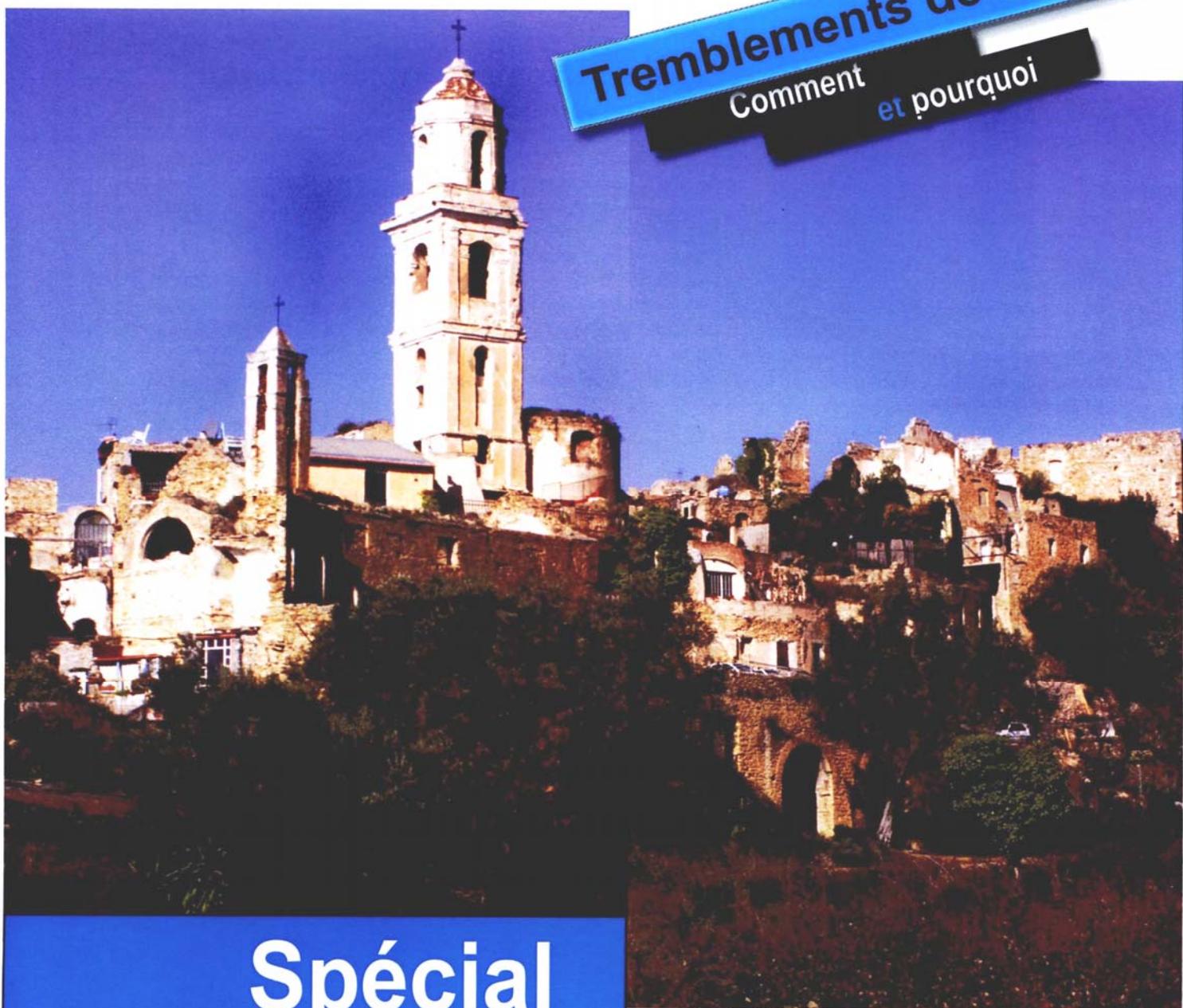


**Tremblements de terre**  
Comment  
et pourquoi



**Spécial**

**Séisme Ligure  
du 23 février 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 NICE

Notre population si gaie, si folle avant-hier, a eu un terrible réveil, ce matin. A 6 heures moins 9 minutes, un terrible tremblement de terre secouait notre cité en ce mercredi 23 février 1887. C'était comme un déchirement. Tout craquait, les murs, les meubles, les cloches sonnaient, les chiens aboyaient, des personnes effarées, tremblantes sautaient de leur lit, et s'empressaient de quitter leur domicile. Bientôt les rues présentaient un spectacle des plus attristants. Des femmes à peine vêtues, affolées couraient çà et là, des bébés arrachés tout nus de leur berceau.

A 6 heures 5, une nouvelle oscillation se produisit. On ne se sent plus en sûreté et l'on court plus loin dans la campagne, à la re-

cherche d'un endroit découvert. La secousse est moins forte heureusement, plus légère mais on n'est pas rassuré et l'on tremble de plus belle. Il n'y a rien de plus effrayant, en effet que ce danger qui est général, qu'on ne peut ni prévoir, ni conjurer et dont on ne peut se rendre compte.

Nice ressemble à un camp de bohémiens. Sur la place Masséna, la foule est nombreuse, on apporte des chaises et l'on s'installe. Sur la promenade des Anglais, au jardin public, le long de la plage, c'est le même spectacle.

Nice est en déménagement. La panique n'a pas cessé et l'effarement augmente. On se garde de rentrer dans les maisons et on attend. On court aux nouvelles, on télégraphie dans toutes les directions, aux bu-

reaux du télégraphe il y a plus de quatre cents personnes.

Les nouvelles qui arrivent de Menton se répandent avec une grande rapidité. On parle de catastrophes plus grandes, des maisons écroulées, de nombreuses victimes. Toutes les autorités sont sur pied, M. le Préfet parcourt les rues, recommande le calme, le sang froid. Suivant les quartiers les dommages sont plus ou moins importants mais beaucoup d'immeubles présentent des dommages. La population est conjurée de ne pas s'effrayer, de rester calme. On quitte la ville, les uns se rendent à la campagne, les autres sont à la gare oubliant que le danger est général, que le tremblement de terre n'est pas circonscrit dans le périmètre de Nice mais s'étend de Gênes au-delà de Marseille.

Quelle que soit la condition où se et mesquine de certains person- nages, aujourd'hui, le 23 février 1887, à pas à en douter, c'est danger lui-même. Nous lisons dans ce petit livre aux pré- visions Ann. XV - N. 65

# IL CITTADINO

GIORNALE DEL POPOLO

### ONEGLIA (PROVINCE D'IMPERIA)

Nombre de victimes: 20 morts — 22 blessés.

De nombreuses maisons se sont écroulées parmi lesquelles le bureau du télégraphe et le collège royal. Partout on peut voir des toits effondrés, des pans de mur branlants, troués de baies lumineuses, les vitres et les persiennes ouvertes, battent au gré du vent, les rideaux flottent hors des habitations abandonnées et de temps à autre quelques blocs de maçonnerie se détachent et tombent avec fracas dans un effritement de plâtras et de poussière. Quinze quinze jours après la catastrophe, la commission technique du génie civil déclara inhabitable 90 % des habitations

Extrait du mémoire de MERCALLI Giuseppe: I terremoti della Liguria e del Piemonte, Napoli 1897.

Remarque: Oneglia et Porto Maurizio dépendent d'Imperia depuis 1923.

La crainte, non déjà, ne calcule raison, bien de première; heure vertement l'inter de ne point pass maison. Nous regretto nicipaux, qu'ils se bien tard qu'il y qu'il faut savoir pulation avant qu'elle les réclame.

La grande préoccupation de tous les esprits c'est de s'assurer un gîte pour la nuit. Un lona des landaus, des voitures à prix d'or, que l'on fait conduire dans les près, dans les champs. Les nouvelles qui arrivent de Menton, de Cannes, de Grasse, de toute la région se répandent avec une grande rapidité. On parle de catastrophes plus grandes, des maisons écroulées de nombreuses vic- mes.

LEON FERREYR.

UN Ce n du mal notre v livrer à oés. Tous partiau tent les dessus ses ran titude e dans la avons l la réus L'ave notre d primer défend toujour rons p dante miers rallien

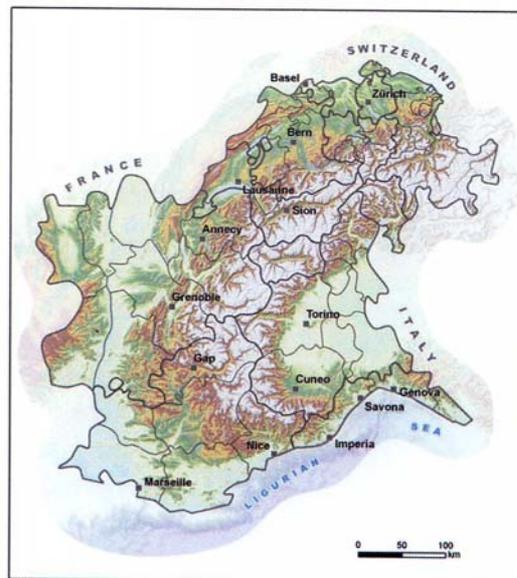
ad, M. re gé- lique, ent les saug- pré- loater L'ob- a rien on est rester quatre d-On- et n'a été la légè- ment peine. au al- crédit prévu

TS TS dégâts aus. Di- y moim- prévoir. gardées, ces, les é. guesier sante, la ée, rae ou Fen- et An- On esti-

ont chassé sur leurs amarrés et deux embarcations ont été gravement endommagés. L'usine à gaz s'est également ressentie du phénomène. Un gazomètre a été crevé et les cheminées de l'usine ébranlées sur leurs bases; l'une d'elle s'est écroulée à moitié. Le personnel de l'usine a immédiatement organisé les secours et quelques citoyens dévoués ont prêté un utile concours. Le clocher de l'église St-Augustin, près la caserne d'infanterie a été déman-

## Pistes d'exploitation

- Retrouve l'intensité du séisme dans les villes de Nice, Imperia, Genova et Menton à partir des documents historiques
- Imagine comment la secousse a été ressentie à Zurich, Grenoble, Turin. Reporte sur la carte ci-dessus du territoire l'intensité constatée en divers points. Recherche la zone où le séisme semble avoir été le plus fortement ressenti
- Comment peux-tu expliquer les cas étranges des villages de la Bollène Vésubie et de Albissola?
- Retrouve sur les sismogrammes le temps d'arrivée des ondes sismiques dans chaque station. Tes résultats confirment-ils la zone probable de l'épicentre?
- Souligne dans l'article scientifique les arguments qui plaident en faveur d'un épicentre situé en mer
- Indique les difficultés rencontrées aujourd'hui par les chercheurs pour identifier les structures géologiques impliquées lors du séisme de 1887



L'éducation et la formation sont deux ingrédients pour permettre aux citoyens d'appréhender les informations scientifiques autrefois confinées dans les laboratoires notamment dans le domaine du risque environnemental. C'est dans cette optique qu'est né le programme 'O3E' (pour Observation de l'Environnement à but Educatif à l'Ecole). Le programme 'O3E' fait suite à une période probatoire de 10 ans (1997-2007) où des projets nationaux ('Sismos à l'Ecole', EDURISK et climAtscope) ont vu le jour.

L'objectif global du programme 'O3E' est de mettre en réseau des établissements scolaires dans les régions alpes latines équipés de capteurs de paramètres environnementaux à vocation éducative. Les données sur le mouvement du sol (sismomètres), sur les températures et la pluviométrie (stations météo), sur la ressource en eau (hydrogéologie) ainsi enregistrées dans les établissements scolaires, sont collectées sur des serveurs dédiés puis mis à disposition par Internet à la communauté éducative.

Ce réseau 'O3E', ainsi installé, est le point de départ d'activités variées pour l'enseignement des géosciences et pour l'éducation au risque naturel.

- Promouvoir les sciences expérimentales et les nouvelles technologies
- Mettre en réseau les acteurs de l'Education et de la formation
- Développer le sens de l'autonomie et de la responsabilité chez les jeunes
- Renforcer et développer des liens avec des partenaires régionaux des domaines éducatifs et universitaires
- Favoriser une prise de conscience rationnelle des problèmes liés à la prévention des risques naturels et du patrimoine géologique, ce qui peut faire la différence pendant un événement en termes de sûreté.

Compte tenu des orientations du programme (donnant une grande place aux technologies de communication), de sa dimension éducative (sensibilisation au risque environnemental), de son contenu scientifique (géosciences), et de son importance à l'échelle régionale voire internationale (mise en réseau d'établissements scolaires), des initiatives sont prises par les équipes pédagogiques des établissements scolaires en collaboration étroite avec le monde de l'Université et de la Recherche. C'est le cas de la présente brochure qui traite le cas d'un tremblement de terre emblématique des régions concernées par O3E: le séisme d'Imperia – Menton du 23 février 1887. Les données rassemblées ici (archives, sismogrammes, dernières études océanographiques...) permettront aux élèves et à leurs enseignants d'aborder une étude de cas.

La presse est unanime, le tremblement de terre a affecté un large territoire de Gênes à Marseille, du littoral méditerranéen à la Suisse. De nombreux témoignages permettent de retracer comment la population a vécu cette catastrophe dans leurs lieux de vie.



Villa Molinari dans le Borriago (Collection Didier Moullin)

A **Menton**, par exemple, les dégâts ont été épouvantables. Il n'est pas une maison qui n'ait eu à souffrir des secousses. La panique fut générale. Selon la presse, dans la partie qui se trouve entre la gare et l'hôtel des Postes jusqu'à la mer, ce secteur a été le plus éprouvé. Il y a un grand nombre de maisons inhabitables qui menacent la sécurité publique. Il en est de même avec la partie haute de la vieille ville, qui est généralement assez mal construite. La belle avenue de la Gare semblait avoir subi un bombardement, aux abords du chemin de fer, aucune maison n'était intacte.

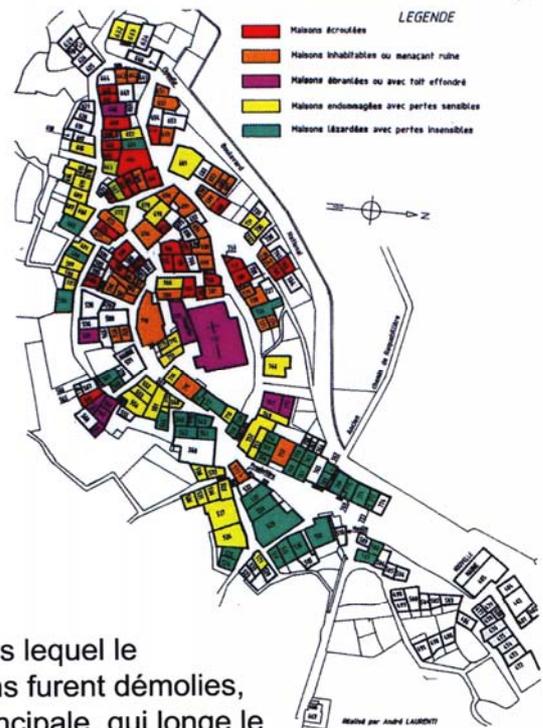
**Genova** aura moins souffert. Le tremblement de terre a surpris les danseurs en plein bal masqué. Une terrible panique s'ensuivit... les lustre oscillaient, beaucoup de chandelles se sont éteintes. Les rues se trouvèrent tout à coup, envahies par une foule d'habitants partie en hâte de leur lit. Plusieurs maisons s'écroulèrent et des familles se trouvèrent sans abri. Un retrait de la mer a été observé en plusieurs points du littoral, notamment à Genova. La ville aura donc été secouée avec violence par le tremblement de terre qui a produit quelques lésions dans un petit nombre de maisons. Une enquête systématique a permis d'évaluer l'intensité du séisme dans chaque ville et village (voir tableau ci contre).

### Des cas étranges...

**La Bollène-Vésubie**, à 50 km au Nord de Nice. Ce jour là, dans ce village de 741 habitants, la première secousse a été d'une intensité inouïe. Une quarantaine de maisons s'écroulèrent, d'autres se trouvèrent inhabitables ou plus ou moins lézardées. On déplorera deux morts et quelques blessés. Dans les archives communales, l'histoire retiendra que le tremblement de terre a sectionné le village en deux: une partie épargnée et l'autre fortement endommagée (sur un ensemble de 285 constructions, plus de 12% des constructions se sont écroulées, et plus de 26% se sont lézardées et fortement ébranlées: schéma ci contre).

### Albissola Marina, 5km à l'Est de Savona.

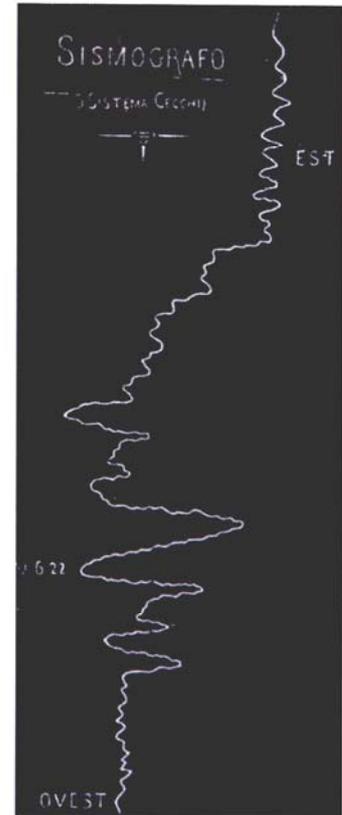
Albissola Marina est le point le plus oriental de la Côte dans lequel le tremblement de terre fut désastreux. Ici pas mal de maisons furent démolies, on déplore la mort de trois personnes le long de la voie principale, qui longe le bord de mer; et 10 blessés. Au niveau des édifices publics, l'asile enfantin a subi de graves dégâts. Le pays est fondé en partie sur un lit d'alluvions récents très mince, et en partie sur l'argile du Pliocène. Le village d'Albissola Supérieur, qui repose en partie, lui aussi sur des alluvions, a subi des dégâts seulement légers, ce qui lui donne une intensité plus faible qu'en bordure de mer. Toujours pour cette localité: Selon un état des dégâts publié en 1897 dans le mémoire de Giuseppe Mercalli; 55 maisons sont habitables, 118 habitables après réparation, 6 ruinées ou à démolir. Nombre de victimes: 3 morts – 10 blessés.



# MACROSISMIQUE

La Terre mise sur écoute...

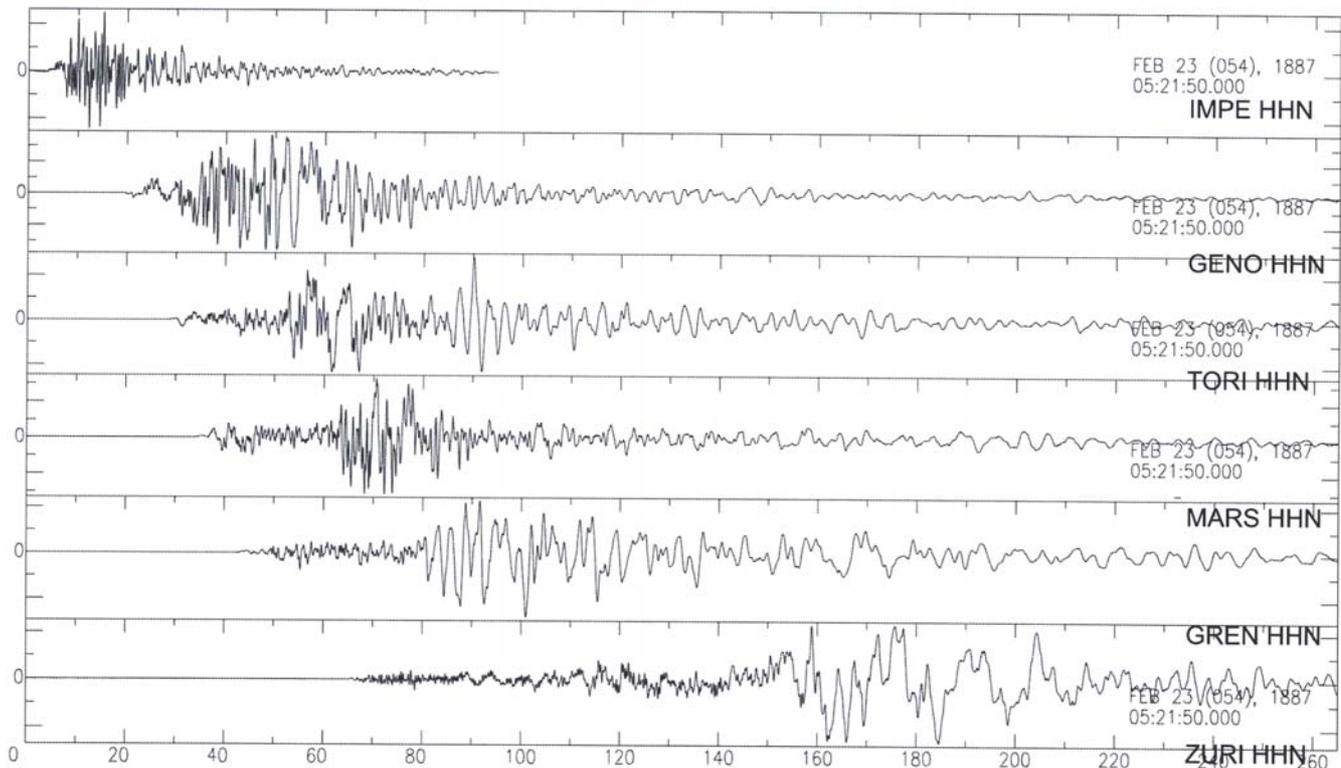
...sismique!



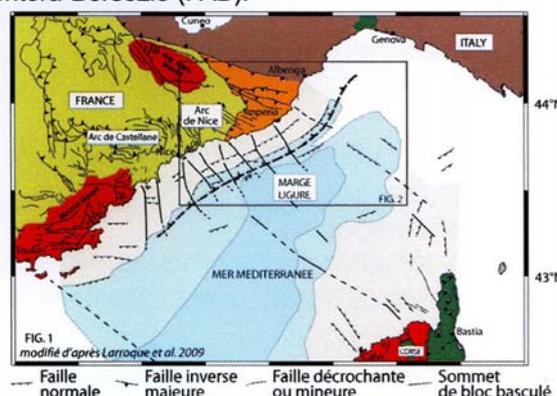
Villes	Intensité estimée
Grasse	VI
Marseille	V
Grenoble	IV
Nice	
Imperia	
Savona	VII
Genova	
Cuneo	VI
Torino	V
Lausanne	III
Menton	

A cette époque les observatoires de recherche ne disposent pas de nombreux sismomètres pour enregistrer l'activité sismique de la Terre. On a retrouvé cependant quelques enregistrements comme celui de l'observatoire de Moncalieri, près de Turin.

Aujourd'hui, on peut simuler les sismogrammes que l'on obtiendrait dans différentes villes si un tel séisme se reproduisait. Les sismogrammes prévisionnels pour différentes villes sont présentés ci-dessous. Pour ce faire nous nous sommes basés sur les vrais enregistrements du séisme de L'Aquila du 06/04/2009 de Magnitude 6.2.



Un des objectifs essentiels des projets de recherche actuels est de déterminer les sources sismiques potentielles à l'échelle des Alpes latines. Nous n'avons accès qu'à une information partielle. En effet, dans cette région, les séismes destructeurs n'ont que peu marqué la mémoire collective car ils sont rares. Par conséquent, ce sont principalement les analyses du terrain qui nous apportent les données permettant d'identifier les failles actives et les mécanismes de déformation. Durant les cent derniers millions d'années, l'évolution de l'Europe a été dominée par la convergence entre les plaques Afrique et Eurasie qui a entraîné la subduction de l'Océan Téthys puis la collision des continents. La région montre ainsi, dans sa structure actuelle, cette histoire géologique. De nombreuses failles découpent la région, certaines s'enracinent à la base de la couverture sédimentaire, vers un ou deux kilomètres de profondeur, comme les chevauchements frontaux des arcs de Nice et de Castellane; d'autres traversent le socle cristallin sur plusieurs kilomètres d'épaisseur comme la faille Argentera-Bersezio (FAB).



A terre, la région d'étude comprend les domaines géologiques suivants:

- Le Massif de l'Argentera, avec ses hauts sommets de 3200 m. Quelques indices de déformations récentes y ont été signalés.

- Les arcs de Nice et de Castellane. Des études géologiques ont permis de mettre en évidence des déformations récentes significatives.

En mer, la structure de la zone Ligure est constituée par:

- La marge continentale nord ligure, très étroite avec un plateau qui est réduit à quelques centaines de mètres. La déformation active de cette zone est connue depuis longtemps.

- La partie centrale (environ 2500 m sous le niveau des mers) est océanique et relativement plate.

- La marge continentale sud ligure borde le bloc corso-sarde au nord.

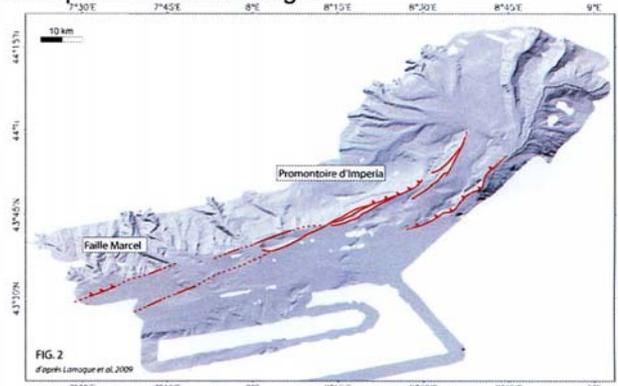
La région Alpes du Sud – Bassin Ligure est une des plus sismiques d'Europe occidentale. Par exemple, entre janvier 1980 et mars 2008, le catalogue de sismicité du Bureau Central Sismologique Français répertorie sur cette zone 5717 séismes. Durant les mille dernières années et jusqu'à 1920, le sud-est de la France et le nord-ouest de l'Italie ont subi 58 séismes historiques répertoriés. Au moins deux de ces séismes ont causé des pertes importantes en vies humaines et des dégâts majeurs. L'un des deux est le séisme Ligure (23 février 1887,  $I=X$  MCS), pour lequel une magnitude équivalente de 6.5-6.7 est proposée. C'est donc un endroit particulièrement important pour rechercher des traces de ces deux événements et probable

ment celles d'autres séismes anciens. De nombreuses campagnes de géophysique marine ont été consacrées à la connaissance des structures de la marge et à son dynamique. Pour analyser la morphologie de la marge nord ligure, nous avons mis au point le projet de campagne MALISAR dont les objectifs principaux sont:

- d'étudier la morphologie de la marge pour caractériser les déformations récentes et actives;
- de déterminer si des structures potentiellement actives mises en évidence à terre se prolongent sur la marge;
- de caractériser les glissements sous-marins et leur relation éventuelle avec les déformations.

L'analyse préliminaire des données des campagnes MALISAR a fait apparaître de nombreux éléments nouveaux:

- les glissements sous-marins affectent l'essentiel de la marge dans la partie ouest mais d'une manière générale, le degré de déstabilisation (visible en surface) de la pente continentale tend à diminuer vers l'est;
- certains glissements sont situés sur des zones de tectonique active, comme la zone épiscopale de l'événement de 1887;
- des structures de direction N70°E, obliques à la direction de la marge forment des escarpements en échelons dans le bassin et certains de ces escarpements se prolongent sur la pente; Nous présentons brièvement deux points particuliers qui sont en relation avec la déformation active de la marge: l'escarpement situé en pied de pente au large de Nice (la faille «Marcel») et le grand promontoire d'Imperia sur la partie est de la marge.



### 1) La faille Marcel

Les séismes de 1986 (MI=3.8), 1989 (MI=4.5) et 2001 (MI=4.6) sont situés au pied de la pente continentale, environ 30 km au sud de Nice. Cette zone, à l'ouest du canyon de la Roya, est traversée par un des escarpements obliques à la marge. L'escarpement de direction NE-SW mesure une trentaine de mètres de hauteur et il est continu sur plus de 10 km

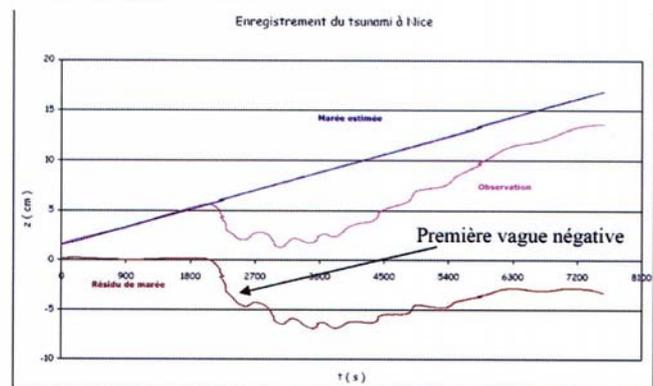
### 2) Le promontoire d'Imperia

La partie est de la marge nord ligure (à l'est de 8°10'E) est plus étendue vers le bassin et sa pente est moins raide que celle de la partie ouest. Elle est dominée par un promontoire qui s'étend sur environ 40 km entre 8°10'E et 8°35'E. Comme dans la partie ouest, la partie supérieure de la pente est fortement incisée par des canyons, cependant ces canyons ne suivent pas une trajectoire directe vers le bassin mais ils sont largement déviés vers l'Est.

## ces du séisme de 1887

Une vingtaine de minutes après le choc principal du séisme d'Imperia (5:21:50 GMT) de nombreux témoignages ont rapporté des mouvements de la mer sur le littoral et ceux-ci ont été enregistrés par les marégraphes de Gênes et de Nice. La cartographie de ces mouvements permet de montrer qu'un tsunami d'importance régionale, avec des runup (amplitude du tsunami à son contact avec la côte) de 2 m au maximum, s'est produit mais qu'il n'a pas été généralisé à l'ensemble de la Méditerranée occidentale. Les indices se situent essentiellement sur le littoral nord, ce qui est cohérent avec un épocentre proche de la côte franco-italienne.

Dans le graphique ci-après,  $t=0$  correspond au moment du séisme, c'est-à-dire 5h21 à Nice soit 6h21 à Gênes. Sur le marégramme de Gênes, l'amplitude du tsunami n'excède pas 40 cm. La première vague qui arrive au niveau du marégraphe de Gênes est une vague positive, elle arrive 1250 s après le séisme soit 21 min. Sur le marégramme de Nice, l'amplitude du tsunami est comprise entre 5 et 10 cm. La première vague qui arrive au niveau du marégramme est une vague négative, elle arrive 1930 s après le séisme soit 32 min.



Une simulation du tsunami a été réalisée en testant plusieurs scénarii afin de reproduire le déclenchement la propagation et l'inondation du tsunami du 23 février 1887.

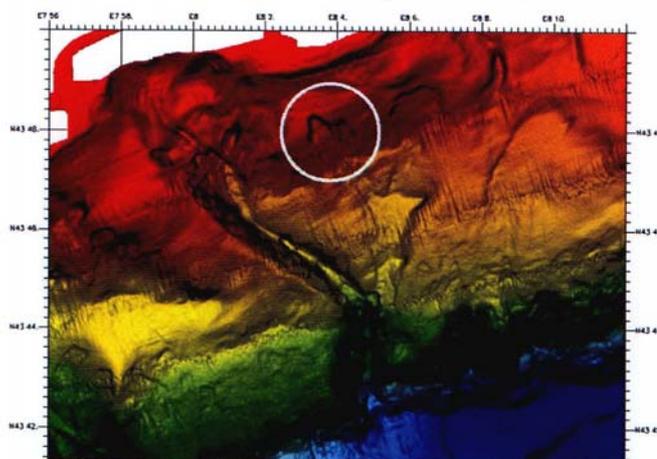
Dans le premier scénario, on considère que le séisme est à l'origine d'un glissement sous-marin et on cherche à tester si le volume déplacé par le glissement est suffisant pour générer le tsunami observé. Les tests ont été réalisés en faisant glisser les volumes de chacun des glissements séparément et en les combinant. Dans les simulations réalisées, ni la séquence, ni la période, ni l'amplitude des vagues observées n'ont pu être reproduites. On peut donc exclure une source purement gravitaire comme origine du tsunami de 1887.

D'autres scénarii, fondés sur un mouvement en faille produisent des résultats cohérents avec les observations mais ce travail doit être considéré comme préliminaire. Les éléments communs qui ressortent sont un hypocentre situé à au moins 10 km de profondeur, une faille d'au moins 45 km de longueur orientée parallèlement à la côte et le soulèvement ou la subsidence d'un bloc d'au moins 10 km de largeur.

Tous les séismes de magnitude de l'ordre de 6.5 ne produisent pas nécessairement des ruptures en surface.

Néanmoins, la profondeur proposée pour le séisme de 1887 est assez superficielle pour que des traces de rupture en surface soient recherchées. L'analyse préliminaire des données de la campagne MALISAR n'a pas permis de mettre en évidence des structures indiscutablement produites cet événement. Mais les structures décrites précédemment, la faille Marcel et les failles limitant le promontoire d'Imperia, constituent un ensemble de failles en échelon dont certains segments ont été activés récemment. Au stade actuel il n'est pas possible de conclure si un ou plusieurs segments des failles repérées ont été activés ou non durant l'événement de 1887.

Dans la zone épocentrale, les données de la campagne MALISAR, effectuée en août 2006, révèlent la présence de deux niches d'arrachement qui correspondent aux cicatrices de glissements de terrain. Ces glissements ne sont pas datés mais la morphologie des niches et le peu de sédiments déposés sur le mur semblent indiquer qu'ils sont récents. Etant donné qu'ils se situent dans la zone épocentrale de 1887, on peut envisager qu'ils pourraient être une des conséquences possibles du séisme qui aurait déstabilisé les sédiments déposés sur le haut de la pente continentale. Malgré tout, si le glissement à lui seul s'avère non générateur du tsunami, cela ne signifie pas que le glissement ne s'est pas produit à la suite du séisme, en effet il resterait à envisager le cas où le tsunami est généré par l'ensemble séisme et glissement sous-marin.



Les différents résultats obtenus lors de ce travail nous permettent de caractériser la source la plus probable du séisme qui a eu lieu le 23 février 1887 dans le bassin Ligurien. Plusieurs structures potentielles ont pu être mises en évidence. Parmi les structures majeures: un système de failles situé au Sud d'Imperia, en pied de pente; des niches d'arrachement en haut de pente. Ces glissements sous-marins ne sont pas datés, ils pourraient être potentiellement de 1887. Les différentes modélisations de sources sismiques permettent donc de conclure que la source la plus probable est une faille normale à pendage Sud.

(d'après Ch. Larroque, 2009)

Référence bibliographique :

Larroque, C., Delouis, B., Godel, B. & Nocquet J.-M. 2009. Active deformation at the southwestern 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.

**Projet éditorial:** Scienza Express

**Responsable éditorial:** Luciano Celi

**Coordination et supervision pour le projet O3E:** J.-L. Berenguer

**Textes, cartes et documents:** Jean-Luc Berenguer, Emmanuel Baroux, André Laurenti, Christophe Larroque, Françoise Courboux, Stefano Solarino, Jessica Leputh, Jérôme Salichon, Jenny Trevisan, Noric Simonetti, Sébastien Migeon

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

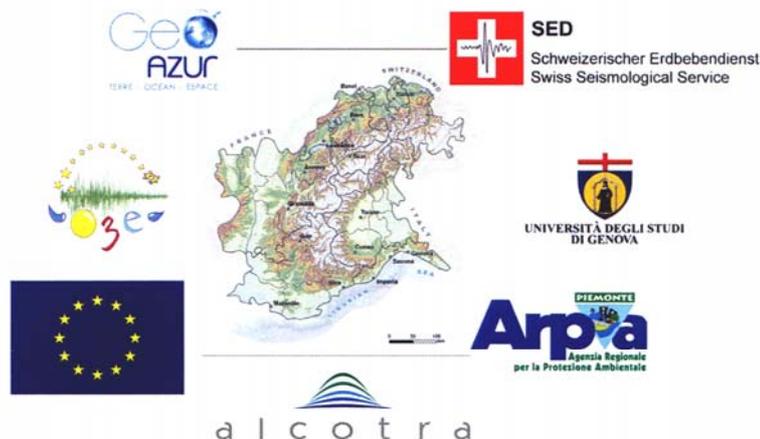
**Projet graphique:** Giuliana Fusco

**Programme Alcotra avec le soutien de :**  
CG 06, Région PACA, DIREN PACA, Sciences à l'École

[www.edurisk.it](http://www.edurisk.it) [O3E.geoazur.eu](http://O3E.geoazur.eu) [www.ingv.it](http://www.ingv.it) [www.formicablu.it](http://www.formicablu.it) [www.interr-alcotra.org](http://www.interr-alcotra.org)



formicablu  
la comunicazione  
ha una traccia



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

#### **Partenaires**

**France:** Géosciences Azur, Rectorat Académie de Nice, Rectorats d'Aix Marseille, de Grenoble.

**Italie:** Uni. degli Studi di Genova, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ARPA Piemonte, Education Ligurie, Piemont.

**Suisse:** ETH Zurich, Département de l'Education pour les cantons concernés.