



Terremoti

Come
e perché

Speciale

**Il terremoto ligure
del 23 febbraio 1887**

LE PETIT NICOIS

JOURNAL RÉPUBLICAIN QUOTIDIEN

ABONNEMENTS

Nice et Départ* lim. 3 mois 5 f. 50 — 6 mois 11 f. — 1 an 22 fr.

DIRECTION & RÉDACTION

Administration - Abonnements - Annonces

INSERTIONS

Annonces en quatrième page..... la ligne 0 25
En troisième... la ligne 0 50 — En Chronique — 1

A NIZZA

La nostra popolazione così felice, così spensierata fino a l'altro ieri, ha avuto un terribile risveglio, questa mattina. Alle 6 meno 9 minuti, un terribile terremoto ha scosso la nostra città in questo mercoledì 23 febbraio 1887. È stato come uno strappo. Tutto scricchiolava, i muri, i mobili, le campane suonavano, i cani abbaiano, persone sgomentate e tremanti saltavano dai loro letti e si sbrigliavano a lasciare il loro domicilio. Subito le strade presentavano uno spettacolo dei più deprimenti. Donne appena vestite, sconvolte correvano di qua e di là, bimbi spogliati dalle loro fasce. Alle 6 e 5 minuti, si produceva una nuova oscillazione. Non ci si sentiva più in sicurezza e si è cor-

so più lontano nelle campagne, alla ricerca di un luogo scoperto. La scossa è stata meno forte fortunatamente, più leggera ma non si sta tranquilli e se ne temono di più forti. Non c'è niente di più spaventoso di questo pericolo che è generale, che non si può né prevedere, né scongiurare e di cui non ci si può rendere conto. Nizza assomiglia ad un campo di zingari. Sulla piazza Massena, la folla è numerosa, si portano sedie e ci si installa. Sulla Promenade des Anglais, al giardino pubblico, su tutta la spiaggia c'è lo stesso spettacolo. Nizza sta traslocando. Il panico non è terminato e lo sgomento aumenta. Ci si astiene dal rientrare nelle case e si aspetta. A corto di notizie, si telegrafa in tutte le direzioni, agli uffici del

telegrafo ci sono più di quattrocento persone. Le novità che arrivano da Mentone si diffondono con grande rapidità. Si parla di una catastrofe maggiore, di case crollate, di numerose vittime. Tutte le autorità sono in azione, il Signor Prefetto percorre le strade, raccomanda la calma, il sangue freddo. Seguendo i quartieri, i danni sono più o meno importanti ma molti immobili presentano lesioni. Si prega la popolazione di non spaventarsi, di restare calma. Molti lasciano la città, alcuni vanno in campagna, altri sono in stazione dimenticando che il pericolo è generale, che il terremoto non è circoscritto nel perimetro di Nizza ma si estende da Genova a Marsiglia.

II CITTADINO

GIORNALE DEL POPOLO

ONEGLIA, PROVINCIA D'IMPERIA

Numerose case sono crollate fra le quali l'ufficio del telegrafo e il collegio reale. Dappertutto si possono vedere tetti sfondati, angoli di muro traballanti, breccie nelle vetrate, finestre e persiane aperte sbattono al vento, le tende fluttuano fuori dalle abitazioni abbandonate e di tanto in tanto qualche blocco di muratura si stacca e cade con fracasso sbriciolandosi in calcinacci e polvere. Quindici giorni dopo la catastrofe, la commissione tecnica del genio civile ha dichiarato inabitabile il 90% delle abitazioni. Numero delle vittime: 20 morti — 22 feriti.

Estratto della memoria di MERCALLI Giuseppe: I terremoti della Liguria e del Piemonte, Napoli 1897.

Nota: Oneglia e Porto Maurizio dal 1923 dipendono da Imperia.

LEON FERREYRE.

mediatamente nominata e l'inspec-

Le clocher de l'église St-Augustin, près la caserne d'infanterie a été déman-

Percorsi di utilizzo

- Individua l'intensità del terremoto nelle città di Nizza, Imperia, Genova e Mentone sulla base dei documenti storici
- Immagina come la scossa fu avvertita a Zurigo, Grenoble, Torino. Riporta sulla mappa del territorio qui sopra l'intensità accertata in diversi punti. Ricerca la zona dove il terremoto fu avvertito con maggiore intensità
- Come puoi spiegarti i casi anomali dei paesi La Bollène e Albissola?
- Ritrova sui sismogrammi il tempo d'arrivo delle onde sismiche in ogni stazione. I tuoi risultati confermano la zona probabile dell'epicentro?
- Sottolinea nell'articolo scientifico gli argomenti che propendono per un epicentro situato in mare. Indica le difficoltà incontrate oggi dai ricercatori nell'identificare le strutture geologiche implicate all'epoca del terremoto del 1887.



L'educazione e la formazione sono due ingredienti che consentono ai cittadini di apprendere le informazioni scientifiche altrimenti confinate nei laboratori in particolare nel campo del rischio ambientale. È in questa ottica che è nato il programma O3E (acronimo in francese di Osservazione dell'Ambiente a scopo Educativo per le Scuole). Il programma O3E fa seguito a un periodo di sperimentazione di 10 anni (1997-2007) in cui sono nati diversi progetti nazionali ('Sismos à l'Ecole', EDURISK, climAtscope).

L'obiettivo generale del programma O3E è mettere in rete istituti scolastici nelle regioni delle alpi latine equipaggiate con sensori di parametri ambientali di tipo educativo. I dati sul movimento del suolo

(sismometri), sulle temperature e la pluviometria (stazioni meteo), sulle risorse idriche (idrogeologia) registrati negli istituti scolastici sono raccolti su server dedicati poi messi a disposizione attraverso Internet alla comunità educativa. La rete O3E così strutturata, diventa il punto di partenza per varie attività di insegnamento delle geoscienze e di educazione al rischio naturale e si propone di:

- promuovere le scienze sperimentali e le nuove tecnologie
- mettere in rete gli attori dell'educazione e della formazione
- sviluppare il senso di autonomia e la responsabilità dei giovani
- rafforzare e sviluppare i legami con i partner regionali nel campo educativo e universitario
- favorire una presa di coscienza razionale dei problemi legati alla prevenzione dei rischi naturali e del patrimonio geologico, ciò che può fare la differenza durante un evento in termini di sicurezza.

Tenendo conto degli orientamenti del programma, che dà un grande spazio alle tecnologie di comunicazione, della sua dimensione educativa (sensibilizzazione ai rischi ambientali), del suo contenuto scientifico (geoscienze), e della sua importanza su scala regionale e persino internazionale (messa in rete di istituti scolastici), vengono avviate iniziative da parte degli istituti scolastici in stretta collaborazione con il mondo dell'Università e della Ricerca. È il caso del presente opuscolo che tratta il caso di un terremoto emblematico per le regioni interessate da O3E: il terremoto di Imperia – Mentone del 23 febbraio 1887. I dati raccolti qui (archivi, sismogrammi, ultimi studi oceanografici...) consentiranno agli studenti e ai loro insegnanti di affrontare un caso di studio.

La stampa è unanime, il terremoto colpì un vasto territorio da Genova a Marsiglia, dal litorale mediterraneo alla Svizzera. Numerose testimonianze consentono di descrivere come la popolazione visse questa catastrofe.



Villa Molinari dans le Borriago
(Collezione Didier Moullin)

A **Mentone**, per esempio, i danni furono spaventosi. Non ci fu una sola casa che non subì le scosse. Il panico fu generale. Secondo la stampa, il settore fra la stazione e l'Hôtel des Postes fino al mare fu il più colpito. Numerose case divennero inagibili e pericolose per la sicurezza pubblica. Ve ne erano anche altre nella parte alta della città vecchia, quella parte della città che era complessivamente mal costruita. La bella avenue de la Gare sembrava che avesse subito un bombardamento; al lato della ferrovia, nessuna casa era intatta.

Sembra che **Genova** abbia sofferto di meno. Il terremoto sorprese la gente in pieno ballo mascherato. Subito seguì un terribile panico. I lampadari oscillarono, molti candelabri si spensero. Le strade si trovarono di colpo invase da una marea di persone uscite in tutta fretta dai loro letti. Numerose case crollarono e molte famiglie si ritrovarono senza tetto. In diversi punti del litorale si osservò un ritiro del mare, in modo particolare a Genova. La città è stata scossa con violenza dal terremoto che, però, ha provocato danni limitati alle case. Un'inchiesta sistematica ha permesso di valutare l'intensità del terremoto in ogni città e paese (guarda la tabella qui a lato).

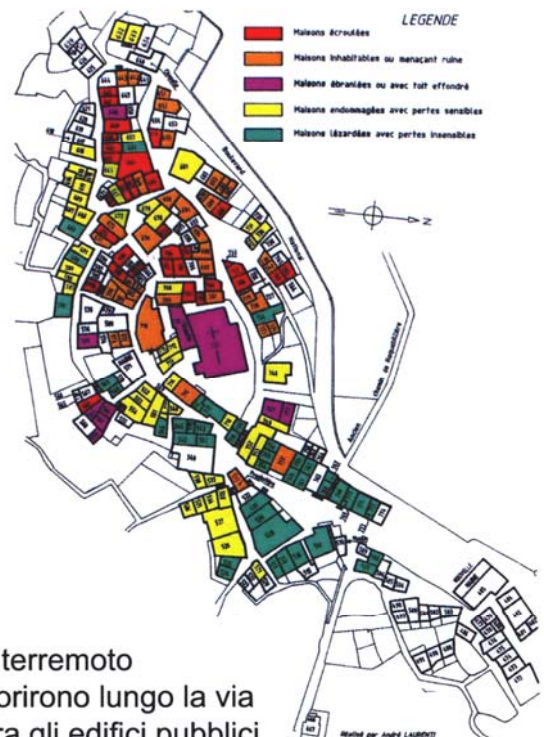
Casi insoliti...

La Bollène, 50 km a Nord di Nizza.

Quel giorno, in questo paese di 741 abitanti, la prima scossa fu di un'intensità inaudita. Una quarantina di case crollarono, altre divennero inagibili, altre presentavano diversi danni. Si registrarono due morti e qualche ferito. Negli archivi comunali, la storia registra che il terremoto ha diviso il paese in due: una parte risparmiata e l'altra pesantemente danneggiata (su 285 costruzioni, più del 12% crollò, e più del 26% si incrinò e fu gravemente intaccato: vedi schema a lato).

Albissola Marina, 5 km a Est di Savona.

Albissola Marina è il punto più orientale della Costa dove il terremoto fu disastroso. Qui non poche case crollarono, 3 persone morirono lungo la via principale che costeggia il lungo mare e 10 furono i feriti. Tra gli edifici pubblici, fu l'asilo infantile a subire danni più evidenti. Il paese è fondato in parte su un letto molto sottile di alluvioni recenti e in parte sull'argilla del Pliocene. Il paese Albissola Superiore, che poggia in parte anch'esso su alluvioni, ha subito invece danni leggeri. Per questo motivo, l'intensità del terremoto registrata in questo paese è minore rispetto a quella registrata in zone vicine al mare. Sempre per questa località, secondo un inventario dei danni pubblicato nel 1897 nelle memorie di Giuseppe Mercalli: 55 case sono inagibili, 118 agibili in seguito a riparazioni, 6 rovinate o da demolire. Numero delle vittime: 3 morti – 10 feriti.

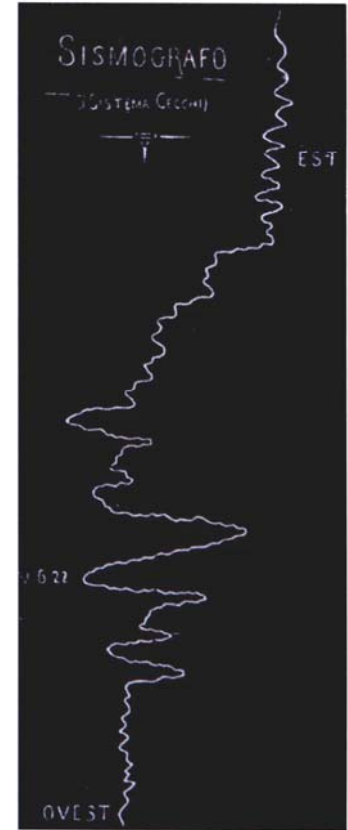


MACROSISMICA

La Terra messa sotto osservazione...

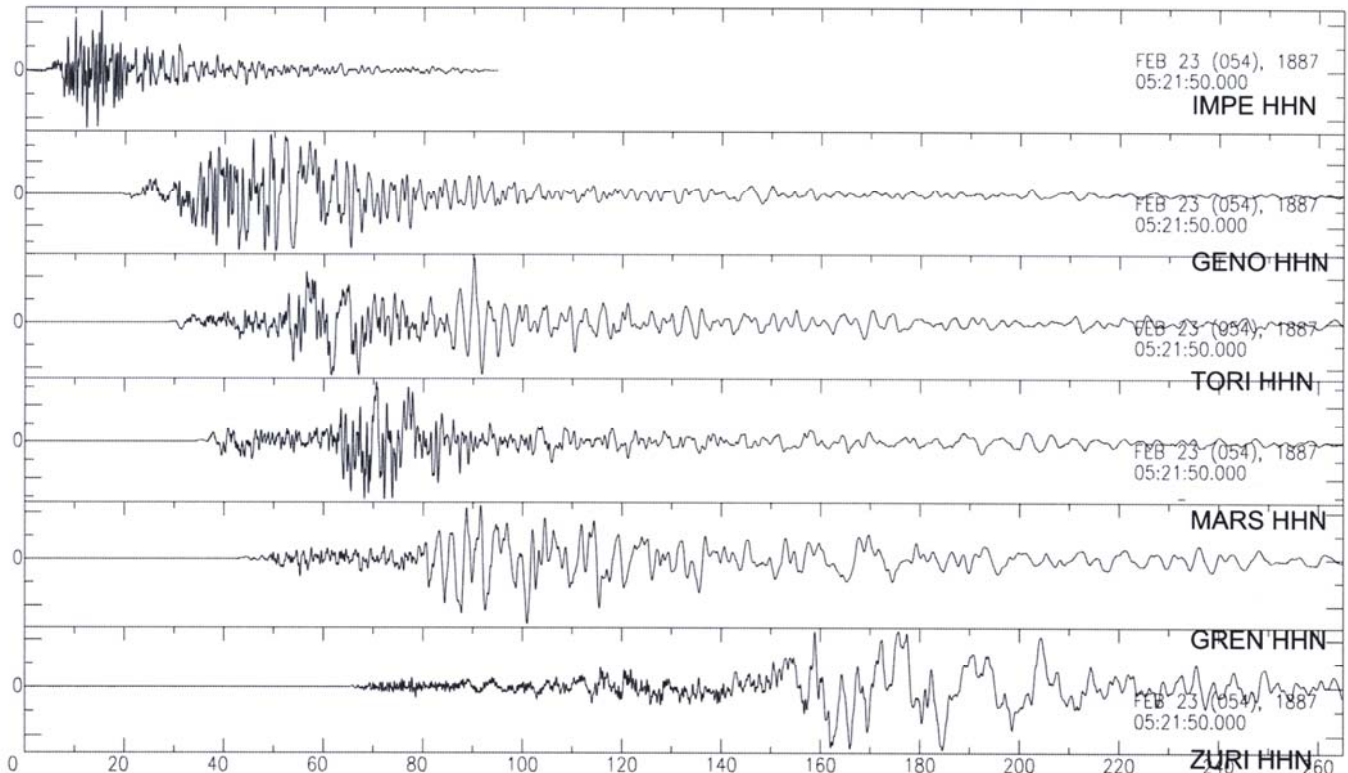
...sismica!

Città	Intensità stimata
Grassa	VI
Marsiglia	V
Grenoble	IV
Nizza	
Imperia	
Savona	VII
Genova	
Cuneo	VI
Torino	V
Losanna	III
Mentone	



All'epoca gli osservatori di ricerca non disponevano di molti sismometri per registrare l'attività sismica della Terra. Tuttavia è stata ritrovata qualche registrazione come quella dell'osservatorio di Moncalieri, vicino a Torino.

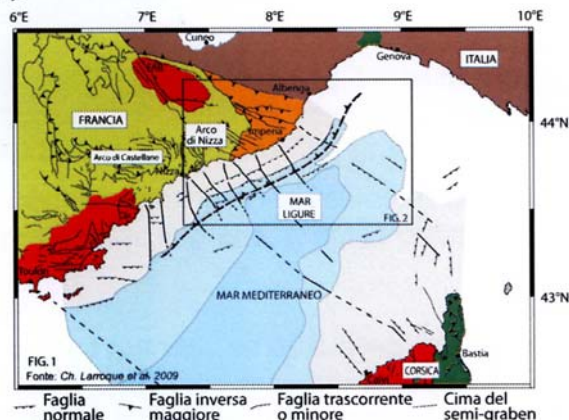
Oggi è possibile simulare i sismogrammi che si registrerebbero nelle diverse città nel caso in cui un simile terremoto si riproducesse. I sismogrammi prevedibili per le differenti città sono presentati qui sotto. Per farli ci siamo basati sulle vere registrazioni del terremoto di L'Aquila del 06/04/2009 di Magnitudo 6.2.



Uno degli obiettivi centrali dei progetti di ricerca attuali è determinare le potenziali sorgenti sismogenetiche nella zona delle Alpi latine.

Abbiamo però accesso solo a un'informazione parziale. Infatti in questa regione, i terremoti distruttivi hanno segnato poco la memoria collettiva poiché sono stati rari. Di conseguenza, sono principalmente le analisi del terreno che ci offrono i dati che ci consentono d'identificare le faglie attive e i meccanismi di deformazione.

Durante gli ultimi 100 milioni di anni, l'evoluzione dell'Europa è stata dominata dalla convergenza fra la placca Africana e quella Eurasiatica che ha determinato la subduzione dell'Oceano Tetide e poi la collisione dei continenti. La regione mostra così, nella sua struttura attuale, questa storia geologica. Numerose faglie tagliano la regione, alcune si radicano alla base della copertura sedimentaria, a circa uno o due chilometri di profondità, come la sovrapposizione frontale degli archi di Nizza e di Castellane; altri attraversano il basamento cristallino su diversi chilometri di spessore come la faglia Argentera-Bersezio (FAB).



Sulla terraferma, il campo di studio include le seguenti zone geologiche:

- Il Massiccio dell'Argentera, con le sue cime di 3200 m. Lì è stato segnalato qualche indizio di recente deformazione.
- Gli archi di Nizza e di Castellane. Studi geologici hanno consentito di evidenziare delle deformazioni recenti significative.

In mare la struttura della zona ligure è costituita da:

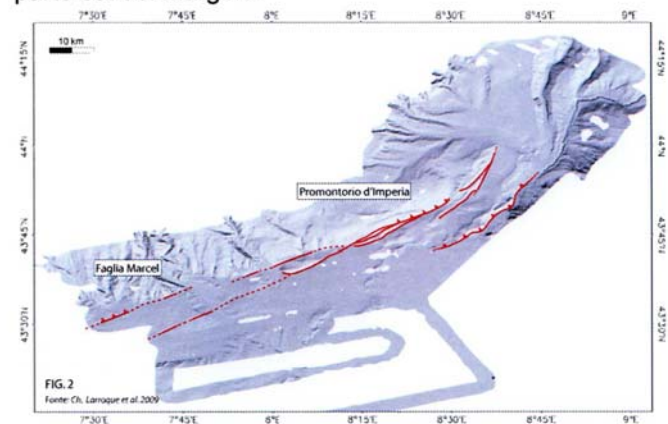
- Il margine continentale nord ligure, molto stretto con un altopiano che è ridotto a qualche centinaio di metri. La deformazione attiva di questa zona è conosciuta da tempo.
- La parte centrale (circa 2500 m sotto il livello del mare) è oceanica e relativamente piatta.
- Il margine continentale sud ligure costeggia il blocco corso-sardo a nord.

La regione delle Alpi del Sud – Bacino Ligure è una delle più sismiche dell'Europa occidentale. Per esempio, fra gennaio 1980 e marzo 2008, il registro della sismicità dell'Ufficio Centrale Sismologico Francese ha rilevato in questa zona 5717 terremoti. Durante gli ultimi mille anni e fino al 1920, il sudest della Francia e il nordovest dell'Italia hanno subito 68 terremoti storicamente registrati. Almeno due di questi sismi hanno causato delle perdite importanti in vite umane e altri danni. Uno dei due sismi è il terremoto ligure (23 febbraio 1887, I=X MCS), per il quale si propone una magnitudo equivalente a 6.5-6.7. Si tratta dunque di una zona particolarmente importante per ricercare tracce di questi due eventi e probabilmente quelle di altri antichi

terremoti. Numerose campagne di geofisica marina sono state consacrate alla conoscenza delle strutture del margine e alla sua dinamica. Per analizzare la morfologia del margine nord ligure, abbiamo messo a punto il progetto di campagna MALISAR di cui gli obiettivi principali sono:

- studiare la morfologia del margine per caratterizzare le deformazioni recenti e attive;
- determinare se strutture potenzialmente attive evidenziate a terra si prolungano sul margine;
- caratterizzare gli scorrimenti sottomarini e la loro eventuale relazione con le deformazioni.

L'analisi preliminare dei dati delle campagne MALISAR ha fatto emergere numerosi elementi di novità: gli scorrimenti sottomarini influiscono l'essenziale del margine nella parte ovest ma in modo generale. Il grado di destabilizzazione (visibile in superficie) del pendio continentale tende a diminuire verso est; alcuni scorrimenti si trovano su zone di tettonica attiva, come la zona dell'epicentro dell'evento del 1887; strutture in direzione N70°E, oblique alla direzione del margine formano scoscendimenti a scaglioni nel bacino e alcuni di questi continuano sul pendio; Presentiamo brevemente due punti particolari che sono in relazione alla deformazione attiva del margine: lo scoscendimento situato ai piedi del pendio al largo di Nizza (la faglia «Marcel») e il grande promontorio di Imperia sulla parte est del margine.



1) La faglia Marcel

I terremoti del 1986 (MI=3.8), 1989 (MI=4.5) e 2001 (MI=4.6) sono localizzati ai piedi del pendio continentale, circa 30 km a sud di Nizza. Questa zona, ad ovest del canyon de la Roya, è attraversata da uno scoscendimento obliquo al margine. Lo scoscendimento in direzione NE-SW misura una trentina di metri d'altezza ed è continuo su più di 10 km

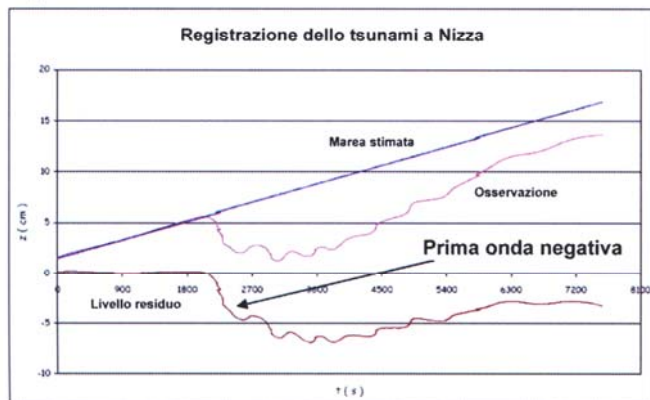
2) Il promontorio d'Imperia

La parte est del margine nord ligure (ad est del 8°10'E) è più allungata verso il bacino e il suo pendio è meno ripido di quello della parte ovest. È dominata da un promontorio che si estende su circa 40 km fra 8°10'E e 8°35'E. Come nella parte ovest, la parte superiore del pendio è pesantemente incisa da canyon, tuttavia questi canyon non seguono una traiettoria diritta verso il bacino, ma sono notevolmente deviati verso Est.

del terremoto del 1887

Una ventina di minuti dopo la scossa principale del terremoto d'Imperia (5:21:50 GMT) numerose testimonianze hanno riportato dei moti del mare sul litorale e questi ultimi sono stati registrati dai mareografi di Genova e Nizza. La cartografia di questi moti consente di mostrare che si è prodotto uno tsunami di importanza regionale, con dei "run up" (altezza delle onde dello tsunami a contatto con la costa) di 2 m al massimo, ma non è stato generalizzato all'insieme del Mediterraneo occidentale. Gli indici sono localizzati essenzialmente sul litorale nord, coerentemente con un epicentro vicino alla costa italo-francese.

Nel grafico che segue, $t=0$ corrisponde al momento del terremoto, vale a dire le 5.21 a Nizza oppure le 6.21 a Genova. Sul mareogramma di Genova, l'ampiezza dello tsunami non superava i 40 cm. La prima onda registrata dal mareografo di Genova è un'onda positiva e arriva 1250 secondi, ossia 21 minuti, dopo il terremoto. Sul mareogramma di Nizza, l'ampiezza dello tsunami è compresa fra 5 e 10 cm. La prima onda registrata dal mareogramma è un'onda negativa e arriva 1930 secondi, ossia 32 minuti, dopo il terremoto.

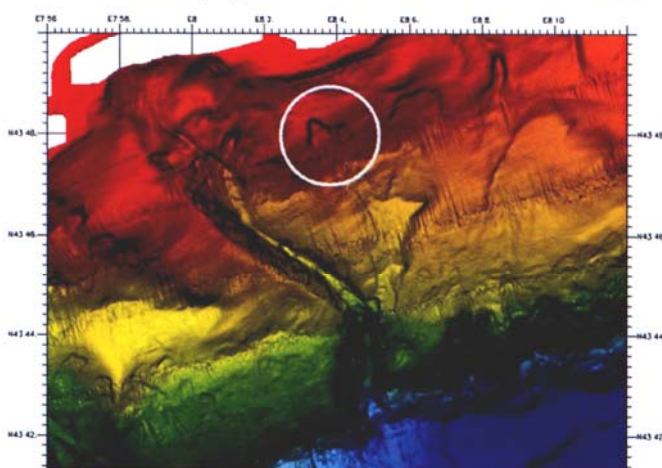


Una simulazione dello tsunami è stata realizzata testando diversi scenari in modo da riprodurre l'inizio, la propagazione e l'inondazione dello tsunami del 23 febbraio 1887. Nel primo scenario, è stato considerato che il terremoto è originato da uno scorrimento sottomarino e si cerca di testare se il volume spostato dallo scorrimento è sufficiente a generare lo tsunami osservato. I test sono stati realizzati facendo scivolare i volumi di ognuno degli scorrimenti separatamente e insieme. Nelle simulazioni realizzate, né la sequenza, né il periodo, né l'ampiezza delle onde osservate hanno potuto essere riprodotte. Si può dunque escludere una sorgente puramente gravitaria come origine dello tsunami del 1887. Altri scenari, basati su un movimento in faglie producono risultati coerenti con le osservazioni ma questo lavoro deve essere considerato come preliminare. Gli elementi comuni che spiccano sono un ipocentro situato ad almeno 10 km di profondità, una faglia di almeno 45 km di lunghezza orientata parallelamente alla costa e il sollevamento o la subsidenza di un blocco di almeno 10 km di larghezza.

Tutti i terremoti di magnitudo intorno a 6,5 non producono necessariamente delle fratture in superficie. Tuttavia, la

profondità proposta per il terremoto del 1887 è abbastanza superficiale perché si possano ricercare tracce di fratture in superficie. L'analisi preliminare dei dati della campagna MALISAR non ha permesso di evidenziare delle strutture prodotte senza alcun dubbio in seguito a questo evento. Ma le strutture descritte in precedenza, la faglia Marcel e le faglie che delimitano il promontorio d'Imperia, costituiscono un insieme di faglie a scaglioni di cui alcuni segmenti sono stati attivi recentemente. Allo stadio attuale non è possibile concludere se uno o più segmenti delle faglie rilevate siano state attivate durante l'evento del 1887.

Nella zona dell'epicentro, i dati della campagna MALISAR, effettuata nell'agosto 2006, rivelano la presenza di due nicchie di distacco che corrispondono alle cicatrici di scorrimento del terreno. Questi scorrimenti non sono datati ma la morfologia delle nicchie e lo scarso sedimento depositato sul muro sembrano indicare che sono recenti. Ammettendo che si situino nella zona dell'epicentro del 1887, si può considerare che possano essere una delle conseguenze possibili del terremoto che avrebbe destabilizzato i sedimenti depositati in alto al pendio continentale. Malgrado tutto, se questo scorrimento si rivelasse non essere il solo generatore dello tsunami, ciò non escluderebbe che lo scorrimento si sia prodotto a seguito del terremoto, infatti lo tsunami potrebbe essere stato generato dall'insieme del terremoto accompagnato dallo scorrimento sottomarino.



I differenti risultati ottenuti all'epoca di questo lavoro ci permettono di caratterizzare la fonte più probabile del terremoto che ha avuto luogo il 23 febbraio 1887 nel bacino ligure. È stato possibile evidenziare numerose strutture potenziali. Fra le maggiori strutture: un sistema di faglie situato a Sud di Imperia, ai piedi del pendio; nicchie di distacco in alto al pendio. Questi scorrimenti sottomarini non sono datati e potrebbero potenzialmente essere del 1887. Le diverse modellazioni di sorgenti sismogenetiche consentono dunque di concludere che la sorgente più probabile è una faglia normale a pendenza Sud.

(Fonte: Ch. Larroque et al., 2009)
 Riferimenti bibliografici: Larroque, C., Delouis, B., Godel, B. & Nocquet J.-M. 2009. Active deformation at the south-western Alps–Ligurian basin junction (France–Italy boundary): Evidence for recent change from compression to extension in the Argentera massif. *Tectonophysics* 467, p.22–34. doi:10.1016/j.tecto.2008.12.013.

Progetto editoriale: Scienza Express

Responsabile editoriale: Luciano Celi

Coordinamento e supervisione per il progetto O3E: J.-L. Berenguer

Testi, mappe e documenti: Jean-Luc Berenguer, Emmanuel Baroux, André Laurenti, Christophe Larroque, Françoise Courboulex, Stefano Solarino, Jessica Leputh, Jérôme Salichon, Jenny Trevisan, Noric Simonetti, Sébastien Migeon

Traduzione francese-italiano: Christian Biasco

Editing: Giulia Rocco - formicablu S.r.l.-

Progetto grafico: Giuliana Fusco

Programma Alcotra con il sostegno di
CG 06, Région PACA, DIREN PACA, Sciences à l'École

www.edurisk.it O3E.geoazur.eu www.ingv.it www.formicablu.it www.interr-alcotra.org



INGV

formicablu
la comunicazione
fa una traccia

Geo
AZUR
TERRE - OCEAN - ESPACE



SED
Schweizerischer Erdbebendienst
Swiss Seismological Service



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



ARPA
Agenzia Regionale
per la Protezione Ambientale

alcotra

Observatoire de l'Environnement à but Éducatif à l'École

Con la collaborazione di:

Francia: Géosciences Azur, Rettorato Accademia di Nizza, Rettorati di Aix-Marseille e di Grenoble.

Italia: Univ. degli Studi di Genova, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ARPA Piemonte, Educazione Liguria, Piemonte.

Svizzera: ETH Zurigo, Dipartimento dell'Educazione per i cantoni interessati.