

Catastrophisme et vulnérabilités

En contexte littoral

Christophe Morhange

(AMU, CEREGE, EPHE, SHP)

Jeudi 25 novembre 2021

17h00 - 19h30

MMSH - Salle PAF

Aix-en-Provence

Egalement en visioconférence ZOOM :

<https://univ-amu-fr.zoom.us/j/97381545181>

ID de réunion : 973 8154 5181

Code secret : 947543



L'ancien port de Carthage (Tunisie, 1897)

Maquette : Vincent Galmot - CC

*Chaire d'archéosciences et d'histoire de l'environnement de l'EPHE
En partenariat avec le master MOMARCH et l'institut ARKAIA (AMU)*

Christophe Morhange
avec la collaboration de C. Allinne (Caen-Normandie)

*Neo-catastrophism, hazards,
vulnerabilities and coastal
geoarchaeology*

Pré-réservation urgente :

geoecologie.dinard@ephe.psl.eu

Avec le soutien d'Arkaia

(50 euros/sem.)



**BIO
ARCHEOLOGIE
GEO**

école d'été

Initiation à la lecture des paysages littoraux sur la longue durée
De l'étage infralittoral aux estuaires

DINARD, 27 JUIN > 1^{er} JUILLET 2022
Centre de Géoécologie littorale

Biologie marine
Géomorphologie littorale
Géoarchéologie et histoire de l'occupation des sols
Perception des paysages
Mobilité des rivages et vulnérabilités
Anthropocène

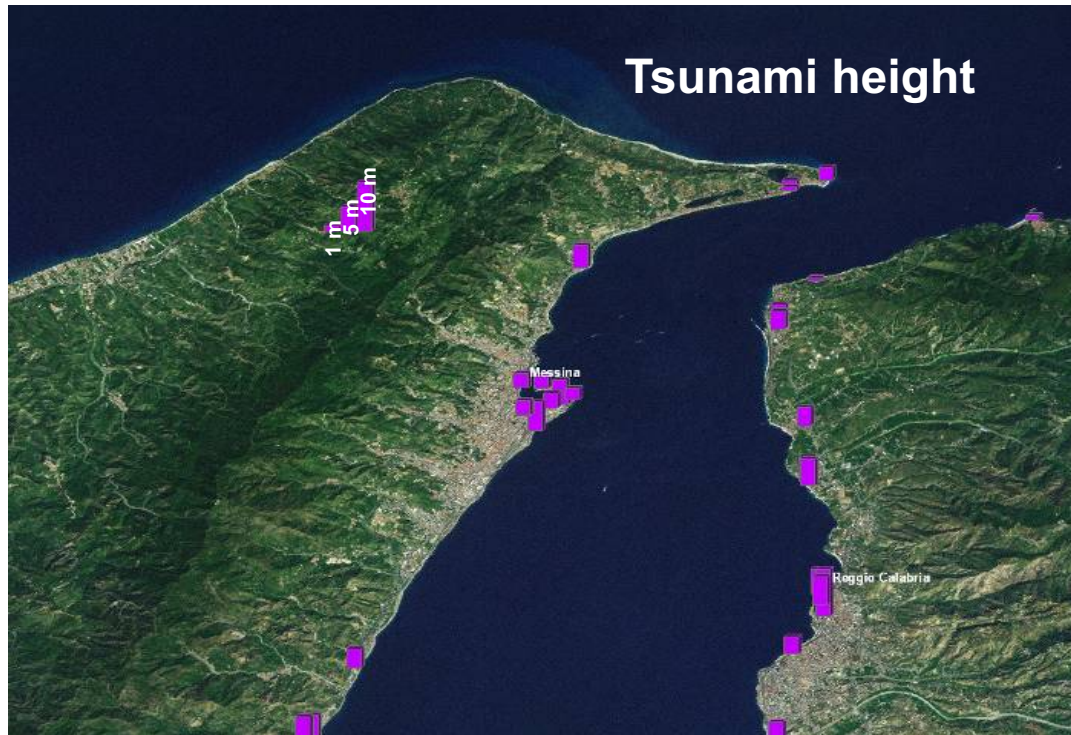
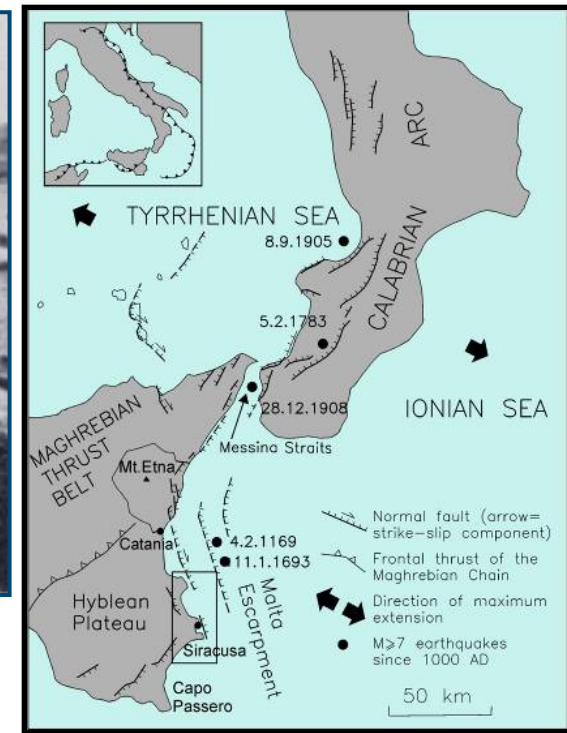
RENSEIGNEMENTS & INSCRIPTIONS
geoecologie.dinard@ephe.psl.eu
02 99 46 10 72
www.cgel-dinard.fr

CEEL
Institut Archéologie méditerranéenne
Aix-Marseille Université
Socialement engagée

Messine Italie

December 28, 1908
Tsunami:
about 10.000 died
max run up = 13 m

Tinti et al., 2005, STH



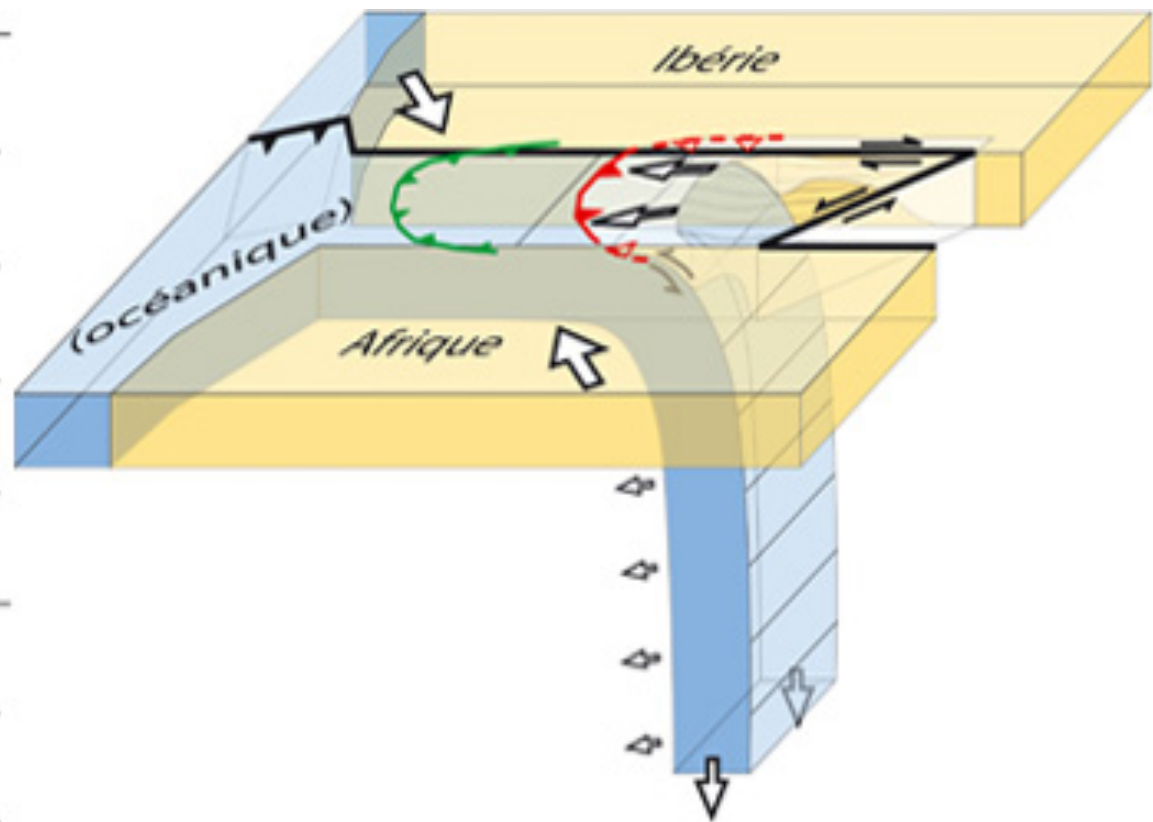
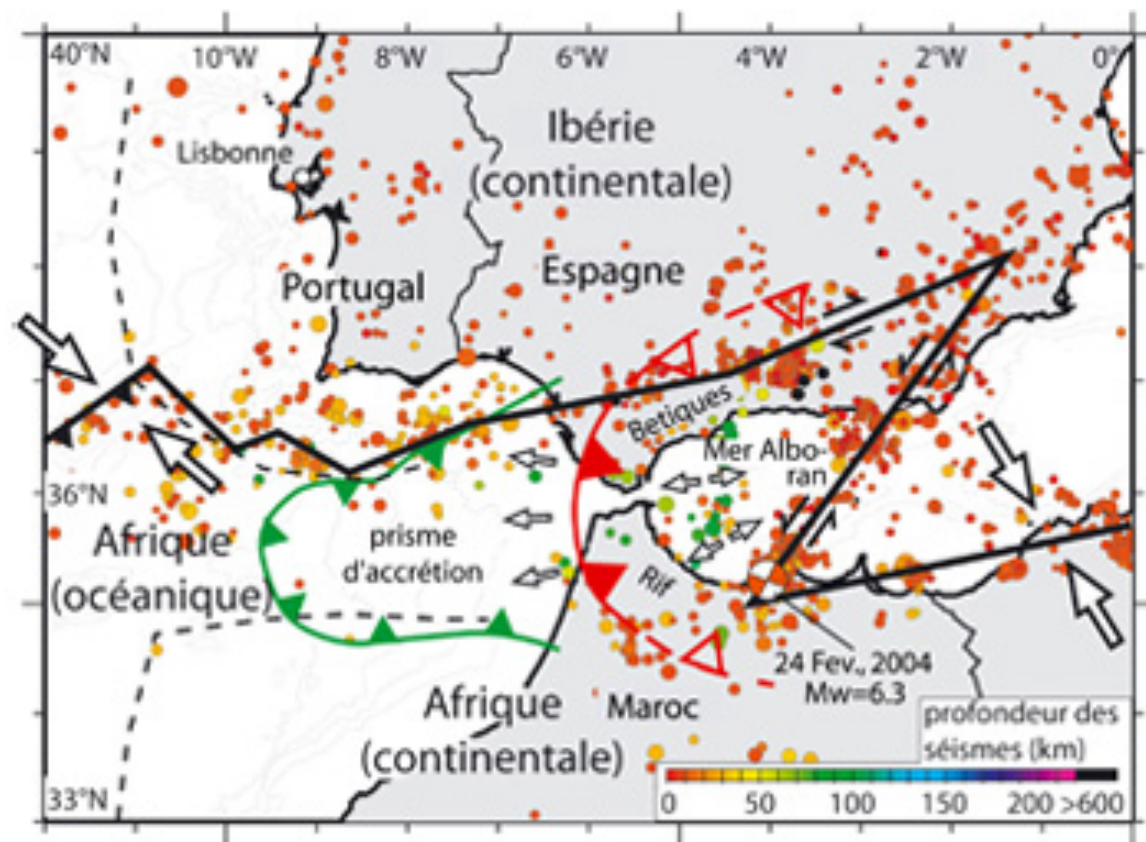


Lisbonne, 1755

Tab. 2 *Estimations du nombre de victimes lisboètes du tremblement de terre de 1755*

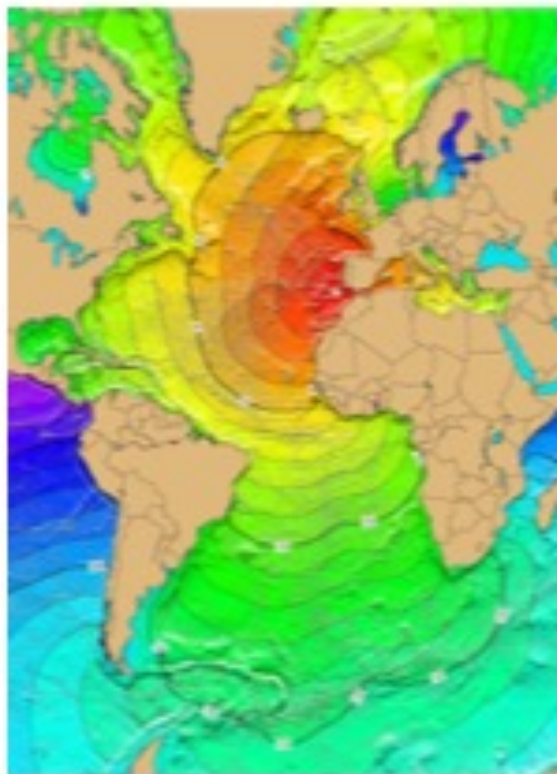
Source	Nombre de victimes
Trovao e Sousa (1755)	70 000
Hamburger Zeitung (Madrid) (1755)	40 000 - 50 000
Gazette de Berne et Berlinische Nachrichten (1755)	100 000 - 130 000
Gazette de Cologne et Gazette de France (1755)	50 000
Baschi (1755)	12 000
Hamburgische Correspondent (1756)	5 000
Pilaer (1756)	12 000 - 50 000
Rapin (1756)	> 100 000
Pereira (1756)	15 000
Pedegache (1758)	30 000 - 40 000
Moreira de Mendonça (1758)	10 000
Manuel Portal (1758)	12 000 - 15 000
Chase (1813)	> 50 000
Pereira de Sousa (1914)	15 000 - 20 000
Haug (1928)	30 000
Kendrick (1955)	15 000
Matos et Portugal (1974)	12 000
Franca (1983)	10 000
Bolt (1993)	70 000
Maxwell (1995)	15 000
Eifert (2002)	12 500
Poirier (2005)	10 000

Poirier



© Marc-André Gutscher, CNRS.

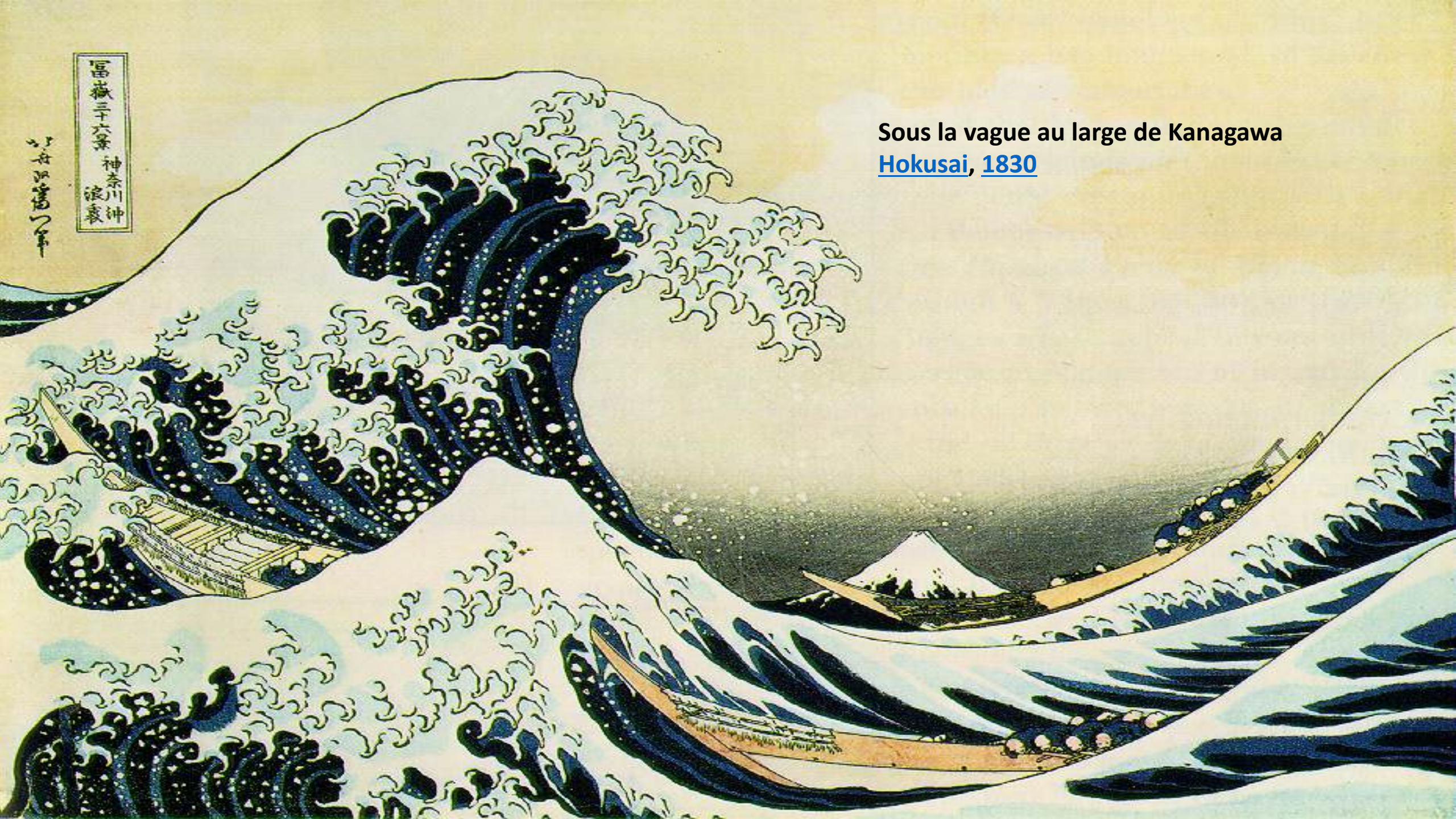
Localisation de la zone de subduction dans le détroit de Gibraltar (à gauche) et représentation schématique du phénomène (à droite).



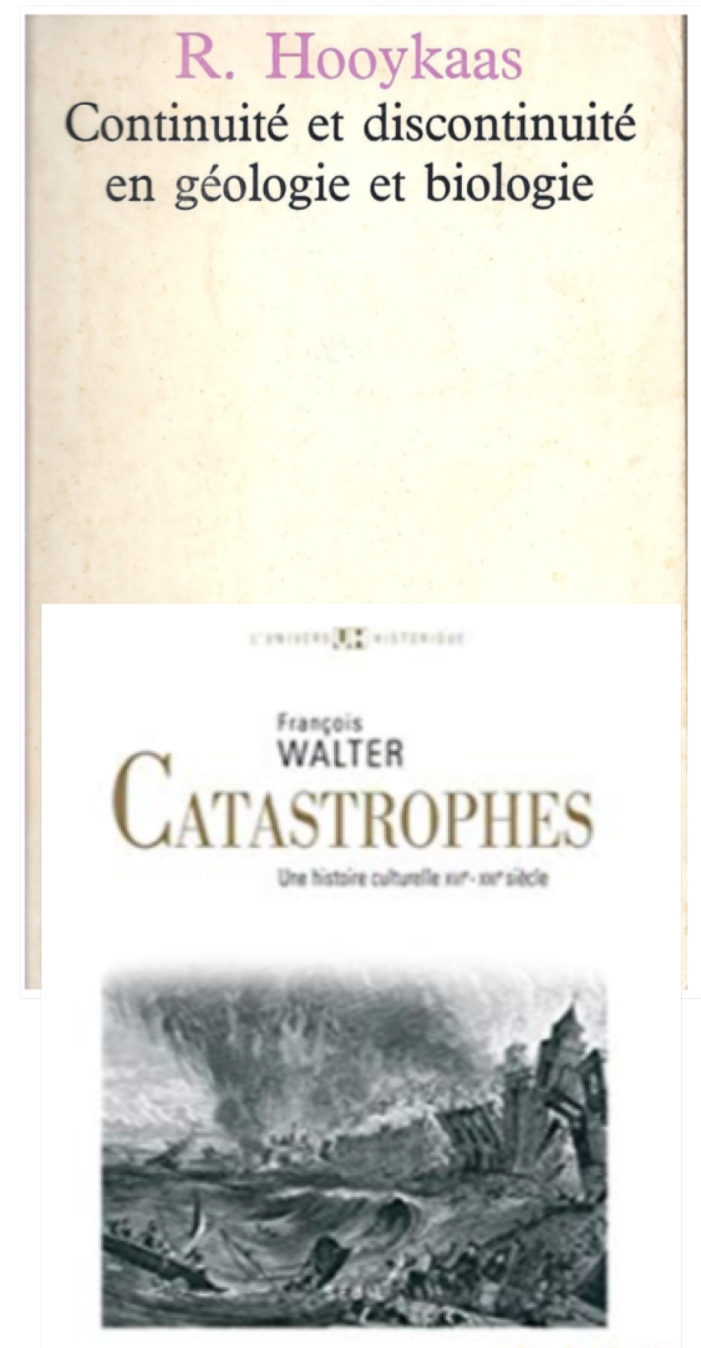
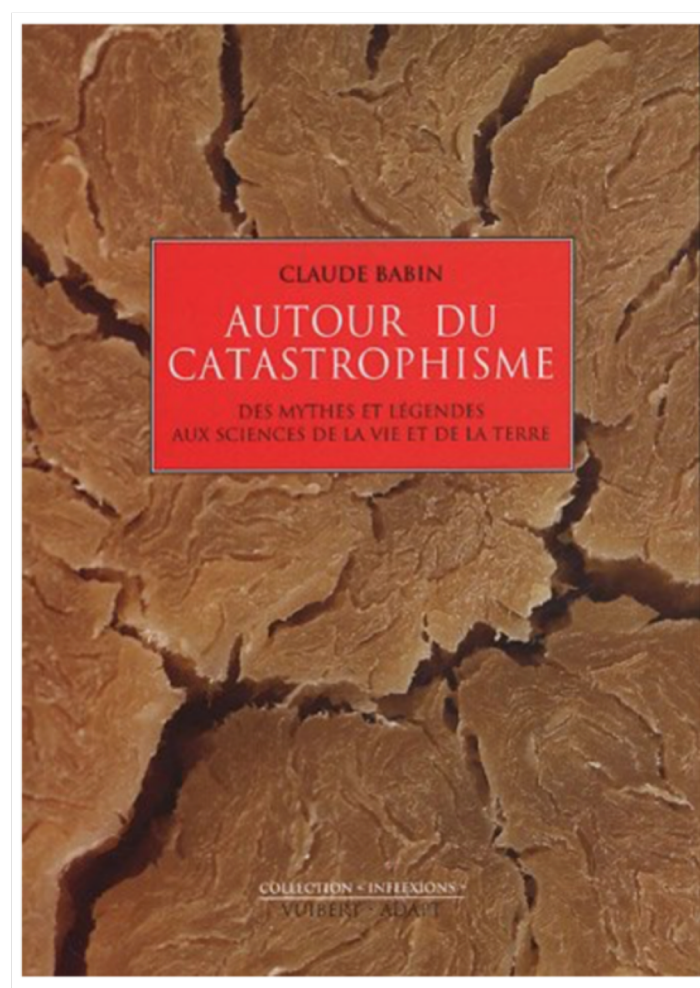
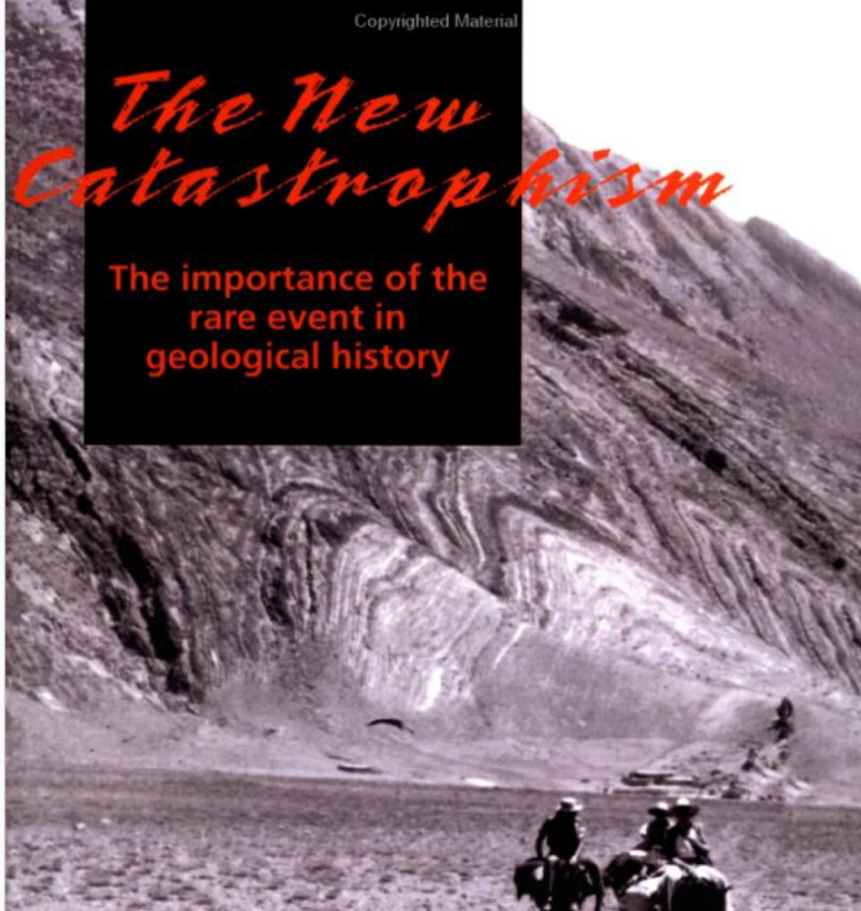
JEAN-PAUL POIRIER

LE TREMBLEMENT
DE TERRE
DE LISBONNE



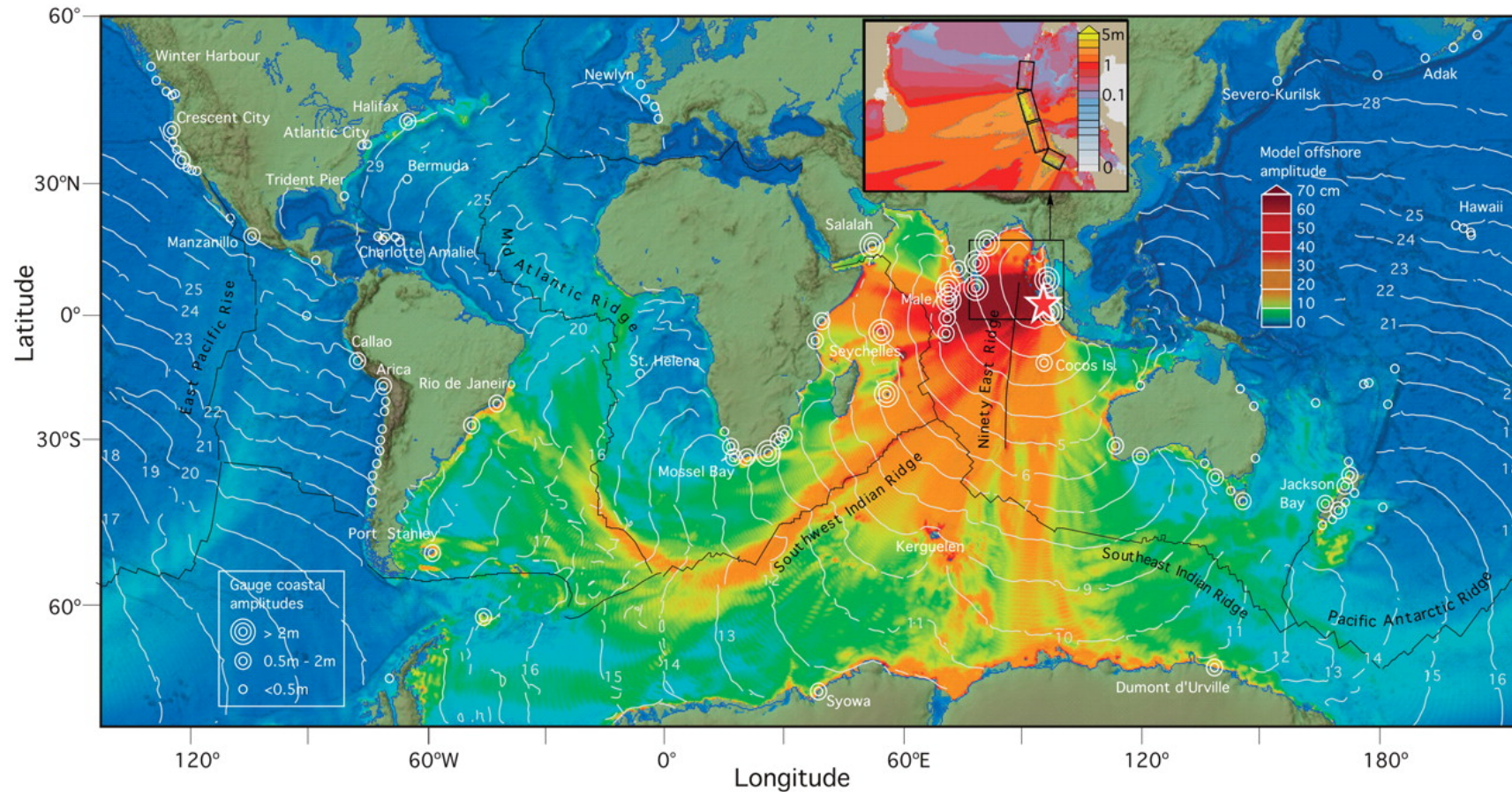


Sous la vague au large de Kanagawa
[Hokusai](#), [1830](#)



AGER
BABIN
WALTER
HOOYKAAS

Definition of a tsunami



津波

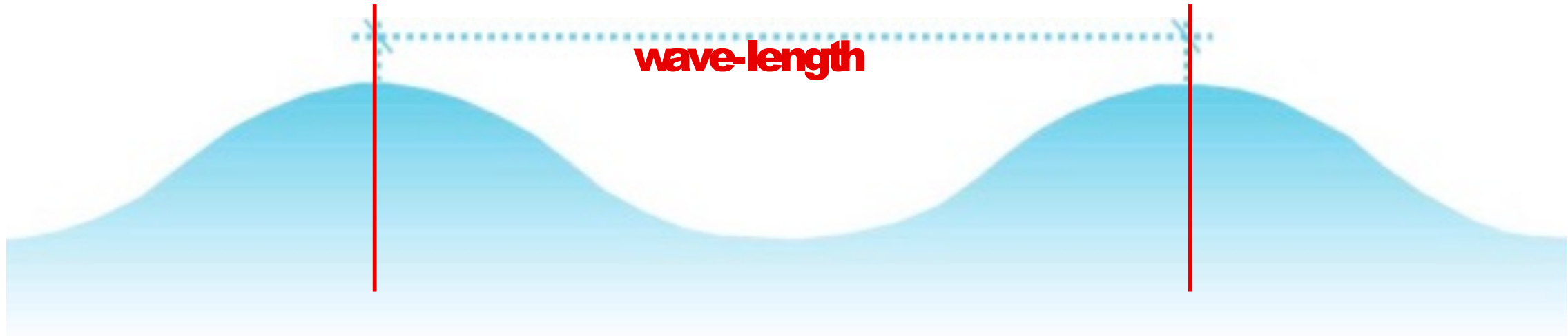
Tsunami = Harbour wave

Series of long-wavelength, long-period ocean waves triggered by major disturbance of ocean floor (asteroid, earthquake, volcanic eruption, landslide...)

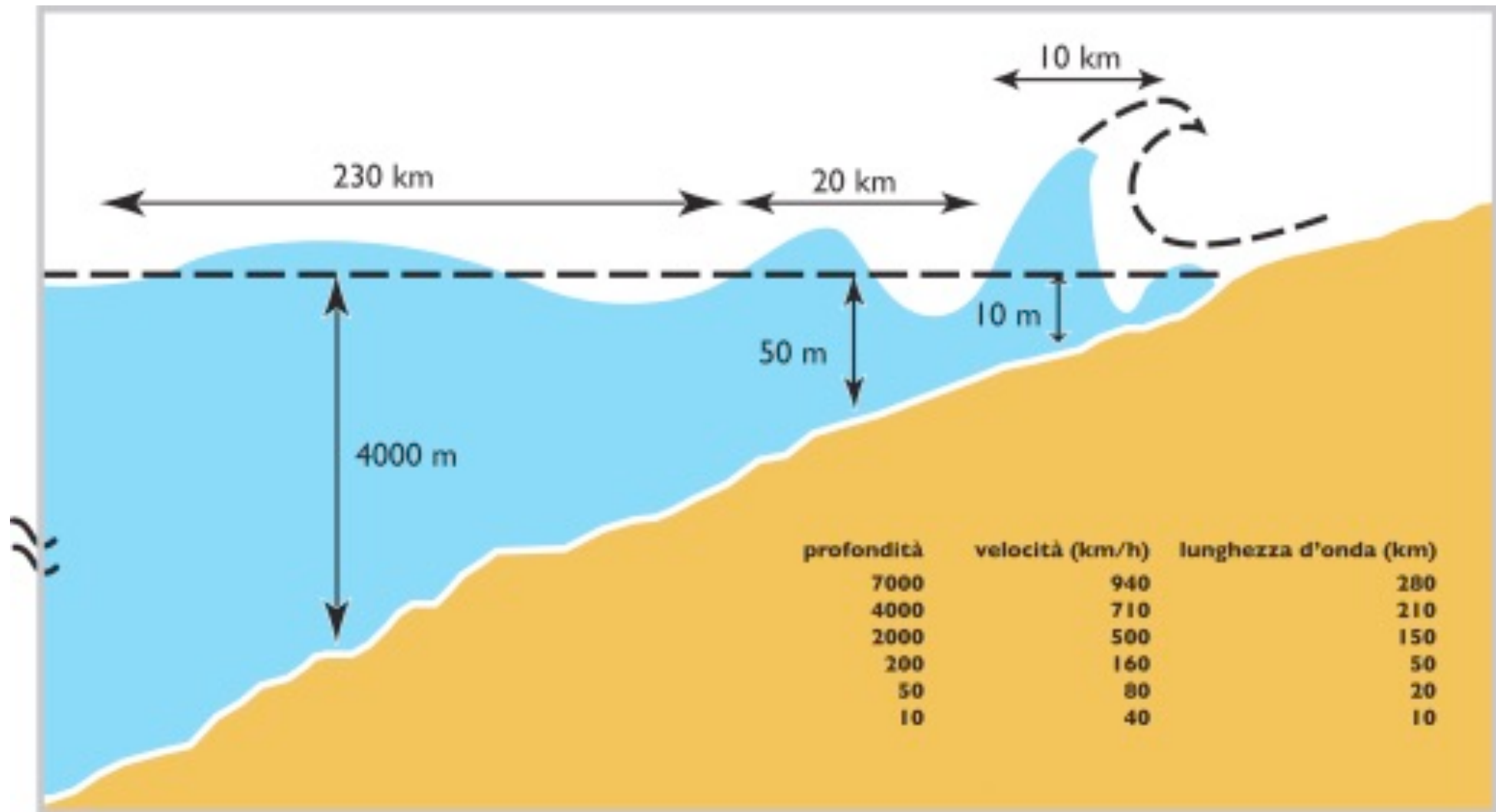
What is a TSUNAMI?

Series of marine waves

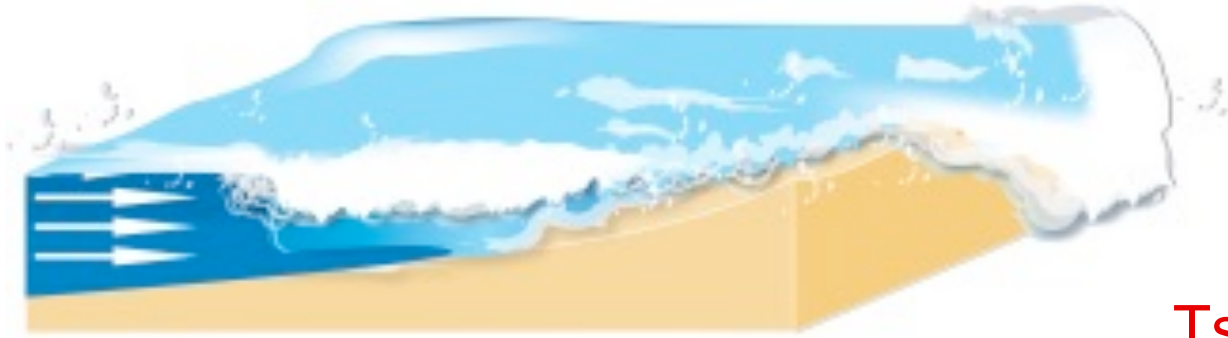
- high wave-length (**Km**)
- long period (**5-20 min**)
- high propagation velocity



Approaching the coast the tsunami velocity reduces and the wave height increases



The energy of tsunami waves is distributed along the whole water column
(from surface to bottom)



Tsunami



Wind waves

Tsunami 2004 SUMATRA





Tsunami historical deposits are not easy to identify



2011: Japan – Mag. 9.0



2009: South Pacific – Mag. 8.1



2010: Chile – Mag. 8.8



2004: Indian Ocean – Mag. 9.3

GOFF



- Storm or tsunami?
- How big ?
- How often ?
- Where from?

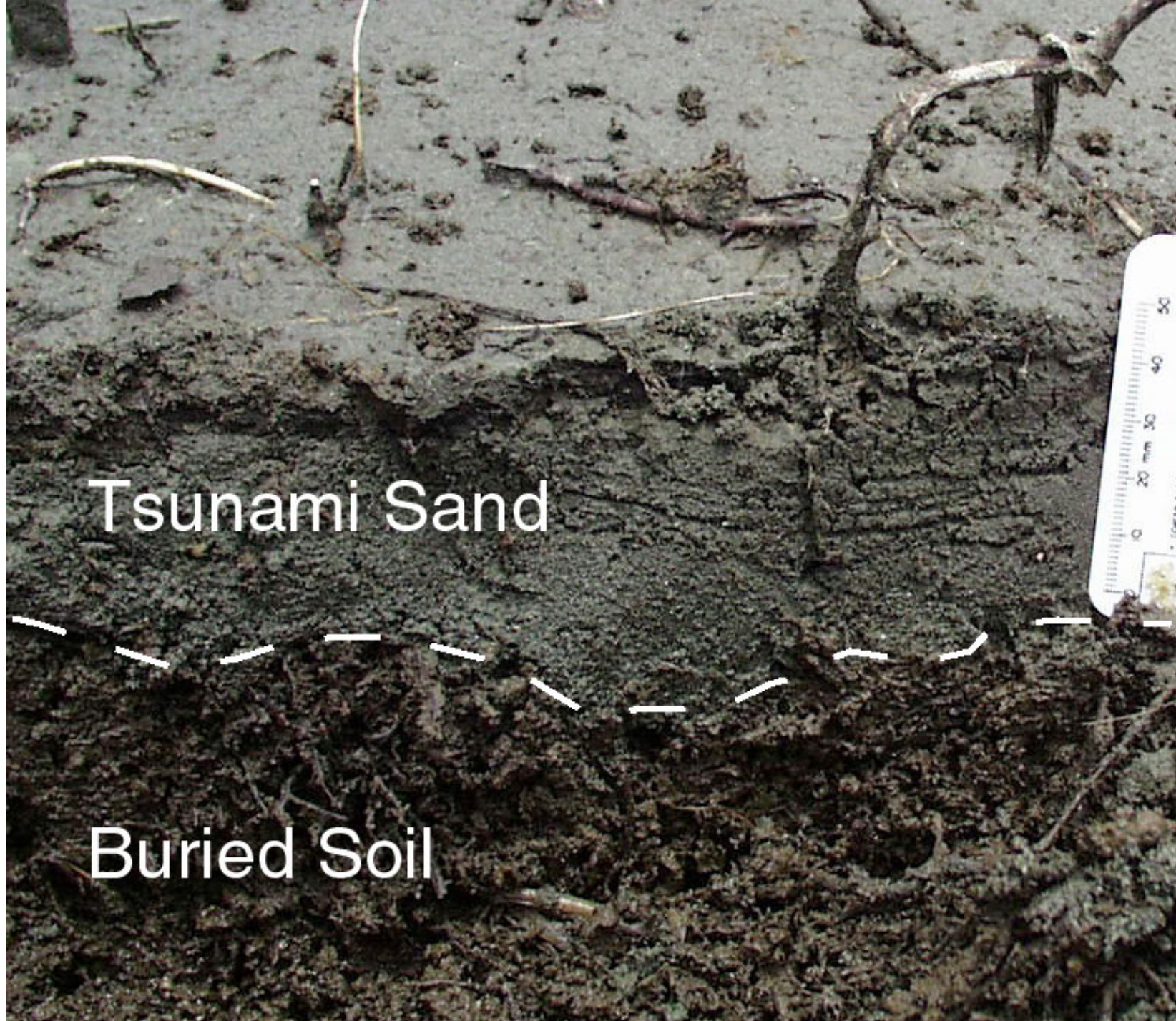
GOFF



Geological proxies

- Stratigraphy
- Sedimentology
- Palaeoecology
- Archeosciences





Tsunami Sand

Buried Soil

GOFF

Stratigraphy:

Thins/fines inland
Becomes discontinuous
Erosional basal contact
Large inland extent

Goff et al., 2012



*PALAEOECOLOGY/
PALAEONTOLOGY*

Plant fragments (rip-up)

Shell rich units

Rafting light material

Buried plants at base

Fewer pollen grains

Marine/estuarine macrofossils – shells (intact/broken)

Marine/brackish microfossils – increase number/species Diatoms + Forams

Goff et al., 2012





Sedimentology:

Rip-up clasts

Bi-directional imbrication

Poorly sorted (particle size ranging from mud to boulders)

Fining upward sequences, sometimes homogeneous

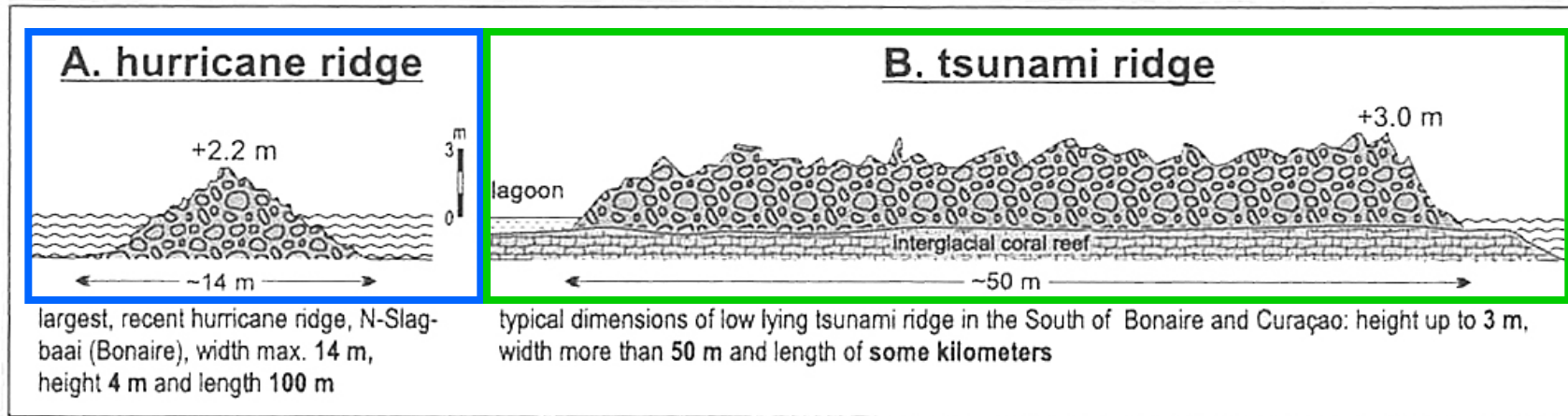


CYCLONES (Hurricanes)

Bonaire (VOETT)



Hurricane ou Tsunami ? Voett et al.



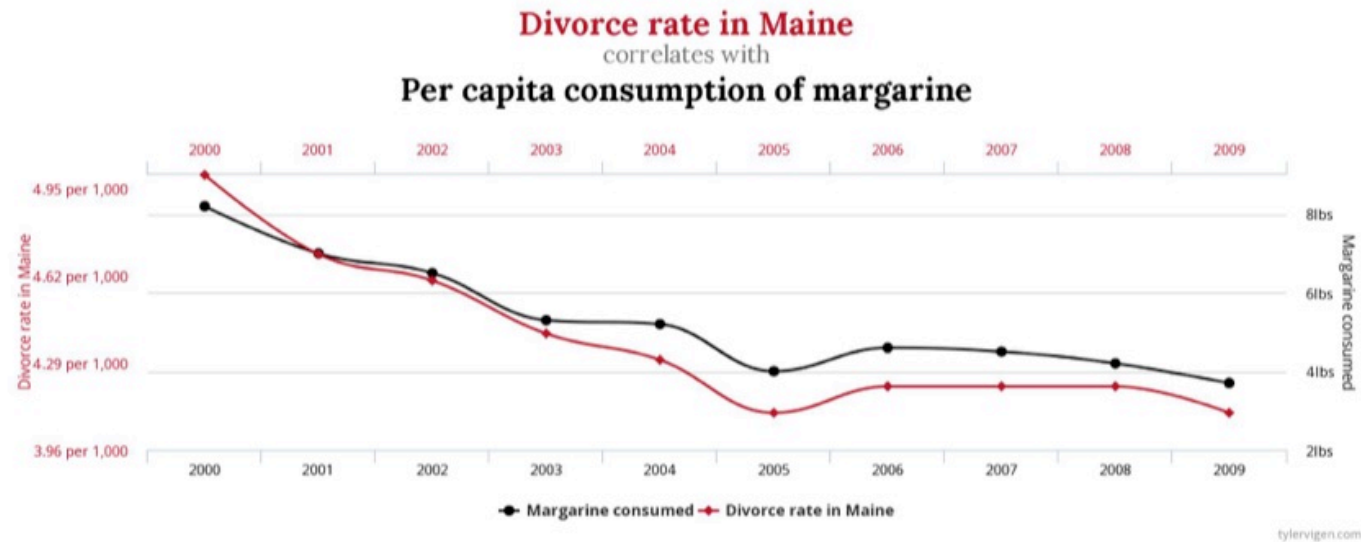
	Hurricane debris		Tsunami debris	
material	mostly corals		corals, Pleistocene limestone fragments and boulders	
boulder size	small to medium sizes		medium to huge sizes	
roundness	well rounded		less rounded	
weight	weight rarely exceeds 1 t		weight up to >200 t	
altitude [m asl]	0.5 - 1.5		0.5 - 15	
distance to coastline	>5 m		20 - 400 m	
height of deposit (max.)	2.5 m (ridge)		4 m (ridge)	
width of deposit	<15 m		50 m (ridge) up to 400 m (ramparts)	
micro-topography	sharp crest		wide crest, undulating topography	
internal structure	chaotic		imbrication common	

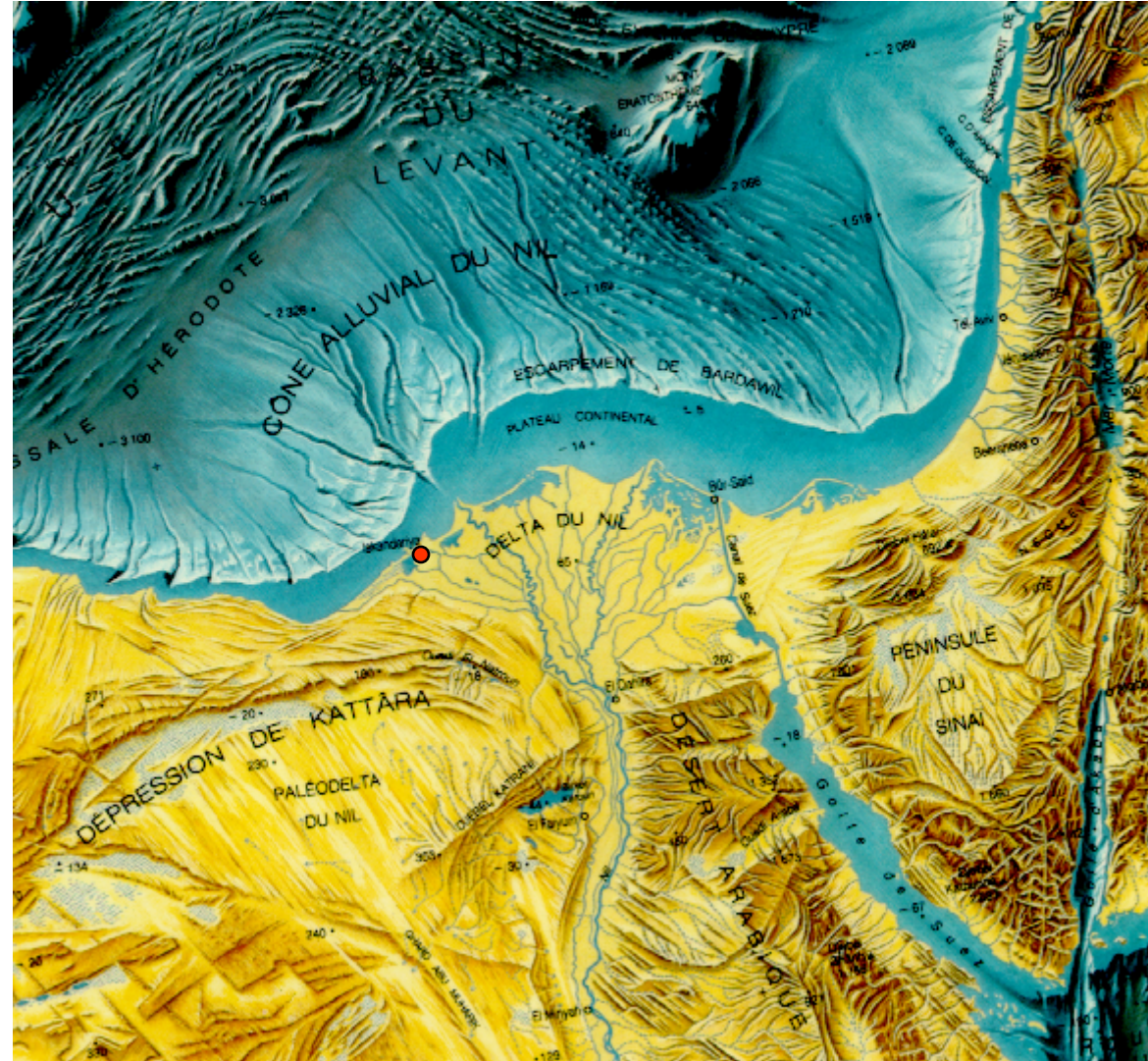


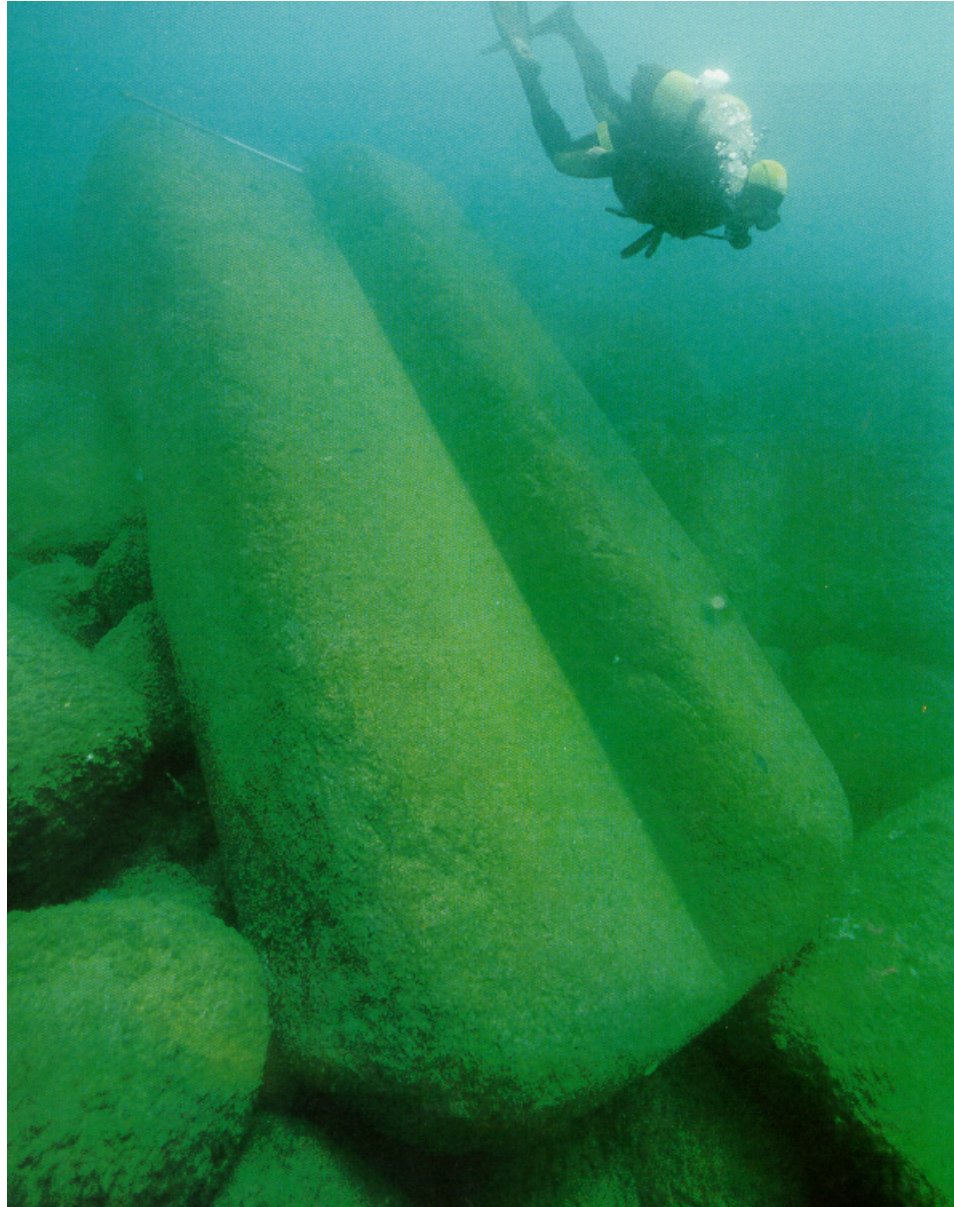


PALEO-TSUNAMI OR FACTOID?

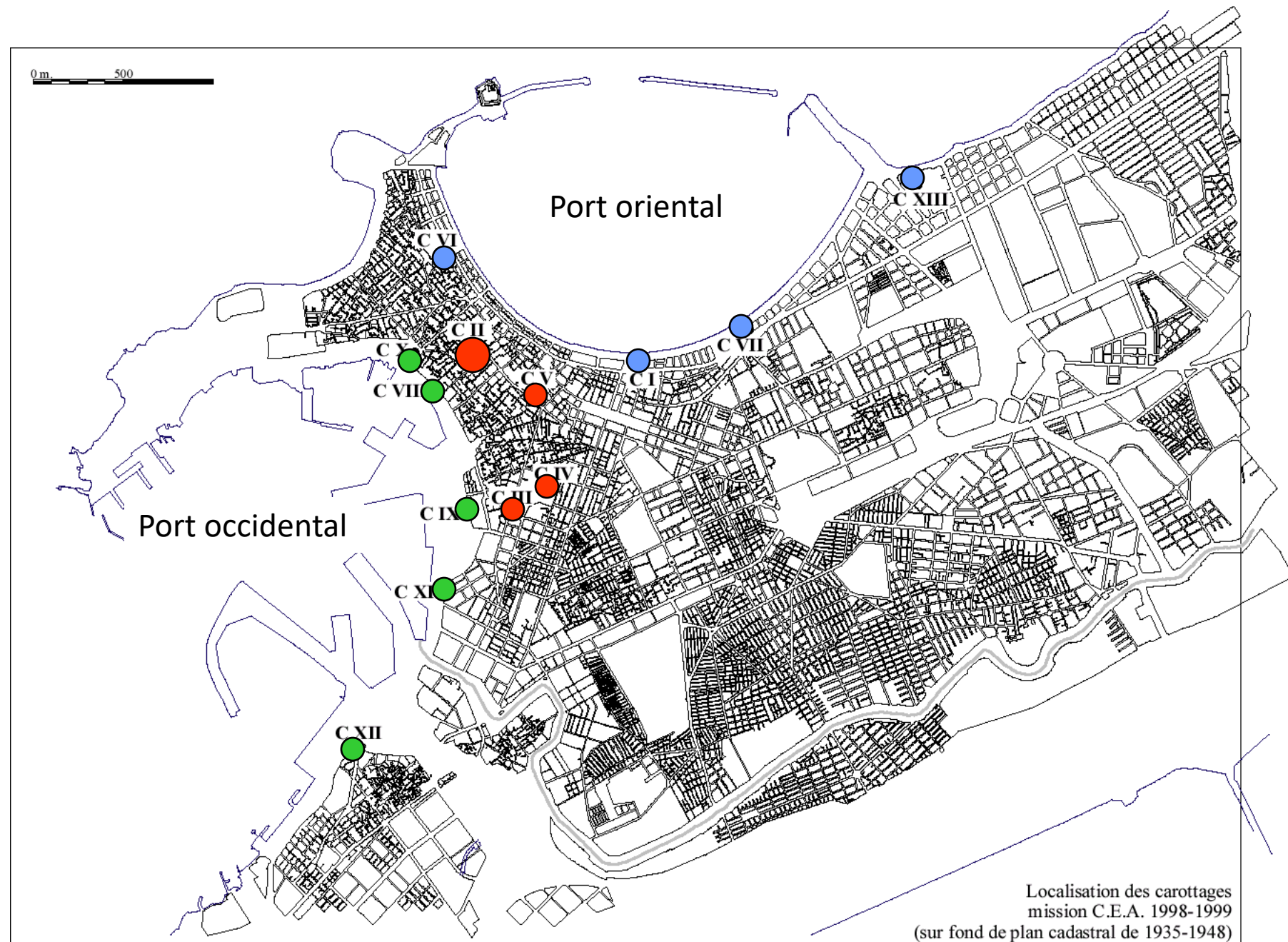
Alexandria (PhD Goiran), Tipasa (PhD Maouche), Constantinople (PhD Bony)



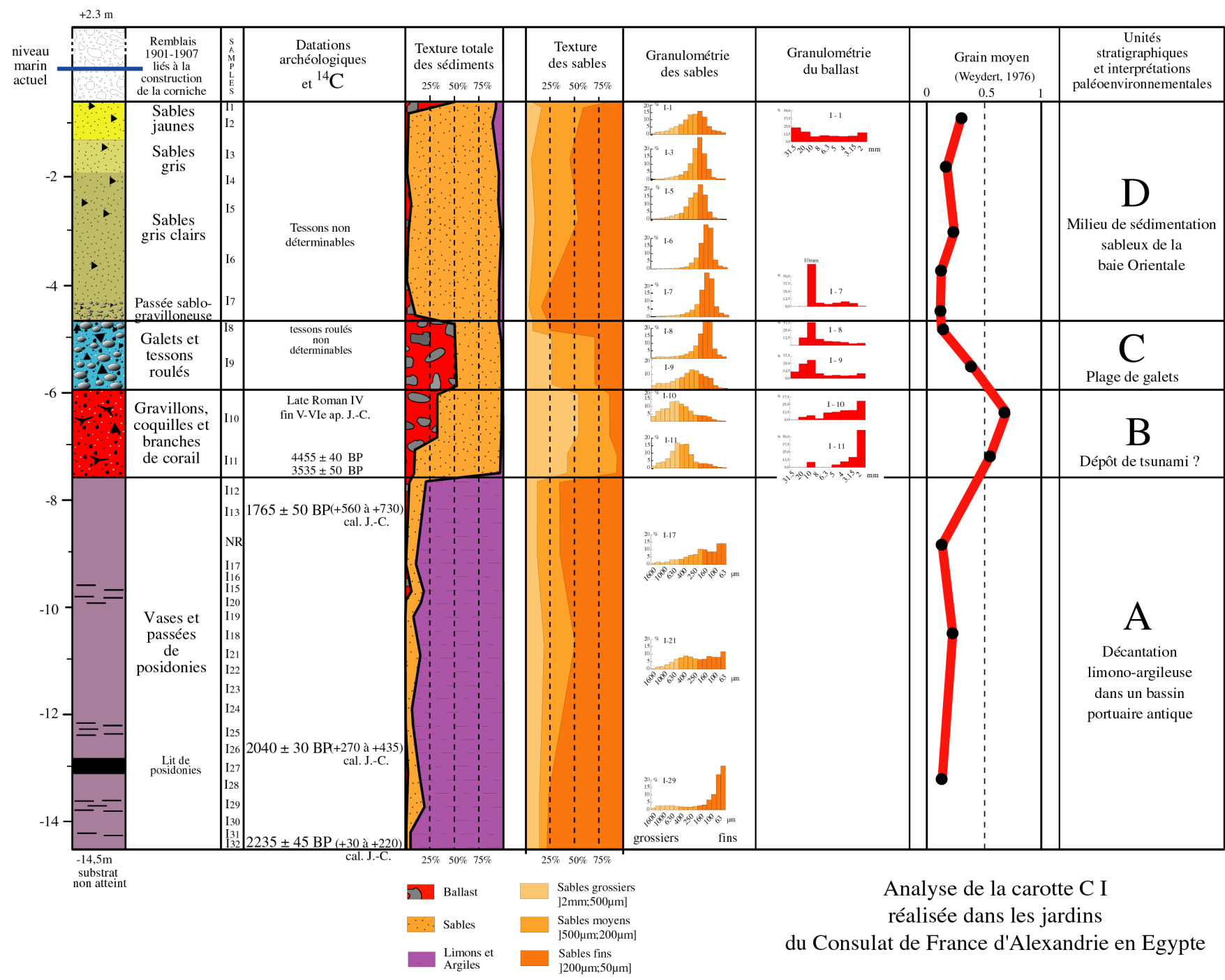




(Cealex, Alexandrie)



Thèse Goiran

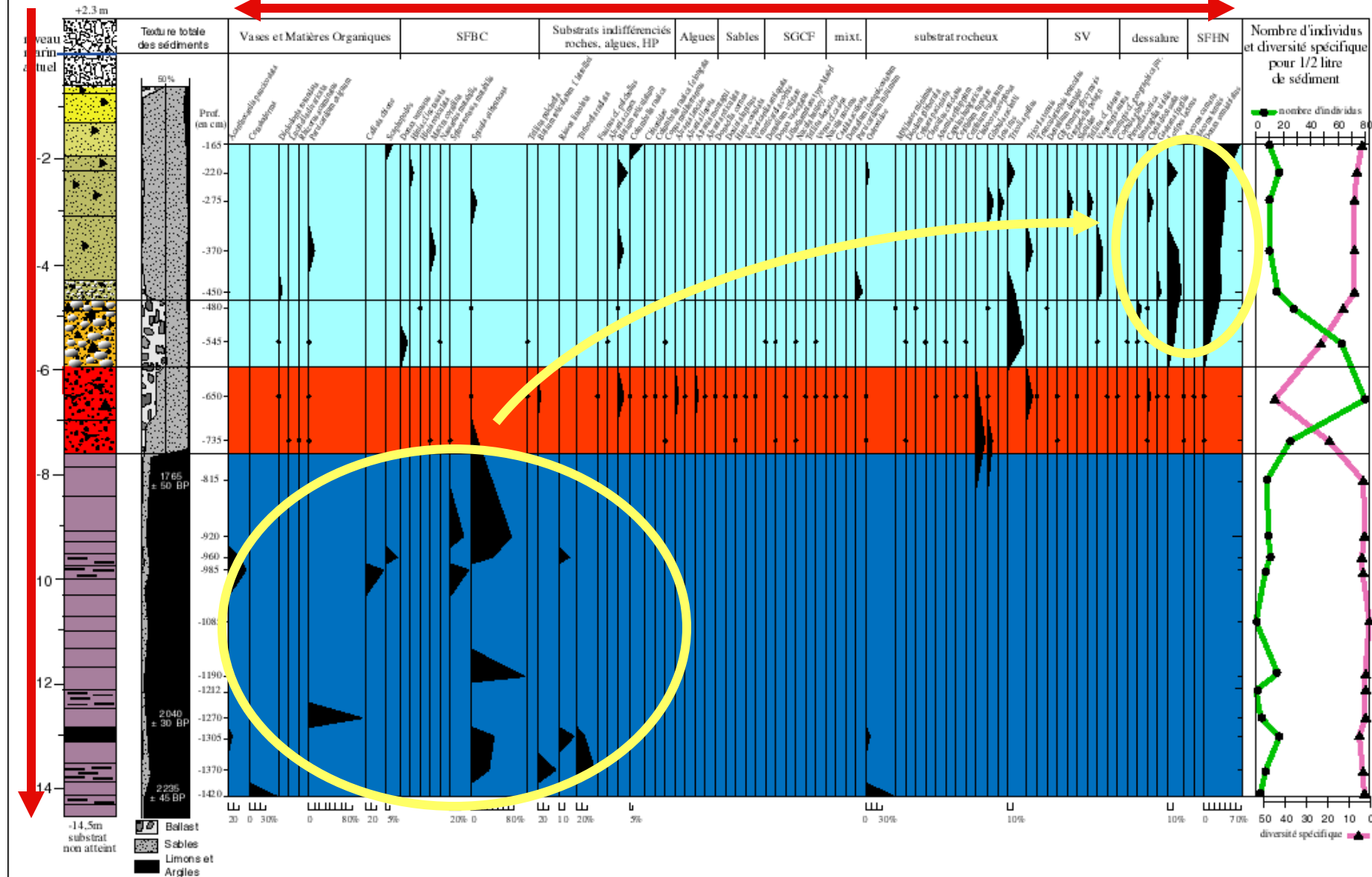


Thèse Goiran

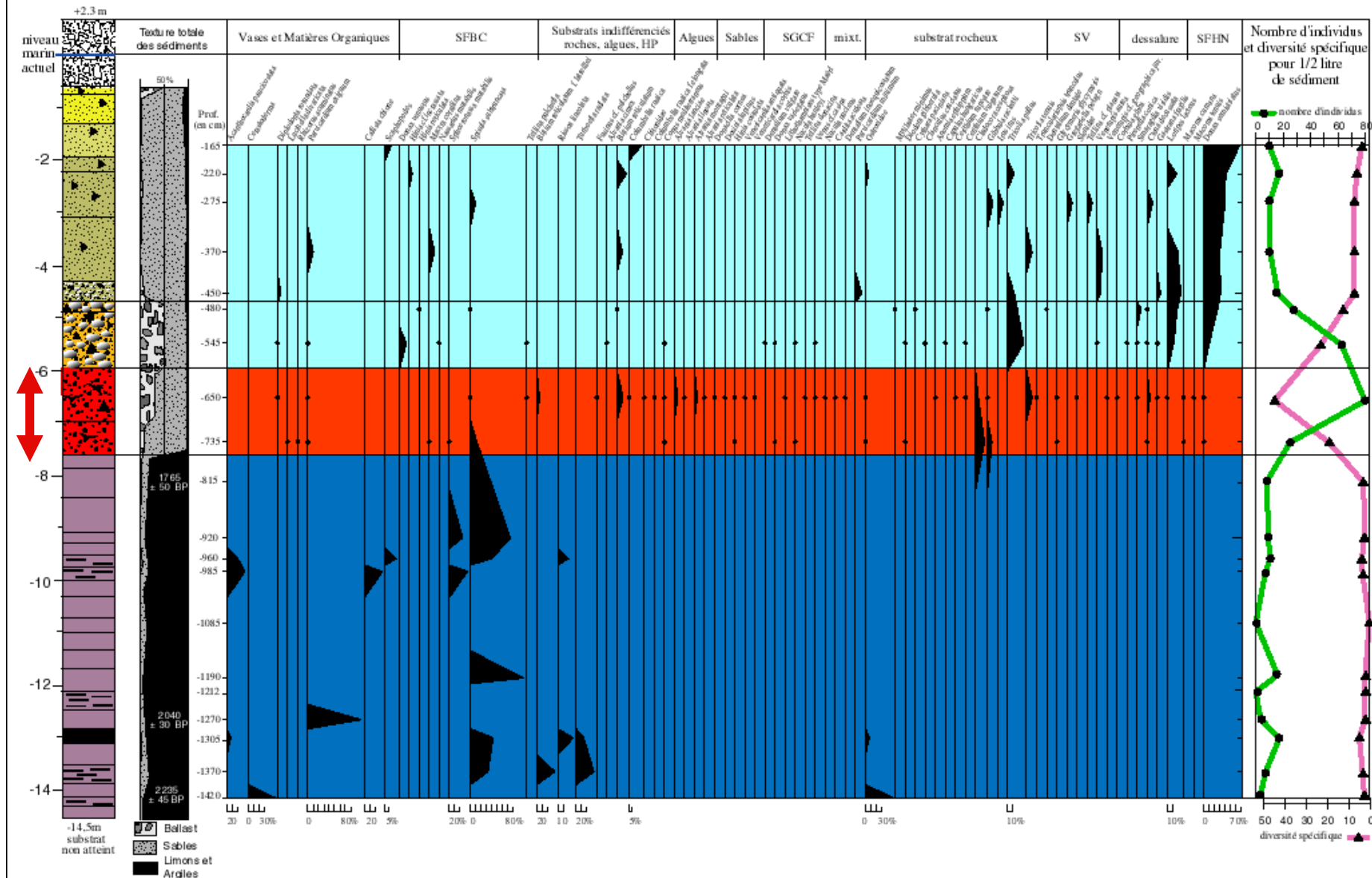
Analyse de la carotte C I
réalisée dans les jardins
du Consulat de France d'Alexandrie en Egypte

Figure n°4 : Analyse de la macrofaune marine du forage C-I (Consulat Général de France d'Alexandrie)

Bourcier
Goiran
Morhange

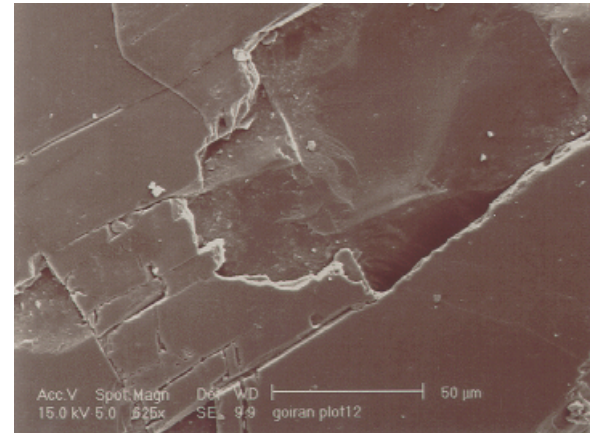
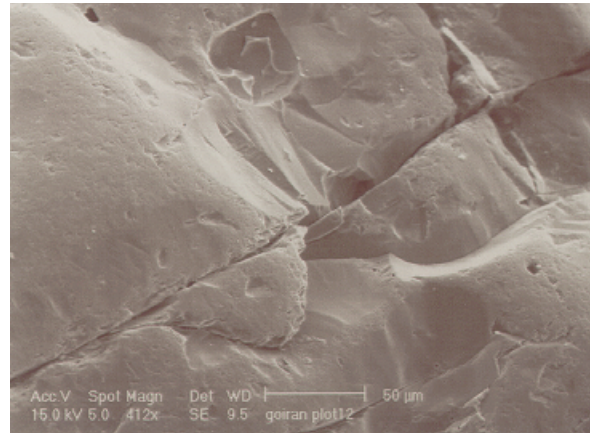
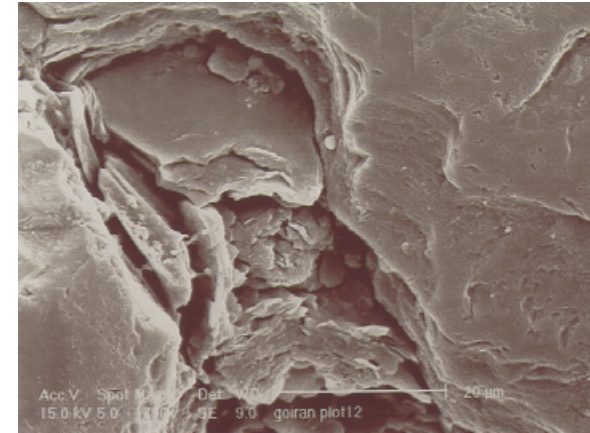
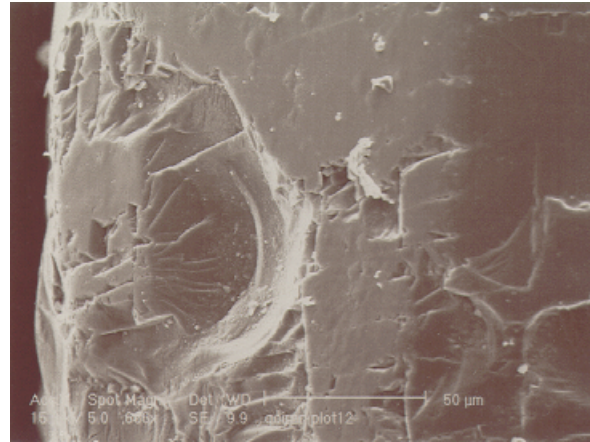


Goiran
Bourcier
Morhange



Exoscopie des quartz unité B échantillon I 11

Nottonier
Goiran



LES TRACES D'UN OU PLUSIEURS EVENEMENTS HYDRODYNAMIQUES VIOLENTS

1. Variation brutale de faciès : rupture dans les modes de sédimentation

- décantation de fines / dépôt en vrac de grossiers

2. Indicateurs biologiques :

- fragments de branches de *Cladocora* : destruction d'un récif de corail
 - débris coquilliers
 - juxtaposition de biocénoses issues de biotopes très différents : mélange de faunes allochtones
- = PERTURBATION DE L'ECOSYSTEME LITTORAL

3. Inadéquation chronologique :

- datations ^{14}C vieilles : remobilisation d'un stock coquiller fossile

4. Indication exoscopique :

- les quartz présentent des traces de chocs de haute énergie comparables aux dépôts attestés de tsunamis

CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE
DU SITE D'ALEXANDRIE
VERS 3000 BP
(Antérieur à la colonisation grecque)

Vent dominant de secteur nord-ouest

apports en smectites du Nil

courant de sortie

île d'Antirodos

Baie Orientale

Baie Occidentale

Ile de Pharos

Ride gréseuse

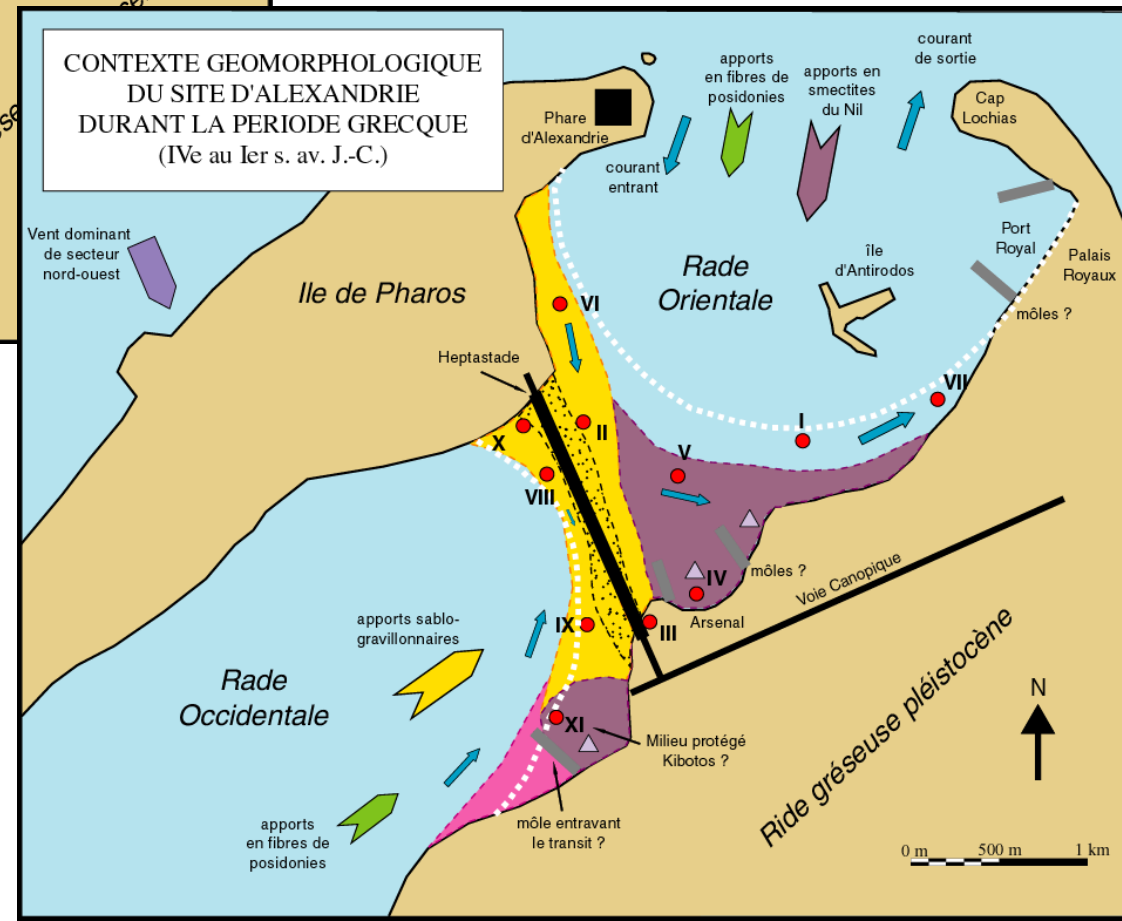
apports en branches de Cladocora

CONTEXTE GEO...
DU SITE D'...
DURANT LA PH...
(IVe au Ie...)

Vent dominant de secteur nord-ouest

Détails de la carte : La carte illustre la configuration géographique de la baie d'Alexandrie avant la colonisation grecque. Elle distingue la Baie Orientale au nord et la Baie Occidentale au sud. L'île de Pharos est située à l'ouest, et l'île d'Antirodos est au nord-est. Des zones colorées (jaune, rose, gris) et des points numérotés (I à XI) indiquent des sites ou des caractéristiques géomorphologiques spécifiques. Des flèches bleues et roses représentent les courants et les apports sédimentaires (smectites du Nil, branches de Cladocora). Un vent dominant du nord-ouest est également noté. Une ride gréseuse est visible au sud-est. Deux légendes contextuelles sont présentes : une en haut à gauche pour l'époque vers 3000 BP et une en bas à droite pour la période IVe au Ier siècle avant J.-C.

Goiran et al., Med.



CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE
DU SITE D'ALEXANDRIE
A LA FIN DE LA PERIODE ROMAINE
(Ve au début du VIIe s. ap. J.-C.)

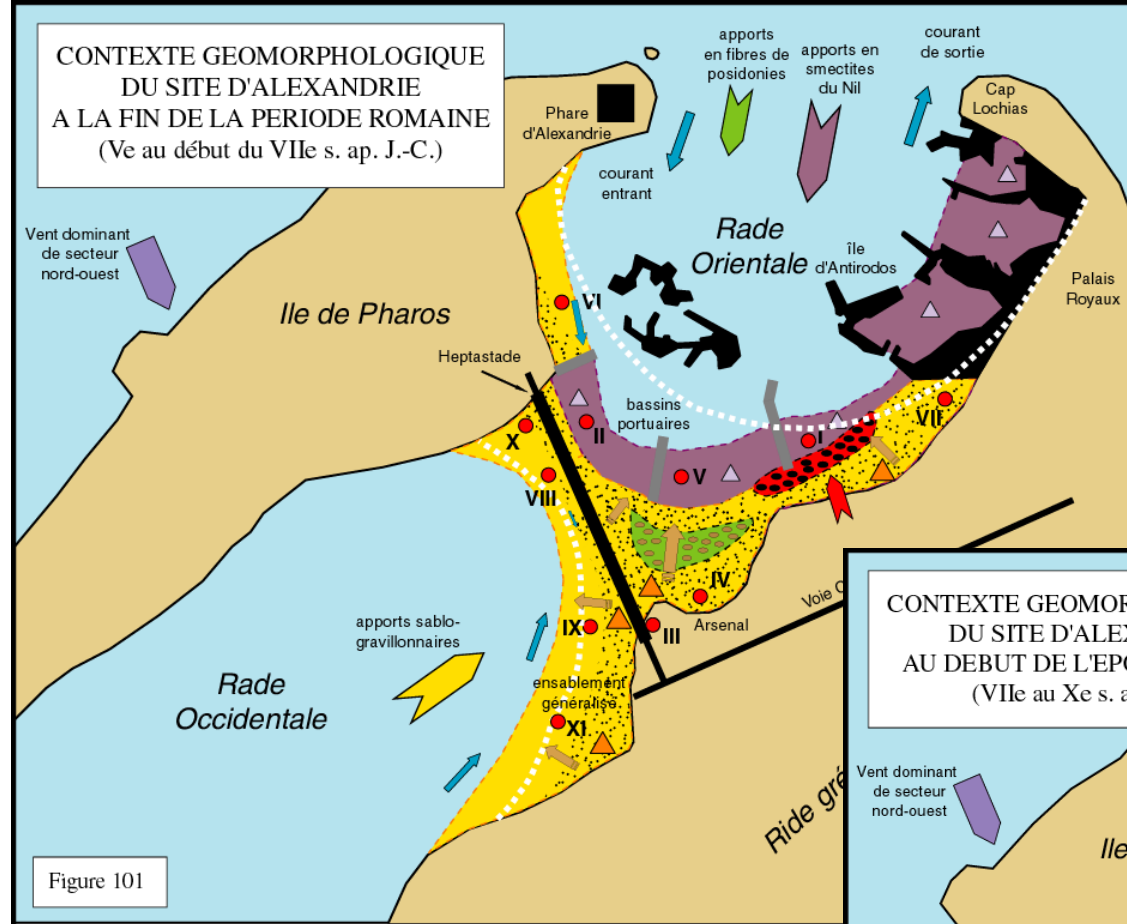
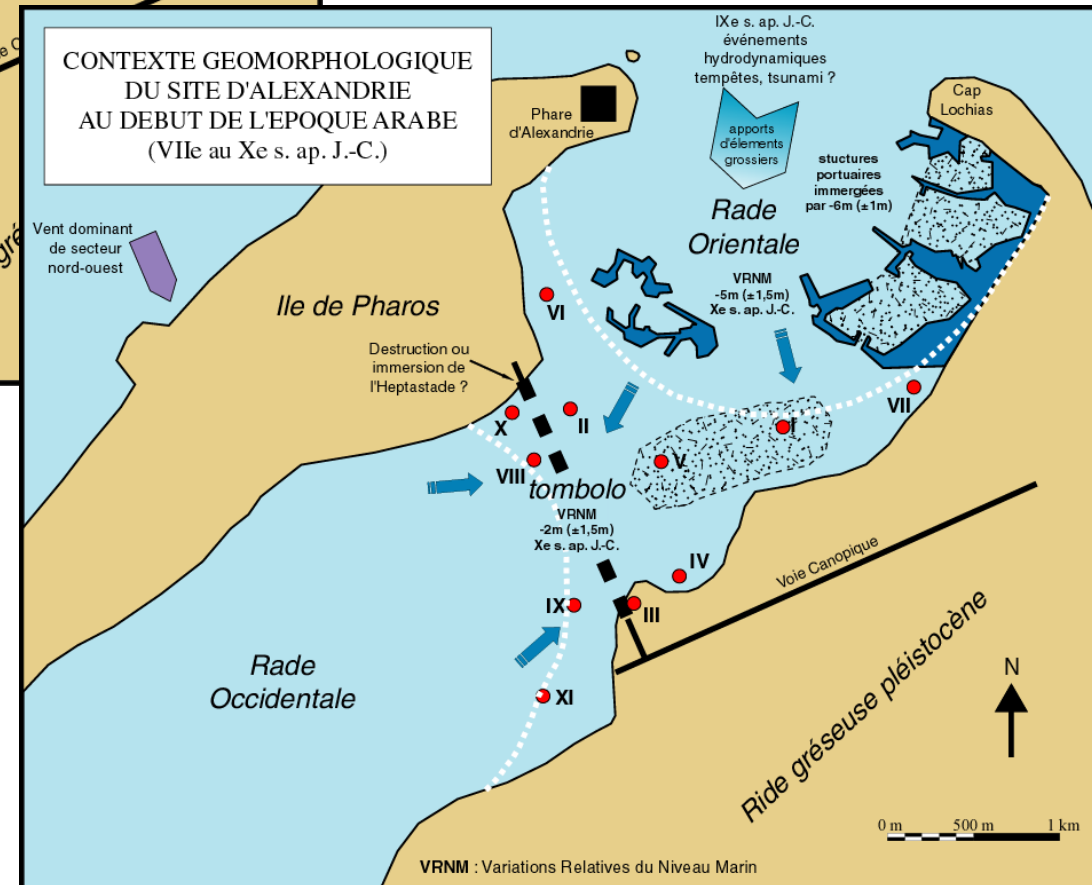


Figure 101

Goiran et al., Med.

CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE
DU SITE D'ALEXANDRIE
AU DEBUT DE L'EPOQUE ARABE
(VIIe au Xe s. ap. J.-C.)



Tipasa (Algeria), punic foundation V° BC. CAMUS

tsunami ? (PhD Maouche)

ca. AD 400–600

AD 1700



A. Camus, 1938

« Au printemps, Tipasa est habitée par les dieux et les dieux parlent dans le soleil et l'odeur des absinthes, la mer cuirassée d'argent, le ciel bleu écru, les ruines couvertes de fleurs et la lumière à gros bouillons dans les amas de pierres. A certaines heures, la campagne est noire de soleil....

Que d'heures passées à écraser les absinthes, à caresser les ruines, à tenter d'accorder ma respiration aux soupirs tumultueux du monde! Enfoncé parmi les odeurs sauvages et les concerts d'insectes somnolents, j'ouvre les yeux et mon cœur à la grandeur insoutenable de ce ciel gorgé de chaleur. Ce n'est pas si facile de devenir ce qu'on est, de retrouver sa mesure profonde. Mais à regarder l'échine solide du Chenoua, mon cœur se calmait d'une étrange certitude. J'apprenais à respirer, je m'intégrais et je m'accomplissais. Je gravissais l'un après l'autre des coteaux dont chacun me réservait une récompense, comme ce temple dont les colonnes mesurent la course du soleil et d'où on voit le village entier, ses murs blancs et roses et ses vérandas vertes. Comme aussi cette basilique sur la colline Est : elle a gardé ses murs et dans un grand rayon autour d'elle s'alignent des sarcophages exhumés, pour la plupart à peine issus de la terre dont ils participent encore. Ils ont contenu des morts; pour le moment il y pousse des sauges et des ravenelles. La basilique Sainte-Salsa est chrétienne, mais chaque fois qu'on regarde par une ouverture, c'est la mélodie du monde qui parvient jusqu'à nous : coteaux plantés de pins et de cyprès, ou bien la mer qui roule ses chiens blancs à une vingtaine de mètres. La colline qui supporte Sainte-Salsa est plate à son sommet et le vent souffle plus largement à travers les portiques. **Sous le soleil du matin, un grand bonheur se balance dans l'espace. »**

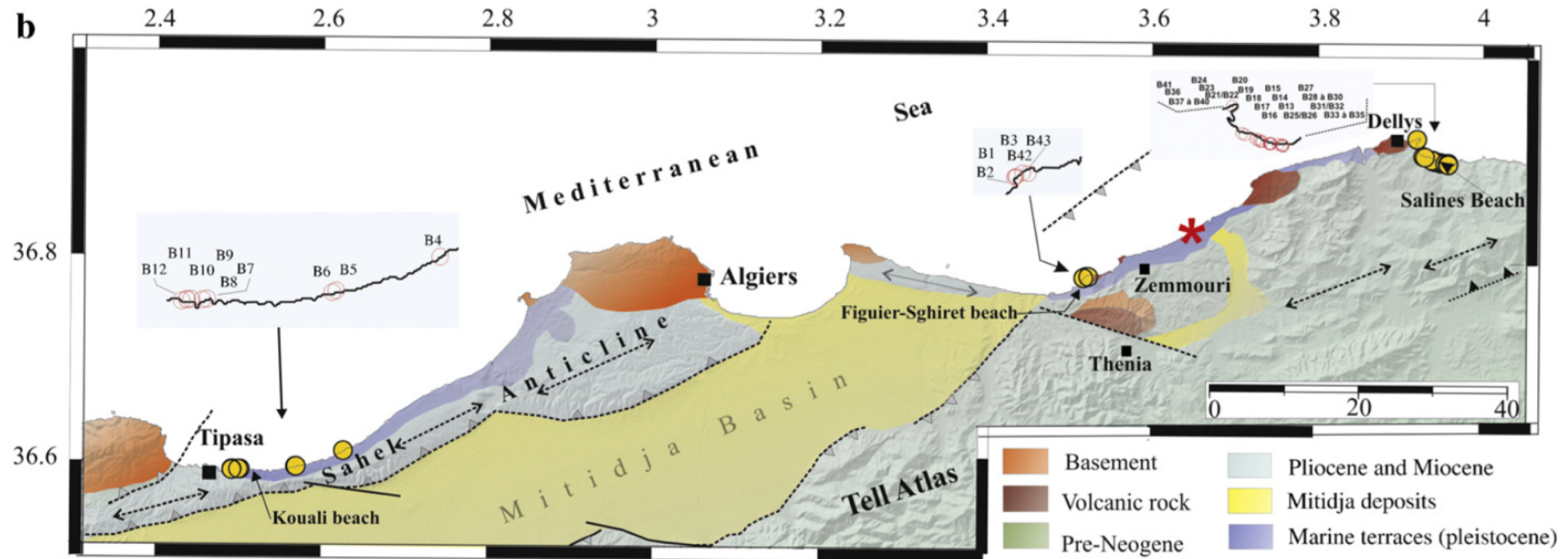


Fig. 1. a - Major tsunami earthquakes along the North Africa coastline and western Mediterranean Sea (data are from the European Tsunami Catalogue and recent publications: Soloviev et al., 2000; Tinti et al., 2004; Alasset et al., 2006; Harbi et al., 2007a,b). b - Location of the studied sites (circles) along the coastal region of Algiers with simplified geology and geomorphology. The epicenter of the 2003 Zemmouri earthquake (Mw 6.8, Bounif et al., 2004) is on the coastline NE of Zemmouri.



**Maouche
Et al., 2009
Marine Geol.**

Up to 200 tons



tsunami ca. AD 400–600 and AD 1700 ?





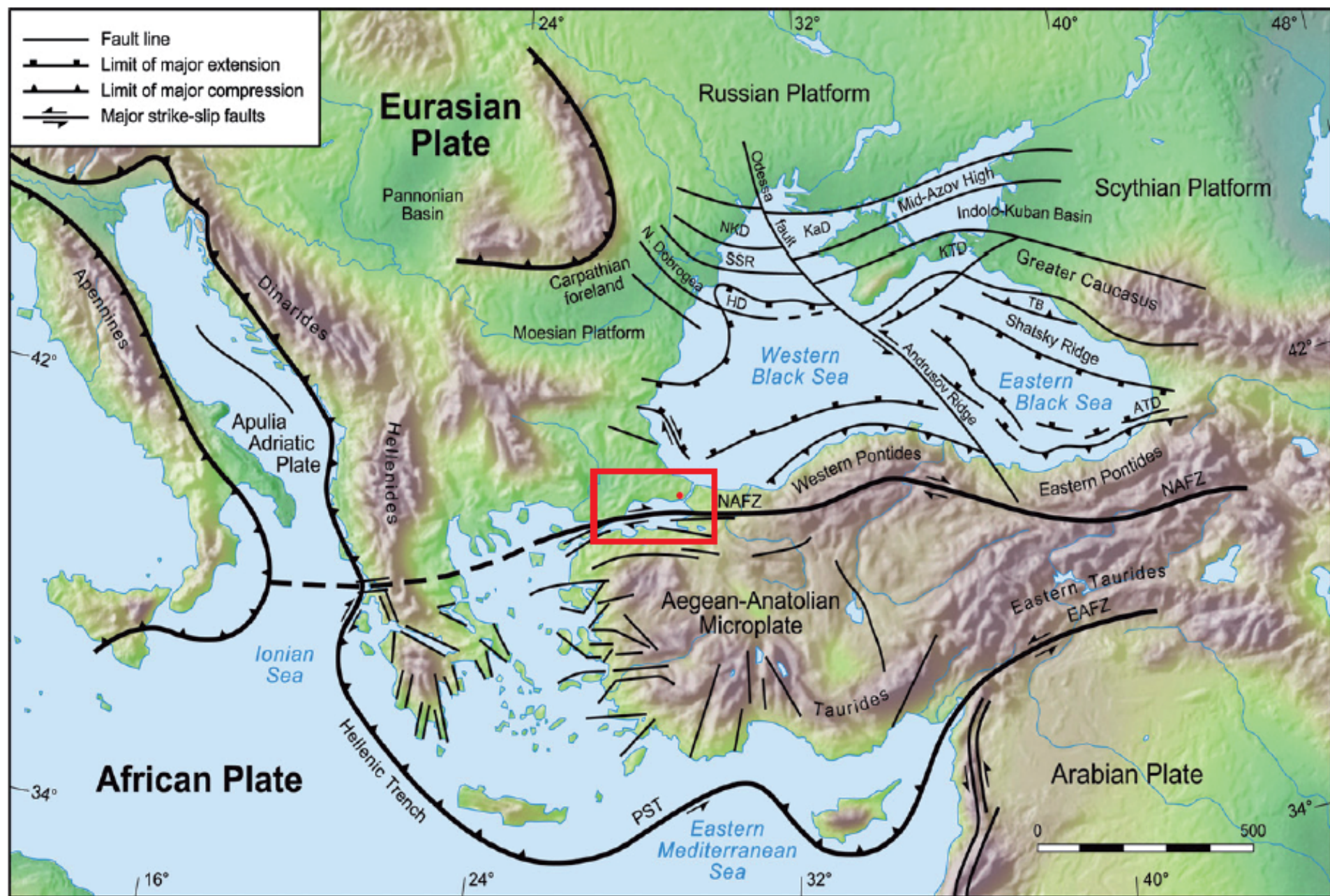


Yeni Kapi (Theodose Harbour, Constantinopolis)

Theodose 1 (379 AD-395 AD)

Bony et al., 2012



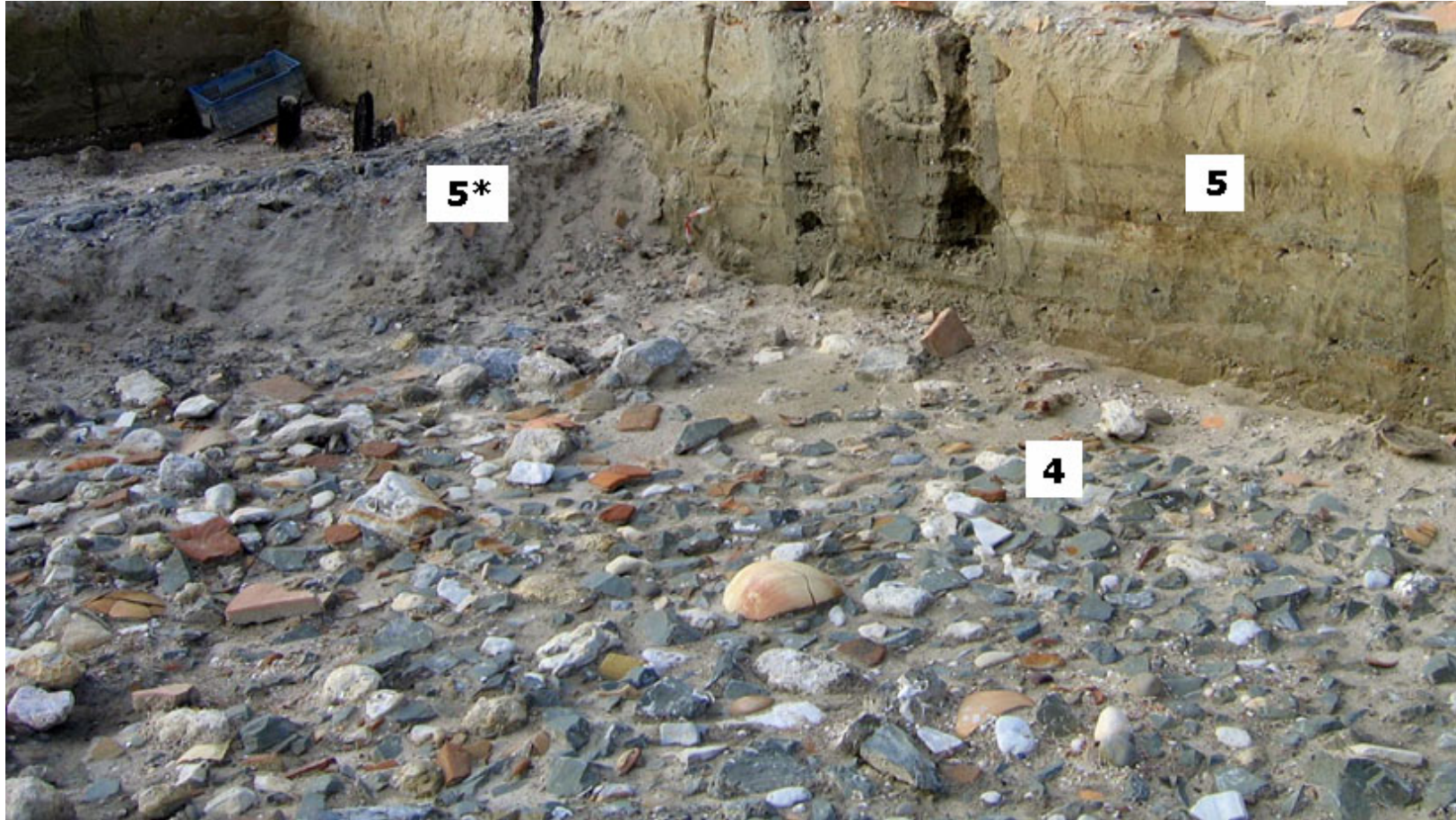


Topography: Mountain High Maps® Copyright © 1993 Digital Wisdom, Inc.

Brückner *et al.*, 2010

UE 4

D. Perincek

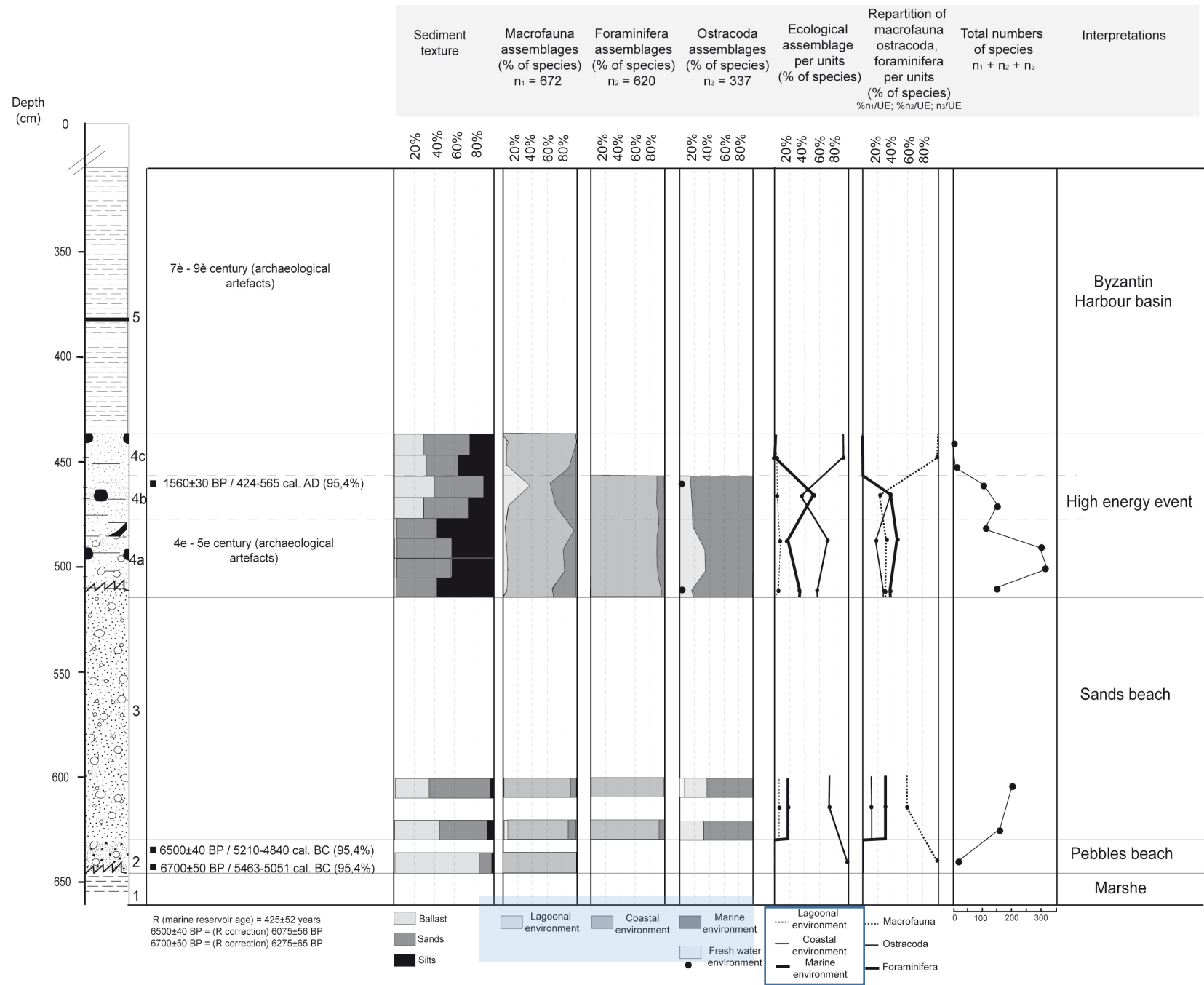


UE 4

(Perincek)

**Ceramics 5-7
th AD**





Bony et al.,
2012

Table 1

Radiocarbon dates performed by the Poznan Radiocarbon Laboratory at Poznan.

Sample code	Sample name	Material	pMC	Err.	Age 14C (BP)	Err.	d13C	Err.	Calibrated age –95.4%
Poz-25849	Yenikapi U4 795 wood	Wood	82.34	0.3	1560	29	–27.3	0.5	424–565 cal. AD
Poz-25827	Yenikapi U4 795	Tellinidae	78.09	0.3	1985	30	–0.5	0.5	424–565 cal. AD
Poz-25824	Yenikapi U2 798	Vermetus sp.	44.53	0.23	6498	41	–3.9	0.5	5216–4791 cal. BC
Poz-25825	Yenikapi U2A 801	Vermetus sp.	43.43	0.24	6699	44	0.4	0.6	5469–5021 cal. BC

$R(\text{marine reservoir age}) = 1560 - 1985 = 425 \text{ years}$
 $\sigma = \sqrt{(30 \times 30 + 30 \times 30)} = 42 \text{ years}$
 Calibrate with Calib. Rev 6.0.1 with IntCal09 ([Reimer et al., 2009](#)).

Ceramics 5-7 th AD

- 447 AD (Guidiboni et al., 1994; Antonopoulos 1979, Ambraseys 1962)
- 477/480 AD (Altinok et al., 2001)
- 553 AD (inundation 2000 m; Altinok et al., 2001)
- **557-558 AD** (inundation 3000 m; Altinok et al., 2001)

- Many unsolved questions...

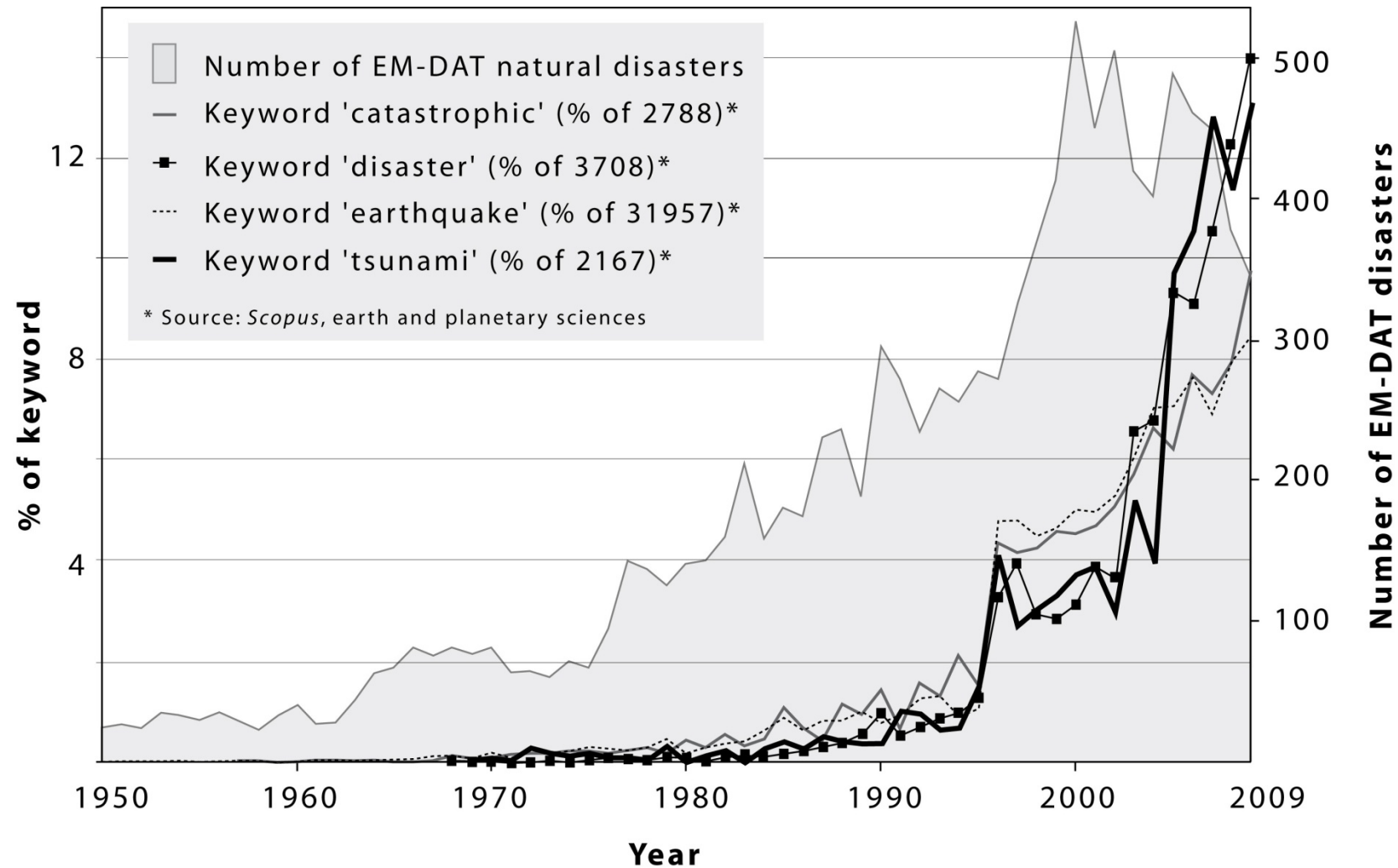
- 2100 BC - 1900 AD: ca. **30 tsunami** (Yalçiner *et al.*, 2002)
- 120 AD - 1999 AD : ca. **40 tsunami** in Marmara sea (Altinok *et al.*, 2001)

Most important tsu in Istanbul

- 447 AD (Guidoboni *et al.*, 1994; Antonopoulos 1979, Ambraseys 1962)
- 477/480 AD (Altinok *et al.*, 2001)
- 553 AD (inundation 2000 m, Altinok *et al.*, 2001)
- **557 AD** (inundation 3000 m, Altinok *et al.*, 2001)
- 1509 AD (wave 6 m, Antonopoulos 1979, Ambraseys 1962)
- 1894 AD (inundation 200m, Hébert *et al.*, 2005, Antonopoulos 1979; Ambraseys 1962)

Problem of scientific demonstration (tsunami versus storm, stratigraphical record versus dredging, comparison with catalogues...)

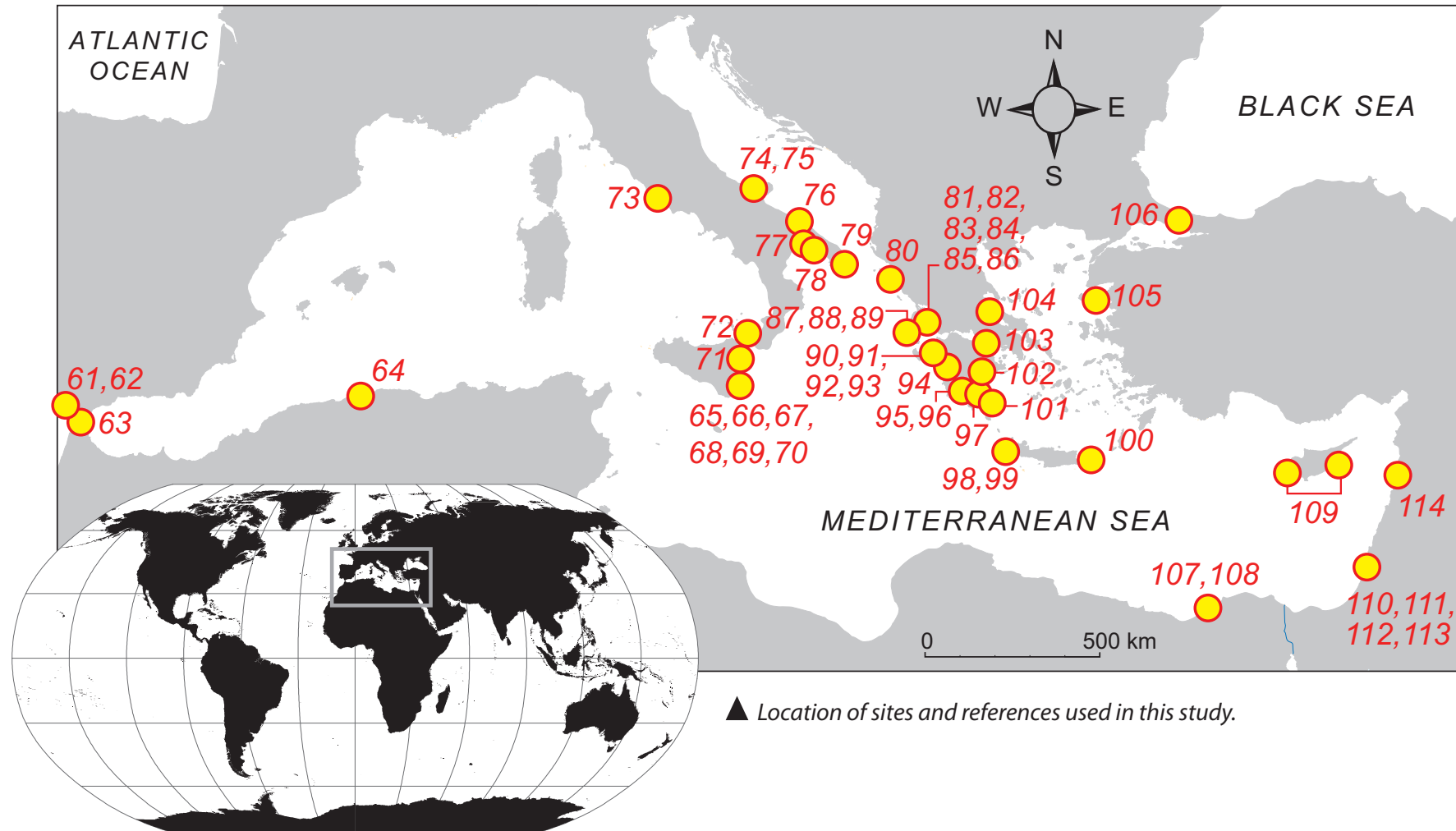
H_{moy} waves : 1.5 m to 2.5 m



Marriner N., Morhange C., Skrimshire S. (2010). Geoscience meets the four horsemen? Tracking the rise of neocatastrophism. *Global and Planetary Change*.

SITES IN THE STUDY

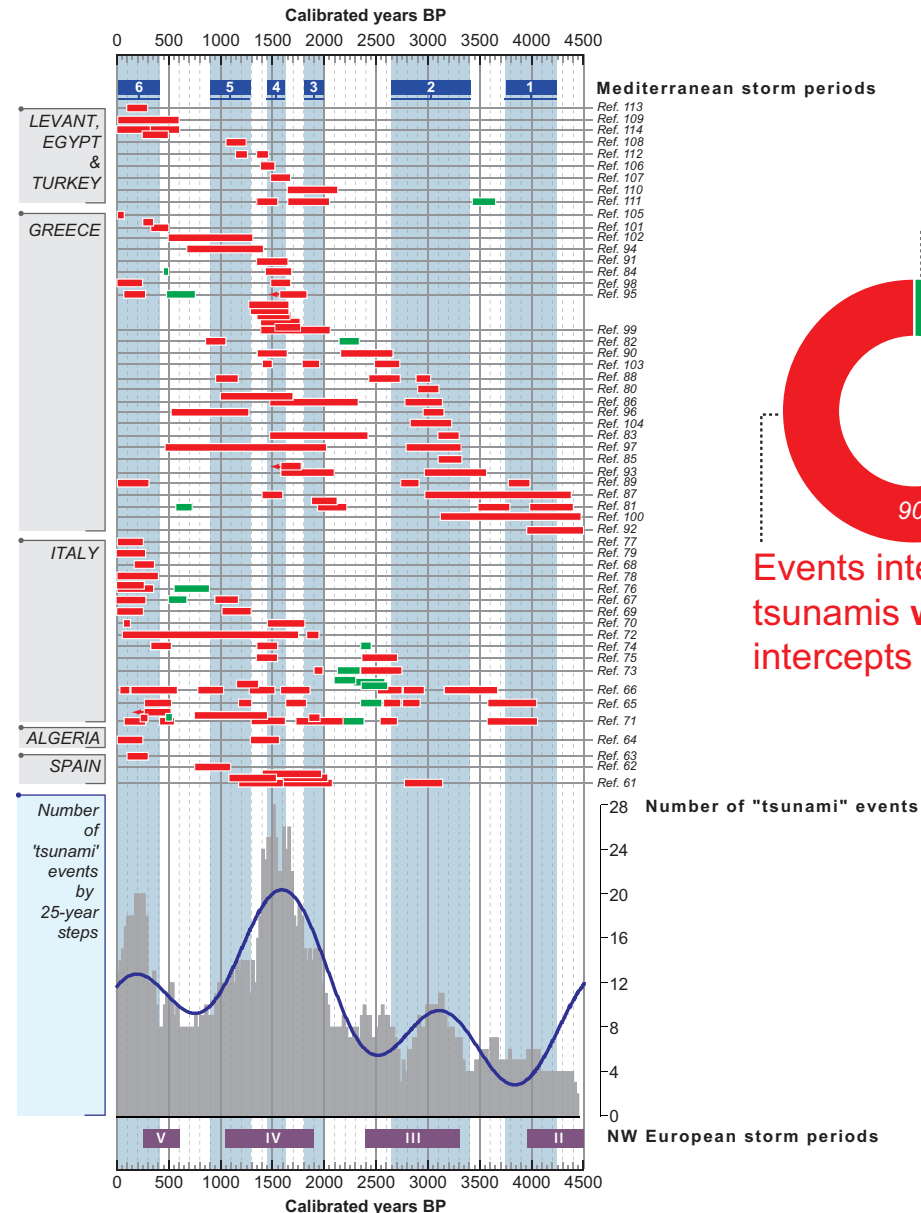
135 tsunami events



Marriner et al.

TSUNAMIS OR STORMS?

Temporal distribution of high-energy events interpreted as tsunamis, grouped geographically from the Eastern to Western Mediterranean. The lower histogram plots tsunami frequency at regular 25-year intervals. The blue line denotes the 1500-year sinusoidal filter fitted to these data (phase = Free; $r = 0.839$). The list of references and their locations is provided in Materials and Methods. Mediterranean (21) and NW European (49) storm periods are also indicated.



Marriner et al.

TSUNAMIS: A DISCOURSE OF FEAR?



Storms

Some explanations about neo-catastrophist factoids ?

« Impact factor race »
« media race opportunism »

Bases of geology (from mine to sequence stratigraphy)

« risk society » and cultural context

Social demand

Applications

Fundings... **opportunism**

Claude Shaeffer (1898-1982)

Ras Shamra, Enkomi...



CLAUDE SCHAEFFER-FORRER
(1898-1982)

Invention de la stratigraphie sismologique

Couche de destruction vers 1365 BC (Ougarit)

Lettre d'Abimilki de Tyr à Aménophis IV (Akhenaton)
qui mentionnerait un grand incendie vers 1365 BC
interprétée comme lié à un séisme...

Stratigraphie Comparée et Chronologie de l'Asie Occidentale [1948]

« Une grande catastrophe naturelle aurait provoqué la fin du Moyen Royaume en Egypte et aussi dévasté par le feu et les tremblements de terre la Crète, Chypre, Caucase, Syrie, Palestine, Perse et Asie Mineure... »

tsunami

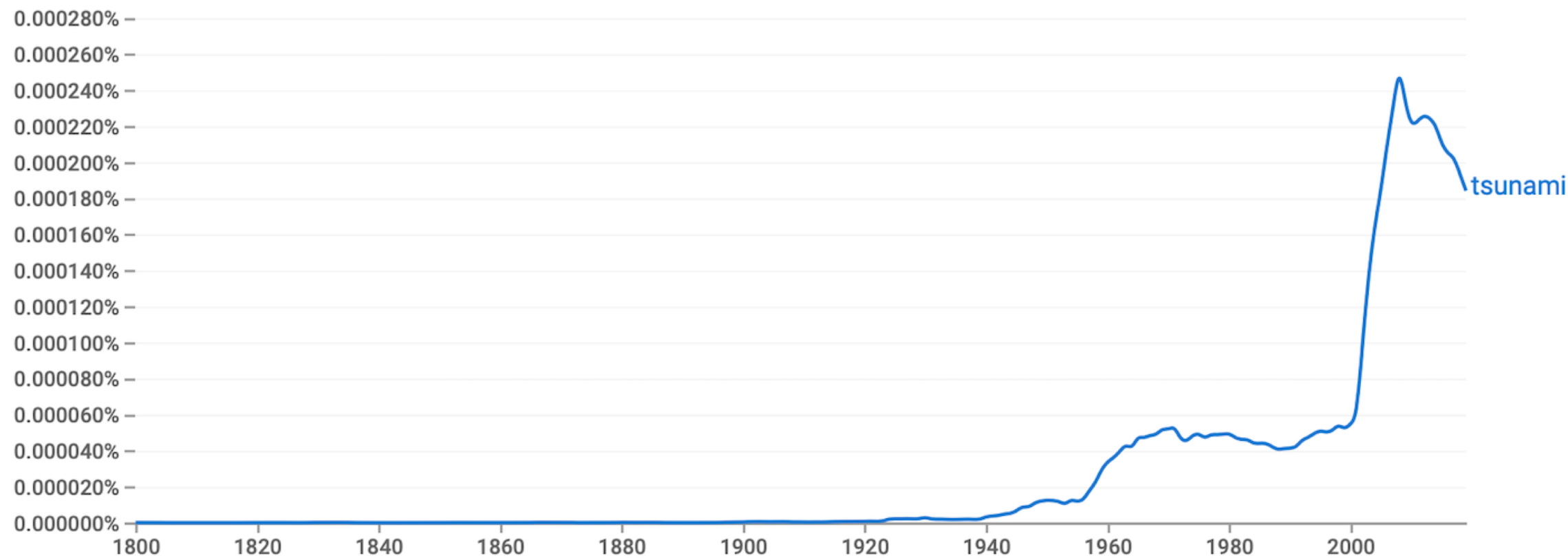


1800 - 2019

English (2019)

Case-Insensitive

Smoothing





Systematic Review Shows That Work Done by Storm Waves Can Be Misinterpreted as Tsunami-Related Because Commonly Used Hydrodynamic Equations Are Flawed

Rónadh Cox^{1,2*}, Fabrice Ardhuin³, Frédéric Dias^{2,4}, Ronan Autret⁵, Nicole Beisiegel^{2,4}, Claire S. Earlie⁶, James G. Herterich^{2,4}, Andrew Kennedy⁷, Raphaël Paris⁸, Alison Raby⁹, Pál Schmitt¹⁰ and Robert Weiss^{11,12}



Palaeotsunami deposits at the Tiber River mouth (Ostia Antica, Italy): Do they really exist?

Hugo Delile^{a,b,*}, Ferréol Salomon^c

scientific reports

OPEN

Discovery of a tsunami deposit from the Bronze Age Santorini eruption at Malia (Crete): impact, chronology, extension

Laurent Lespez^{1,2,3}, Séverine Lescure¹, Ségolène Saulnier-Copard¹, Arthur Glais¹, Jean-François Berger⁴, Franck Lavigne^{1,3,5}, Charlotte Pearson^{6,7}, Clément Virmoux¹, Sylvie Müller Celka⁸ & Maia Pomadère⁹



« Therefore, the maximum run-up of the tsunami was probably less than 10 m above the Late Minoan sea level, and the wave height at the coastline would have been much less.

In the flat area of the Malia marsh, the inundation distance was probably up to 500 m,

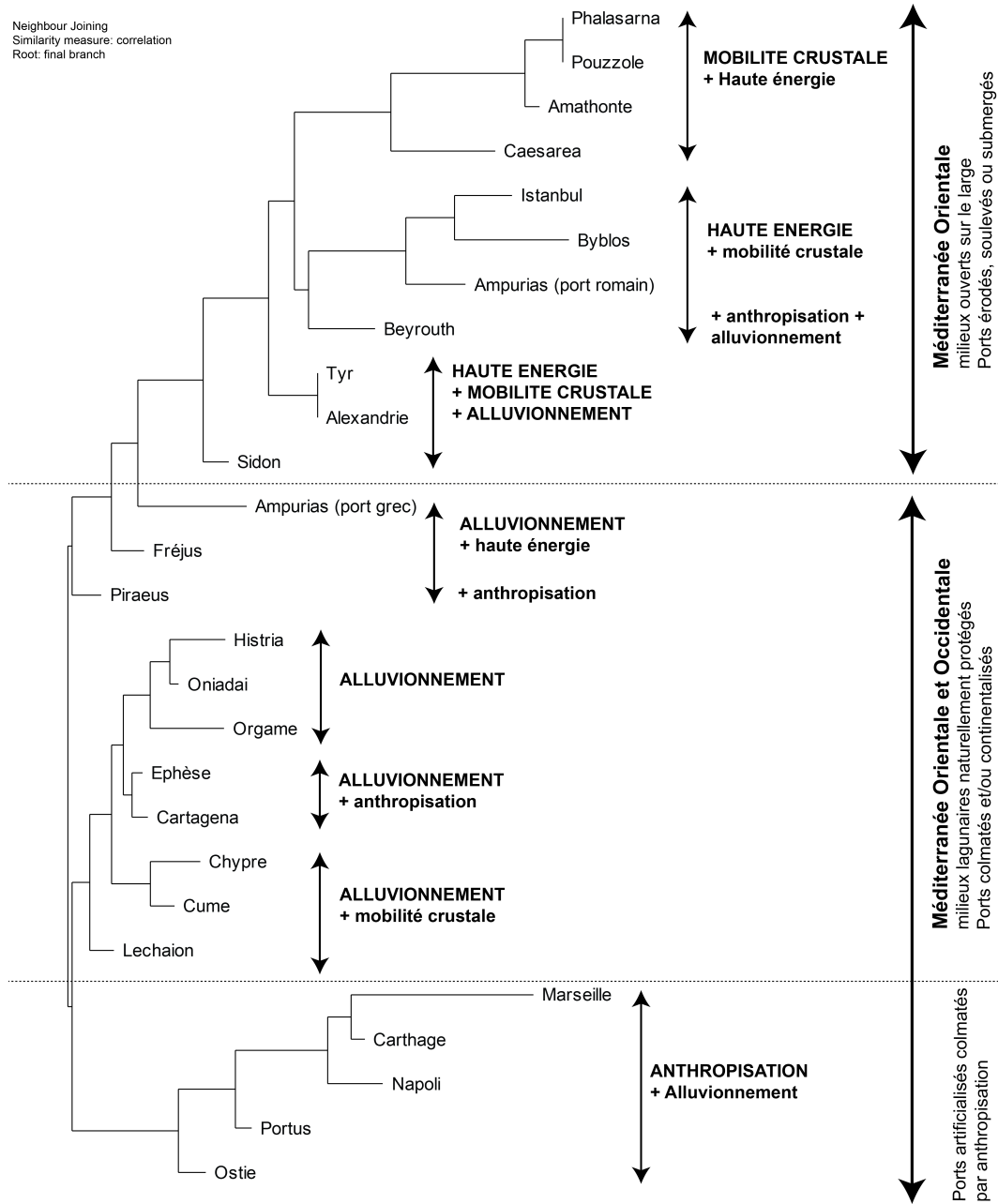
but also with only modest geomorphological consequences. »

Preliminary conclusions

- « **The absence of proof is not a proof of absence** ». Objective : minimize identification errors, chronological imprecisions.
- **Confusion between causality and statistical correlations** in many publications.
- **Terminology** : « high energy event », « extreme event »
- Importance of using **multiple streams of evidence** to make inferences about the distant past.
- Tsunami and societies, *une liaison dangereuse*, a dangerous liaison ?
- « **Make the past the uncertainty of the future** » (R. Aron, 1938).

► Estimation du poids des contraintes

Neighbour Joining
Similarity measure: correlation
Root: final branch



Thèse G. BONY 2013

Diversity/complexity

