalated in an alluvial sequence and their texture and structure can be attributed to a paleotsunami.

Our study highlights paleotsunami deposits in the Algerian coast and emphasizes the mitigation of tsunami hazards into coastal development plans.

**Keywords** - Tsunamis - Algerian coast - Natural hazard - Seismicity.

## I. PROBLÉMATIQUE

Les tsunamis constituent un phénomène naturel dévastateur sur les zones côtières, généré le plus souvent par des séismes. Entre le III<sup>ème</sup> siècle BC et 1900, plus de 27 tsunamis sont inventoriés en Péninsule ibérique (Galbis, 1932, 1940; Campos, 1991, 1992; *in* : Luque et *al.*, 2002). Il en est de même sur les côtes orientales de l'Italie, Sicile, où de tels événements ont été également enregistrés : 1169, 1693, 6 Février 1783 et 1908 (Smedile et *al.*, 2007).

Nous nous sommes alors interrogés sur la vulnérabilité de la marge nord algérienne. Partie sud du bassin algéro-provençal, active avec une sismicité régulière, elle ne devrait pas être à l'abri des tsunamis.

Une analyse de la sismicité historique (Harbi, et Maouche, 2009) nous fournit un premier élément de réponse. Au cours de la période dite instrumentale, au siècle dernier, (Rothé, 1950; Ambraseys, 1982; Ambraseys et Vogt, 1988; Mokrane et *al.*, 1993; Harbi et Maouche, 2009) certains séismes auraient ou ont générés des tsunamis: Jijel 1856, Orléansville 1954, El Asnam 1980. Récemment, Maouche et *al.* (2009) décrivent sur la côte algéroise de Tipaza à Dellys, un ensemble de gros blocs détachés puis déplacés depuis le trait de côte jusqu'à parfois des centaines de mètres vers l'intérieur du continent par des tsunamis. Ils sont corrélés, après datations, avec les séismes de 1716 et 1773. En 2003, un tsunami de faible amplitude a affecté les côtes européennes à la suite du séisme de Zemmouri (Herbert et Alasset, 2003; Meghraoui et *al.*, 2004; Alasset et *al.*, 2006 ).

Nous avons recherché les autres éléments, dans le décryptage des formations quaternaires de sites qui, en raison de leur configuration auraient permis le piégeage et la conservation de

dépôts catastrophiques mis en place par d'éventuels tsunamis. C'est le cas du site d'El Kaddous (Est d'Alger, Réghaïa), un marécage côtier isolé de la mer par un cordon dunaire mais également celui de la plaine de la Mencha à Jijel

## II. RECHERCHE DE TRACES DE PALÉOTSUNAMIS DANS LE MARÉCAGE CÔTIER D'EL KADDOUS

### 1. Présentation du site

Le marécage d'El Kaddous (Réghaïa Plage) à quelques 35 km à l'est de la Baie d'Alger, en bordure nord de la Plaine de la Mitidja (fig. 1) s'inscrit dans un rectangle orienté E-W (1000 m x 500 m).

Son organisation nord-sud (figs. 1 et 2) comporte deux reliefs relativement importants :

- au sud, des collines marneuses (Plaisancien, Aymé, 1952, 1964) à une altitude de 30 m, substratum imperméable de tout le site, coiffées de terrasses sableuses, indurées, quaternaires (Langhien-Serravalien, Aymé, 1952, 1964);
- un cordon dunaire de sable grossier, large d'une dizaine de m, E-W et parallèle à la côte. Ses paramètres actuels : une hauteur de plus de 5 m par rapport au niveau de la mer, une extension sur presque toute la longueur du site, devaient être plus importants en raison de l'exploitation sauvage de son sable et des différents aménagements au cours de ces dernières décennies.

Ce dispositif détermine une plaine côtière large de 200 m, isolée de la mer où à travers une cluse vient mourir l'Oued Reghaïa délesté d'une partie de sa charge détritique. Les sondages réalisés dans cette plaine côtière (Larara et *al.*, 2009; Larara, 2010) montrent sur 5 m, une sédimentation strictement vaseuse plus ou moins silteuse à

faune d'eau saumâtre, depuis au moins 4000 ans (datation  $C^{14}$ , Larara, 2010), sans apports exceptionnels (tempêtes, crues d'oued). Un canal draine actuellement les eaux vers la mer;

- en avant de ce cordon, une large plage (20 m) de sable fin assure la transition vers la mer.

Ainsi, la plaine côtière d'El Kaddous se présente en un marécage à l'abri des tempêtes et donc; un site idéal pour enregistrer et conserver d'éventuels événements extérieurs en provenance du large, en particulier des apports en liaison avec des paléotsunamis.

## 2. Les investigations

Nous avons réalisé en bordure nord du marécage deux sondages d'une profondeur de 5 m, en carottage continu et exploité une excavation proche du canal, particulièrement intéressante car elle montre sur son premier mètre à partir de la surface, un niveau coquillier dont les aspects

et le contenu la singularisent de son encaissant. Ce niveau se corrèle avec le sommet des sondages qu'il complète.

Les carottes de sondage firent l'objet d'une description macroscopique puis microscopique et de datation au  $C^{14}$  sur matière organique (Poznań Radiocarbon Laboratory), prélevée dans une coquille de Lamellibranche à la profondeur de 3.50 m.

Un bloc parallélépipédique (20x20x50 cm) a été dégagé au niveau de l'excavation, plâtré pour conserver le matériel en place et faciliter son transport en laboratoire. Découpé, il a fait l'objet d'une investigation plurielle : macroscopique, loupe binoculaire avec un pas de 5 cm pour discriminer et caractériser les différents faciès, les contacts, les organisations, la composition, la nature des grains, les morphoscopies, le contenu faunistique. Deux analyses au  $C^{14}$  furent réalisées sur de la matière organique prélevée aux cotes 0.15 et 0.30 m.

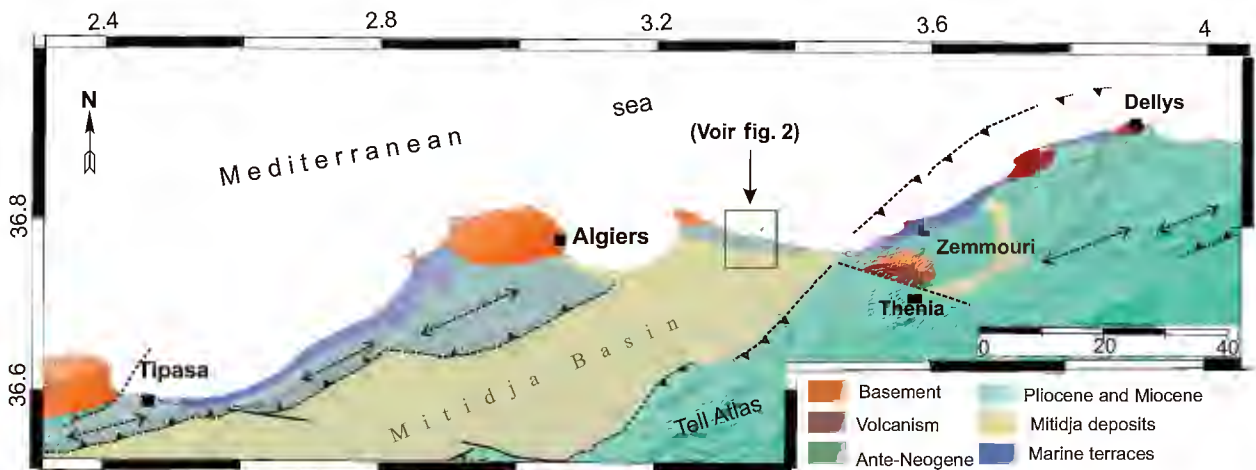


Fig. 1 - Localisation du site d'El Kaddous sur la carte géologique de l'Algérois (in : Maouche et al., 2009).

*Situation of the El Kaddous study area on the geological map of the Algiers region (North-Central Algeria; Maouche and al., 2009).*

## LITTORAL ALGÉRIEN ET RISQUES DE TSUNAMIS

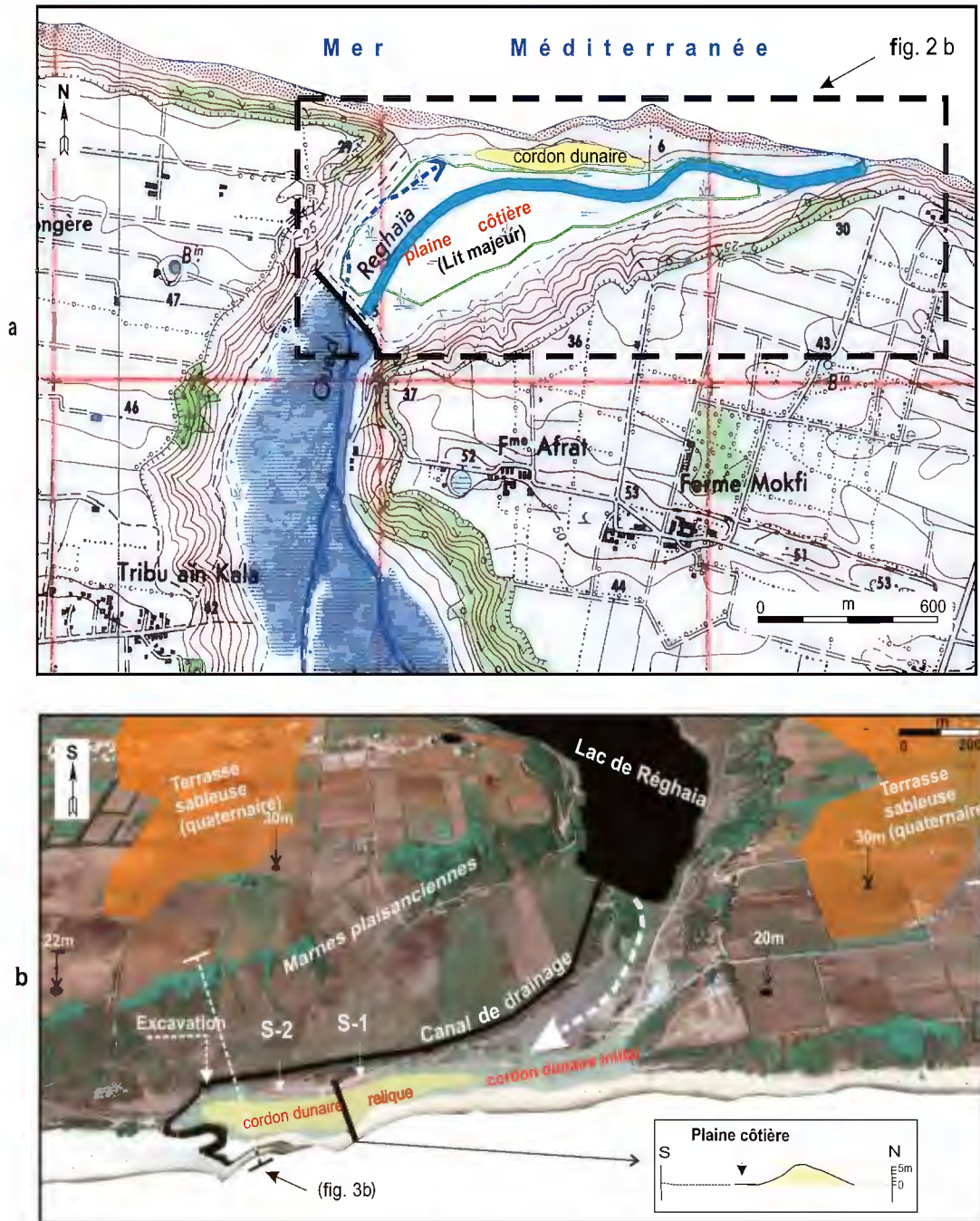


Fig. 2 - a . Vue d'ensemble du site d'étude d'El Kaddous (carte topographique).

*General view of El Kaddous study area (from topographic map)*

b. Traits géomorphologiques d'El Kaddous. S1 et S2 sondages, en encadré profil topographique.  
*Geomorphology of El Kaddous area. S1 and S2 are coring sites; in box topographic profile.*

### 3. Analyse et interprétation

#### a. Les sondages

L'analyse des carottes de sondage (figs. 3 et 4) montre sur plus de 4m des vases grises, silteuses riches en matière organique, une faune (10%, coquilles entières) d'eau saumâtre ou continentale composée de Lamellibranches (*Ceratoderma glaucum*), Gastéropodes (*Hydrobia* sp.), Foraminifères benthiques (*Ammonia* sp.) et Ostracodes.

#### b. L'excavation

L'analyse fine du bloc (fig. 4), prélevé dans l'excavation, montre une sédimentation à dominante argilo-sableuse, organisée en quatre séquences (Unités I à IV) ponctuées, à l'exception de la dernière (IV), par des niveaux centimétriques de concentrations en coquilles entières d'une faune d'eau saumâtre (Lamellibranches, Foraminifères, Ostracodes) et continentale (Gastéropodes).

Les unités I et II sont constituées d'un même matériel, un sable fin à dominante quartzeuse à grains sub-anguleux à anguleux bien classés. Le pourcentage des minéraux opaques et des micas n'excède pas les 10% (figs. 3 et 4). La microfau-ne comporte des espèces d'eau saumâtre abondantes (30%) avec des Foraminifères benthiques (*Ammonia* sp.), des Ostracodes (*Cyprideis torosa*), des Gastéropodes continentaux (*hydrobia* sp.).

L'unité III alterne des lamines millimétriques de sable fin anguleux à sub-anguleux et argile.

L'unité IV apparaît en rupture avec les séquences précédentes qu'elle ravine. Elle se singularise par son aspect chaotique et une désorganisation totale. Le matériel est très hétérogène avec des galets quartzeux et d'autres provenant du démantèlement de la séquence précédente, des bioclastes, de la vase, du sable (40%), une concentration anormale de coquilles entières (30 %) et de coquilles fragmentées (70%), de *Ceratoderma glaucum*, un Lamellibranche d'eau saumâtre. La microfau-ne y est plus diversifiée. À la faune d'eau sau-

mâtre et continentale des unités précédentes, vient s'ajouter une importante fraction de faune marine (40% de la faune totale) avec des Foraminifères planctoniques (globuleux et carénés), des débris de Bryozoaires et des radioles d'Echinodermes. Une grande partie de ce matériel est ainsi, allochtone marin. Cette unité IV se retrouve sur l'ensemble du marécage avec les mêmes caractéristiques (fig. 3). Elle semble traduire un événement perturbateur, catastrophique, exceptionnel par son arrivée brusque, sa faible récurrence et son contenu.

#### c. Les datations

Nous avons soumis à datation au C<sup>14</sup> sur matière organique, (Poznań Radiocarbon Laboratory, Pologne) trois échantillons provenant d'un sondage (échantillon 1, cote-3.50m, vase à coquilles de Lamellibranches) et de l'excavation (échantillons 2 et 3, cotes -0,30m et -0.15m).

Les résultats obtenus donnent les âges suivants (tabl. I) :

**Tableau I** - Résultats des datations au C<sup>14</sup> sur matière organique (Poznań Radiocarbon Laboratory, Pologne). La calibration des datations a été effectuée à l'aide du programme Oxcal programme v3.5 (Bronk-Ramsey, 2001) la courbe de calibration INTCAL98 (Stuiver et al., 1998). Les âges indiqués en AD (après notre ère) et BC (avant notre ère) adoptent une probabilité qui couvre 2 $\sigma$  et 94.5% d'incertitude.

**Radiocarbon dating results (Poznań Radiocarbon Laboratory, Pologne). All samples have been calibrated using the Oxcal programme v3.5 (Bronk-Ramsey, 2001) and calibration curve INTCAL98 (Stuiver et al., 1998) and adopted age ranges are equivalent to calibrated 2 $\sigma$  ranges (94.5%), in AD and BC.**

N° Echantillon	Cotes	Nature	Age mesuré (BP)	Age calibré (2 $\sigma$ , 94,4%)
1	0.15m	Matière organique Unité IV	210 $\pm$ 30 BP	AD 1680-1810
2	0.3m	Matière organique Unité I	2000 $\pm$ 35 BP	BC 100- 80 AD
3	3.5m	Matière organique dans coquille de <i>Ceratoderma glaucum</i>	5300 $\pm$ 40 BP	BC 4330-4050



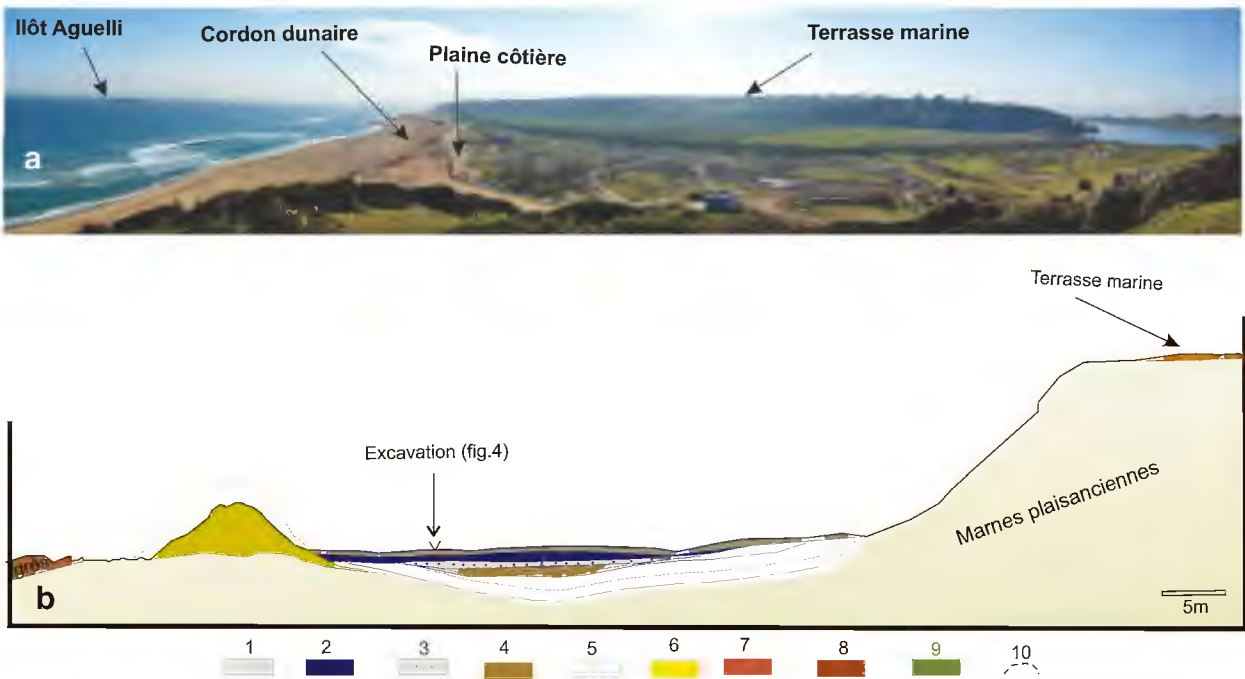
La datation de l'échantillon 3 du tableau I, a donné un âge de BC 4330-4050. Dans le bloc récolté au niveau de l'excavation, nous obtenons deux datations (échantillons 1 et 2) : AD 100-80 au sommet de l'unité I, AD 1680-1840 pour l'unité IV.

Un certain nombre de conséquences en découle :

- La plaine côtière d'El Kaddous fonctionne en marécage depuis au moins 4000 ans. En 2000 ans,

il s'y est déposé 3 m de vase avec un taux de sédimentation de l'ordre de 0,02cm/an. Il s'accélère par la suite, au cours de la période allant de -5000 à -2000 ans avec un taux de 0,08cm/an. Ces valeurs se rapprochent de celles que l'on connaît pour les mêmes périodes dans la Plaine de la Mitidja (Meghraoui, communication orale).

- L'estimation de la date de l'événement catastrophique perturbateur enregistré dans le marécage d'El Kaddous : BC 210 +/- 35.



**Fig. 3 - a.** Vue du site d'El Kaddous avec les divers éléments morphologiques (photo prise vers l'est en février 2009; voir également les figures 2 a et b).

*Landscape view of El Kaddous site (eastward view in February 2009).*

**b.** Coupe géologique N-S à travers le site (voir localisation sur la figure 2a)

*North-south geological cross-section (see location in figure 2a)*

(1) sols actuels (Holocène) (*recent soils, Holocene*); (2) niveau chaotique à mélange de faune et sédiments de différentes tailles (tsunamite) (*mixed chaotic unit with diverse fauna and sedimentation*); (3, 4 et 5) dépôts marécageux, vaseux avec des niveaux à faune d'eau douce (*marshy deposits with muddy units and fresh water fauna*); (6) cordon dunaire actuel (*present coastal dunes*); (7) terrasse marine quaternaire (*quaternary marine terraces*); (8) grès grossier du Plaisancien (*Plaisancian coarse sandstone*); (9) marnes du Plaisancien (*Plaisancian marls*); (10) limites du cordon initial (*coastal dunes limits*).



**Fig. 4 -** Le niveau à tsunamite. Vue d'ensemble . Noter l'aspect chaotique, la forte concentration de coquilles entières et de coquilles brisées.

**General view. Note the chaotic aspect and the high concentration of preserved and broken shells.**

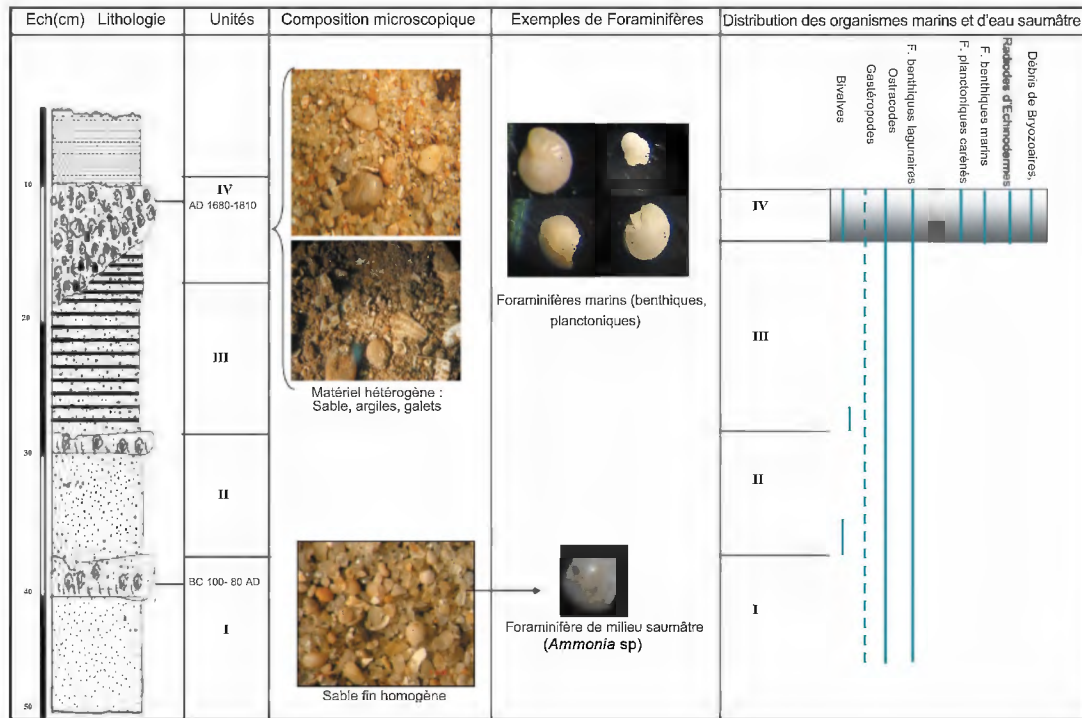
**1, 2 et 3.** Détail du niveau de tsunamite : Il présente une large extension et apparaît en blanc sur la photo mis à jour par une exploitation de la plaine, labourée les années précédentes (**Details of the tsunami sedimentary unit: note the extended distribution and white aspect on the photo due to the local agricultural exploitation**).

**4.** Détail de ce niveau à l'affleurement. La composition est similaire à celle de l'excavation (**Outcrop detail with a content similar to the trench site**).

**5.** Boules à gros galets de quartz et "balles armées" à fragments de coquilles de Lamellibranches (**Quartz pebbles and "balles armées" with Bivalve shell fragments**).



## LITTORAL ALGÉRIEN ET RISQUES DE TSUNAMIS



**Fig. 5** - Détail du sédiment mis en place par le tsunami : un mélange de matériel autochtone et de matériel allochtone. Coupe, répartition de la faune et aspects à la loupe binoculaire.

**Detail of Tsunami deposits : The heterogeneous material is made of mixed local and distant origin. Cross-section showing the faunal distribution and binocular aspects.**

### III. CONCLUSIONS

La plaine côtière d'El Kaddous, en arrière d'un cordon dunaire sableux, installée sur un substratum marneux imperméable où vient mourir l'oued Réghaïa délesté d'une grande partie de son matériel détritique. Elle fonctionne en un marécage saumâtre sporadiquement exondé sans aucun apport de tempête depuis au moins 4000 ans. Ce dispositif, de par sa configuration, se présente en un site idéal pour piéger et conserver un événement de haute énergie, d'origine marine comme des apports de tsunamis.

Le sommet de cette série a enregistré un de ces événements (unité IV), engendrant une surface érosive, une forte fragmentation des coquilles de bivalves autochtones, un apport de matériel hétérogène allochtone d'origine marine (faune marine, sable, graviers, galets, argiles et silts)

dans une désorganisation totale. Son extension à une grande partie de la plaine témoigne de son ampleur.

Cet événement, en raison de ses caractéristiques ne peut être qu'un paléotsunami généré par un séisme. Compris dans un intervalle d'âge entre 1680-1810 AD, il pourrait être parallélisé avec deux événements sismiques majeurs répertoriés dans le catalogue des séismes algériens: celui du 03/03/1716 ou 06/05/1773; ceux-là mêmes évoqués par Maouche et *al.* (2009) dans la mise en place des blocs observés sur la côte algéroise entre Tipaza et Dellys.

L'assèchement du marécage pourrait avoir été occasionné par un soulèvement de son substratum en relation avec ce mouvement sismique.

Nous avons entrepris en 2009, une investigation similaire sur le littoral de Jijel. Ce matériel en cours d'exploitation montre dans l'un des sites, la plaine de Mencha (15 km à l'est de la ville) deux niveaux de 20 cm de sable fin, riche en faune marine (débris de Bryozoaires, radioles d'Echinodermes, Foraminifères benthiques dont des Miliolidés) intercalés dans un ensemble de sable fin ou à galets, fluvial et continental. Ces intercalations à faune marine pourraient trouver une explication dans des apports de paléotsunamis. Ce travail se poursuit.

Nous avons là quelques éléments de réponse à nos préoccupations. Les côtes algériennes ont effectivement été affectées par des paléotsunamis au cours de périodes très proches de nous. Ce risque naturel est donc loin d'être négligeable pour de nombreuses villes côtières algériennes mais il est jusque là occulté. Il conviendrait de l'intégrer dans les schémas d'aménagement et les calculs de risque.

Il mérite, pour s'en prémunir, que l'on s'y intéresse de plus près par une large et minutieuse investigation que nous nous proposons de poursuivre.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALASSET, P.-J., HÉBERT, H., MAUCHE, S., CALBINI, V. AND MEGHRAOUI, M. 2006. The tsunami induced by the 2003 Zemmouri earthquake (MW= 6.9, Algeria): modelling and results. *Geophys. J. Int.*, n°166, pp. 213-226.
- AMBRASEYS, N.N. 1982. The seismicity of North Africa: the earthquake of 1856 at Jijeli, Algeria *Bull. Geofis. Teor. Appl.*, XXIV, 93, pp. 31-37.
- AMBRASEYS, N.N. AND VOGT, J. 1988. Material for the investigation of the seismicity of the region of Algiers. *Eur. Earthquake Eng.*, n° 3, pp. 16-29.
- AYMÉ, A. 1952. Le Quaternaire littoral des environs d'Alger. *Actes 21 du Cong. Panaf. de Préhistoire, Alger*, publ. 1955, pp. 243-246.
- AYMÉ, A. 1964. Carte géologique d'Alger N°21 au 1/50 000. *Service de la Carte Géologique de l'Algérie*.
- AYMÉ, A. 1964. Notice explicative de la carte Géologique d'Alger N°21 au 1/50 000. *Service de la Carte Géologique de l'Algérie*.
- BRONK RAMSEY, C. 2001. Development of the Radiocarbon calibration program OxCal. *Proceedings of 17<sup>th</sup> International <sup>14</sup>C Conference, Radiocarbon*, 43 (2A), pp. 355-363
- HARBI, A. ET MAUCHE, S. 2009. Les principaux séismes du Nord- Est de l'Algérie. *Mémoires du Service Géologique National de l'Algérie*, n°16, 81p.
- HÉBERT, H. AND ALASSET, P.-J. 2003. The tsunami triggered by the 21 May 2003 Algiers earthquake, *CSEM/EMSC Newsletter*, 20, pp. 10-12
- LARARA, M., NEDJARI, A., MEGHRAOUI, M., BENHAMOUCHE, A. ET MAUCHE, S. 2009. Mise en évidence d'enregistrement de traces de paléotsunamis dans les formations récentes du littoral algérien. *VII<sup>èmes</sup> Journées des Sciences de la Terre, FSTGAT/USTHB, Alger*
- LARARA, M. 2010. Mise en évidence de dépôts de paléotsunamis dans les formations récentes de la côte algérienne. *Magister, Université des Sciences et de la Technologie d'Alger*, 60 figs., 9 tabl., pl. ph. 2, 137p.
- LUQUE, L., LARIO, J., CIVIS, J., SILVA, P.G., ZAZO, C., GOY, J. AND DABRIO, L. 2002. Sedimentary record of a tsunami during Roman times, Bay of Cadiz, Spain. *Journal of Quaternary Science*, n°17, (5-6), pp. 623-631.

- MAOUCHE, S., MORHANGE, C. AND MEGHRAOUI, M. 2009.** Large boulder accumulation on the Algerian coast evidence tsunami events in the western Mediterranean. *Marine Geology*, n°262, pp. 96-104.
- MEGHRAOUI, M., MAOUCHE, S., CHEMAA, B., CAKYR, Z., AODIA, A., HARBI, A., ALASSET, P.-J., AYADI, A., BOUHADAD, Y. AND BENHAMOUDA, F. 2004.** Coastal Uplift and Thrust Faulting Associated with the Mw=6.8 Zemmouri (Algeria) earthquake of 21 May, 2003. *Geophysical Research Letters*, pp. 1-4.
- MOKRANE, A., AIT MESSAOUD, A., SEBAI, A., AYADI, A. ET BEZZEGHOUD, M. 1993.** Les séismes en Algérie de 1365-1992. *CRAAG*.
- RHOTÉ, J.-P. 1950.** Les séismes de Kherrata et la sismicité de l'Algérie. *Bulletin du Service de la Carte Géologique de l'Algérie, 4<sup>ème</sup> série, Géophysique*, n°3, 40p.
- SCHINDELÉ, F. AND HÉBERT, H. 2007.** The Unesco Tsunami warning system in the North-East Atlantic and Mediterranean basins. *Newsletter, European-Mediterranean Seismological Centre*, n°22, pp. 24-25.
- SMEDILE, A., DE MARTINI, P.-M., BARBANO, M.-S., GERARDI, F., PANTOSTI, D., PIRROTTA, C., COSENTINO, M., DEL CARLO, P. AND GUARNIERI, P. 2007.** Identification of paleotsunami deposits in the Augusta Bay area (eastern Sicily, Italy): paleoseismological implication. *XXVI Convegno GNGTS*. Extended Abstract vol., pp. 207-211,
- STUIVER, M. AND REIMER, J.P. 2005.** Radiocarbon Calibration Program Calib. Rev. 5.0.1. <http://calib.qub.ac.uk/calib/calib.html>.
- STUIVER, M., REIMER, P.-J., BARD, E., BECK, J.-W., BURR, G.-S., HUGHEN, K.-A., KROMER, B., MC CORMAC, G., VAN DER PLICHT, J. AND SPURK, M. 1998a.** Inta Cal 98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal. BP. *Radiocarbon*, 40 (3), pp. 1041-83.