



Tsunamis en Nouvelle-Calédonie

État d'avancement du projet TSUCAL

Jean ROGER, Jérôme AUCAN, Bernard PELLETIER,
Jérôme LEFEVRE, Bruce THOMAS

Comité Utilisateurs de l'Observatoire du Littoral de Nouvelle-Calédonie,
Gouvernement de Nouvelle-Calédonie, 22 novembre 2019

Carte d'identité du projet TSUCAL

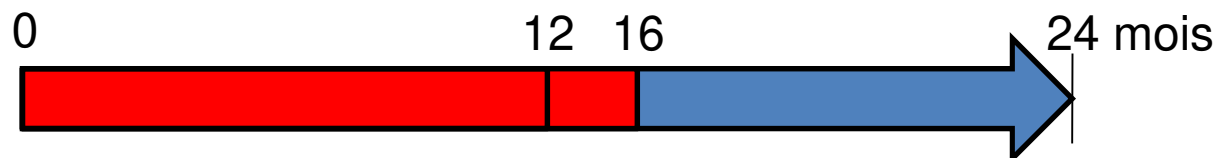
Nom : **TSUCAL** (*Tsunami en Nouvelle-Calédonie*)

Porteur du projet : IRD Centre de Nouméa

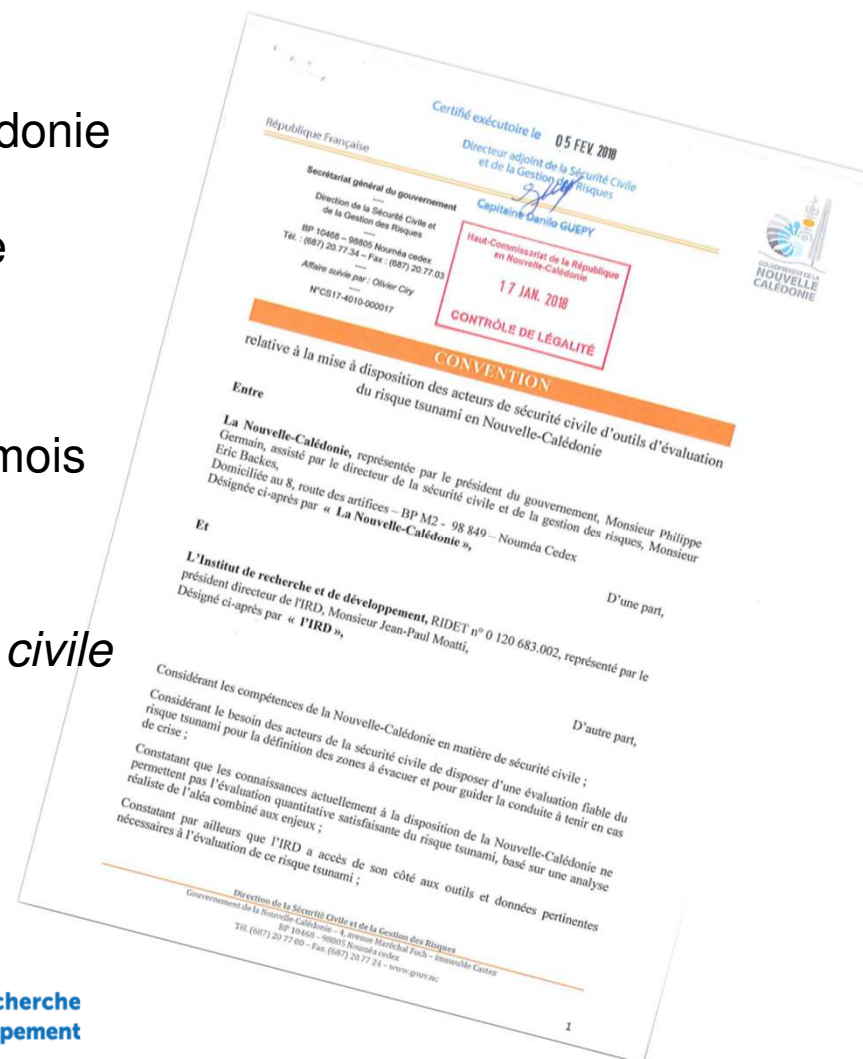
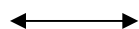
Convention avec le Gouvernement de Nouvelle-Calédonie

Financement : Gouvernement de Nouvelle-Calédonie

Durée : 2 ans

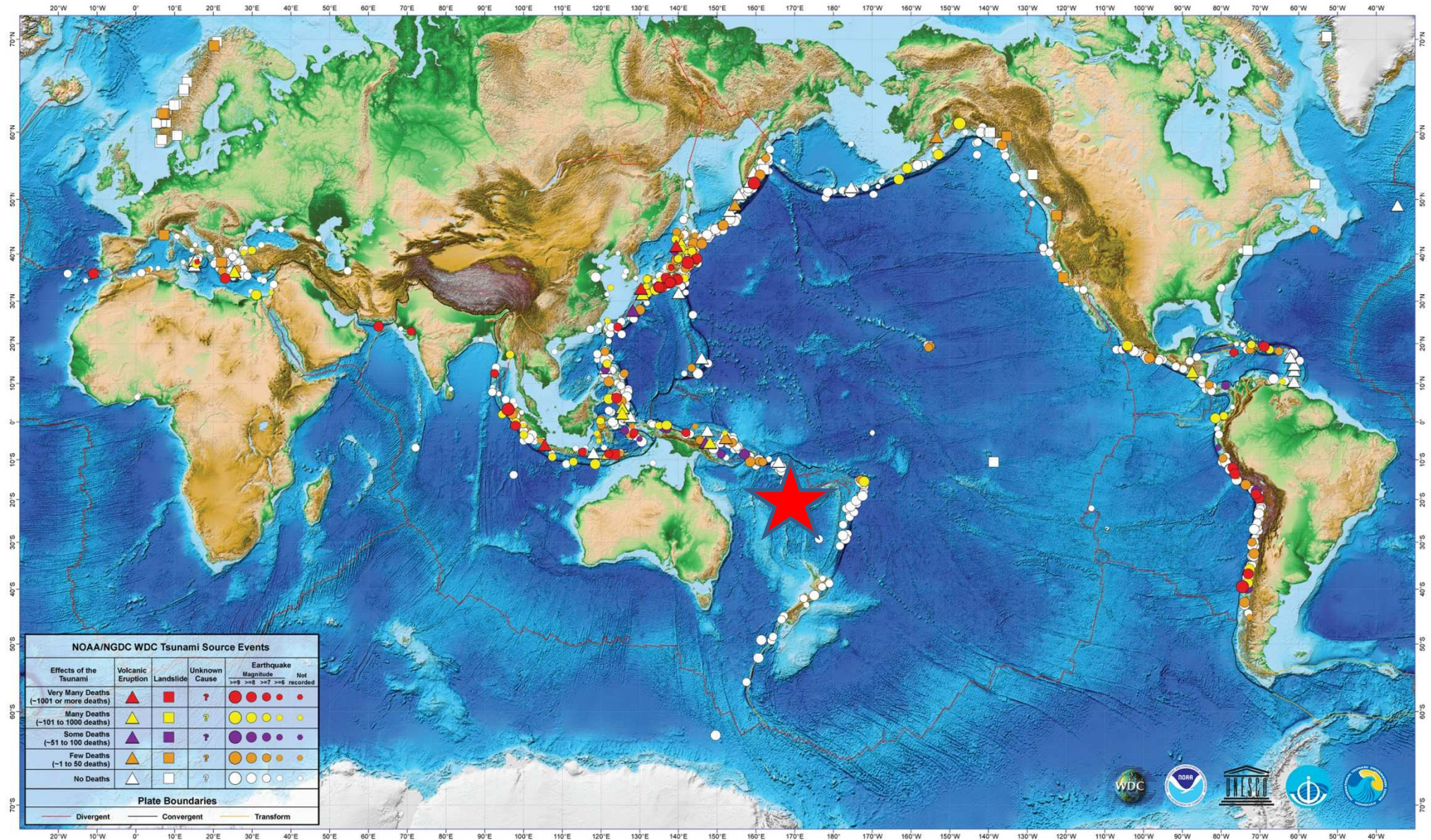


QUID ? « *Mise à disposition des acteurs de sécurité civile d'outils d'évaluation du risque tsunami en Nouvelle-Calédonie* »

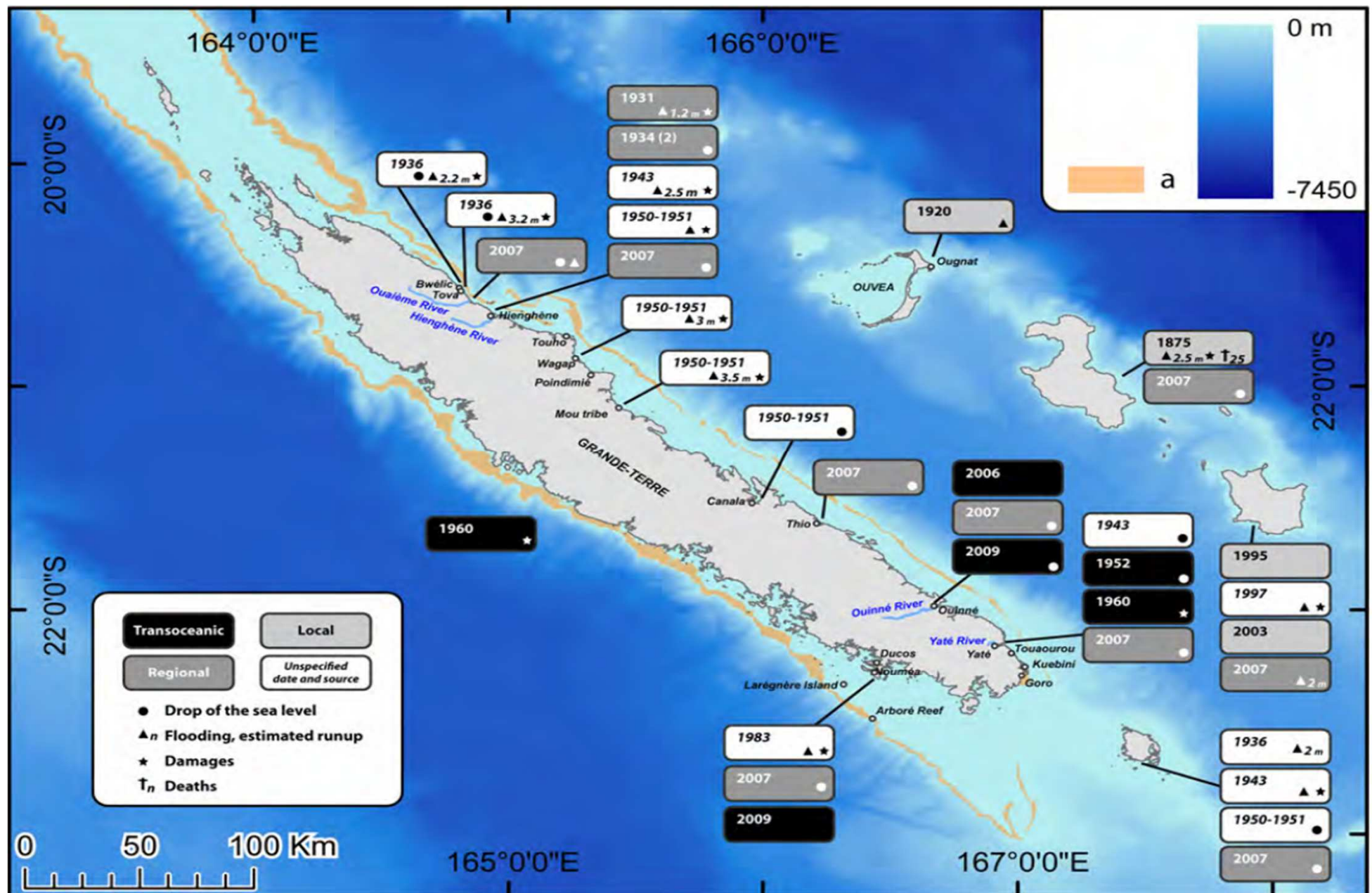


Les tsunamis dans l'océan Pacifique

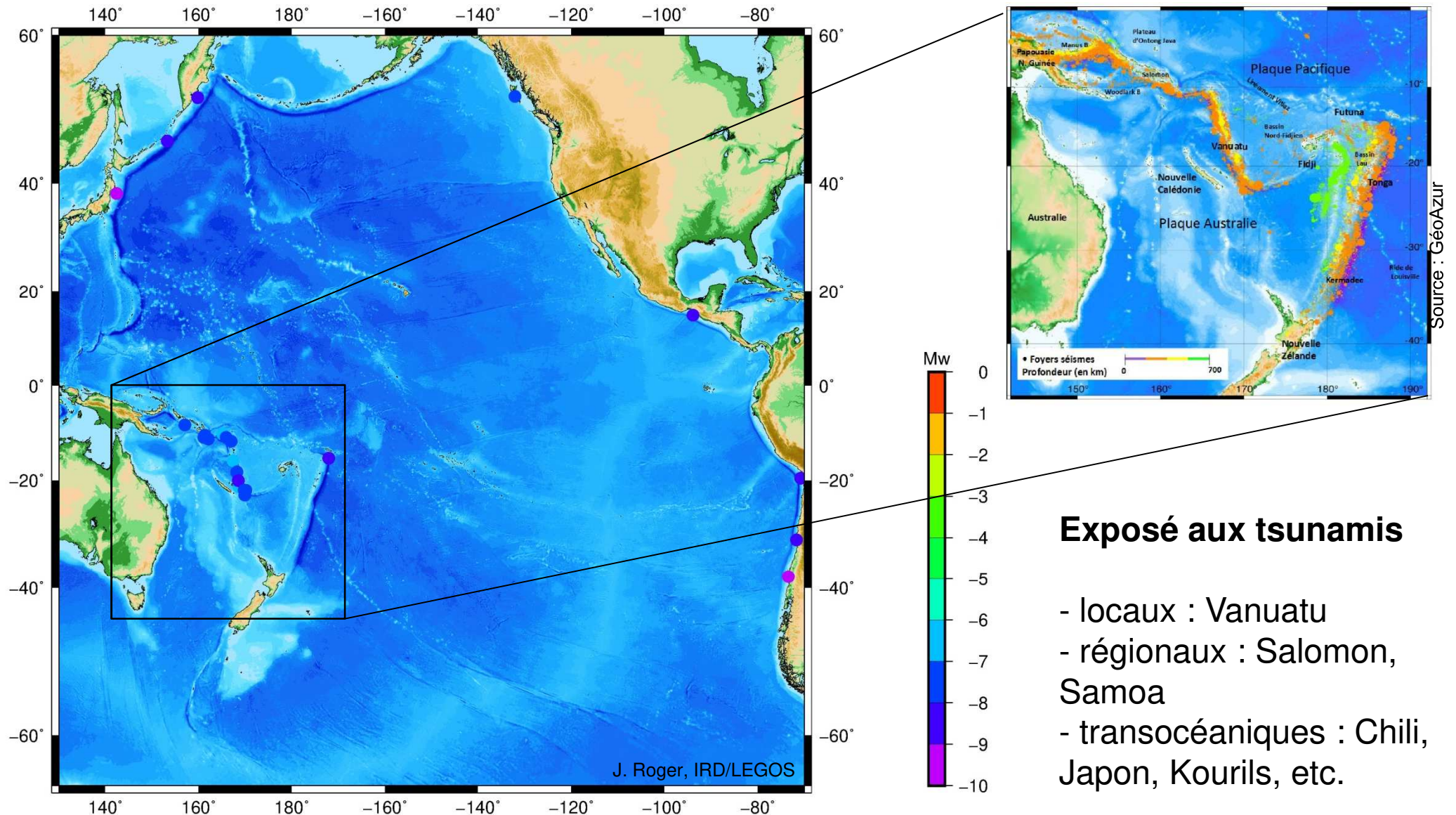
Tsunami Sources 1410 B.C. to A.D. 2011 from Earthquakes, Volcanoes, Landslides, and Other Causes



Zoom sur la Nouvelle-Calédonie

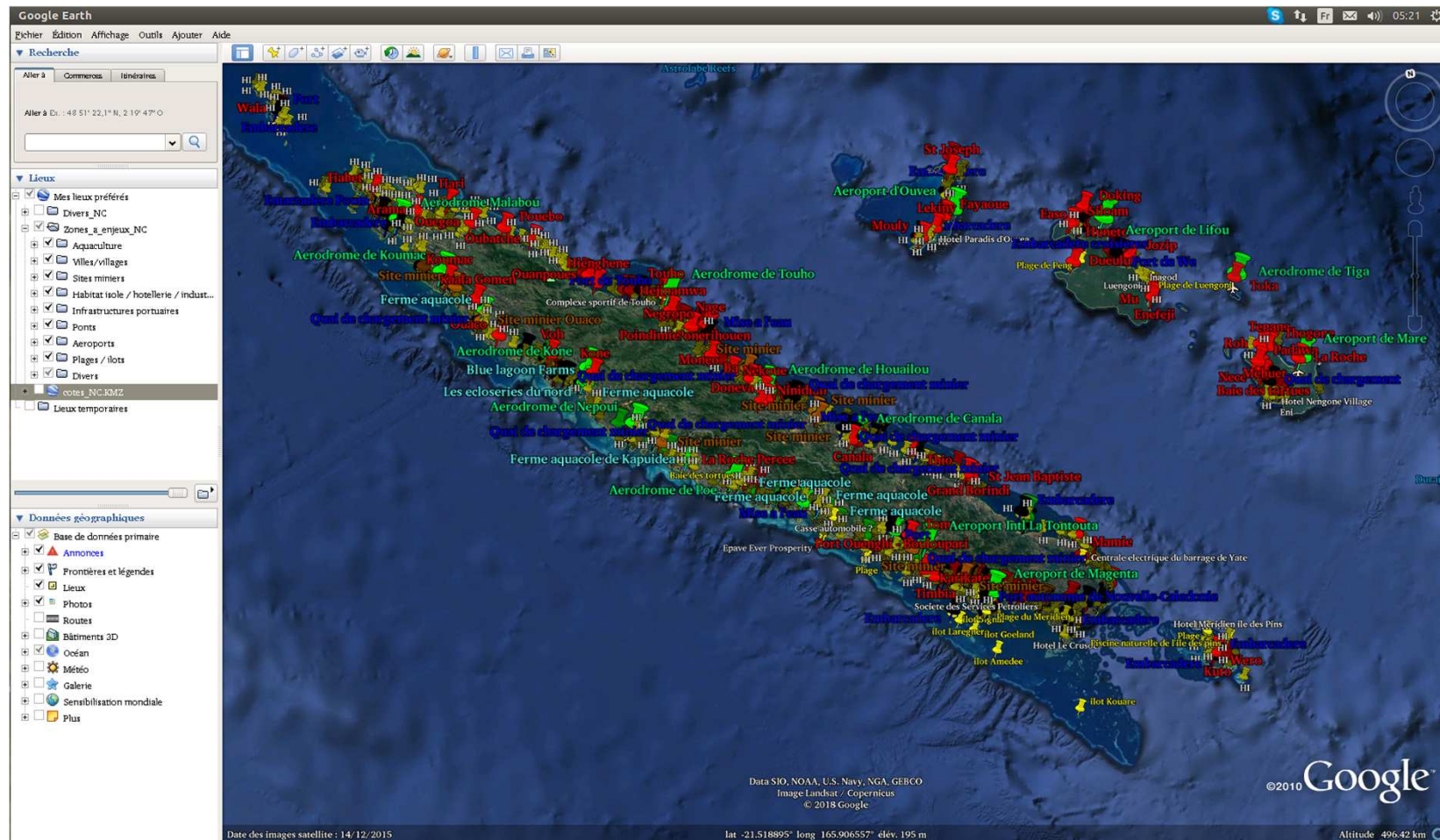


Exposition de la Nouvelle-Calédonie à l'aléa tsunami d'origine sismique



Quels sont les enjeux ?

- Populations côtières (97 % dans la frange littorale < 100 m d'altitude)
- Industries : énergie, secteur miniers, aquaculture, etc.
- Voies de communication (Maritime, aérien, routier)
- Tourisme (> 100000/an – 120000 en 2017) + croisières (> 400000/an)



En Nouvelle-Calédonie

- Un certain nombre de mesures ont déjà été mises en place :
 - **ORSEC TSUNAMI**
 - **Système d'alerte aux tsunamis** qui reçoit en temps réel les notifications de l'Observatoire sismologique de Nouvelle-Calédonie et du PTWC (Hawaii) et dispose de 61 sirènes réparties sur tout le territoire
→ évacuation générale au dessus de 12 m

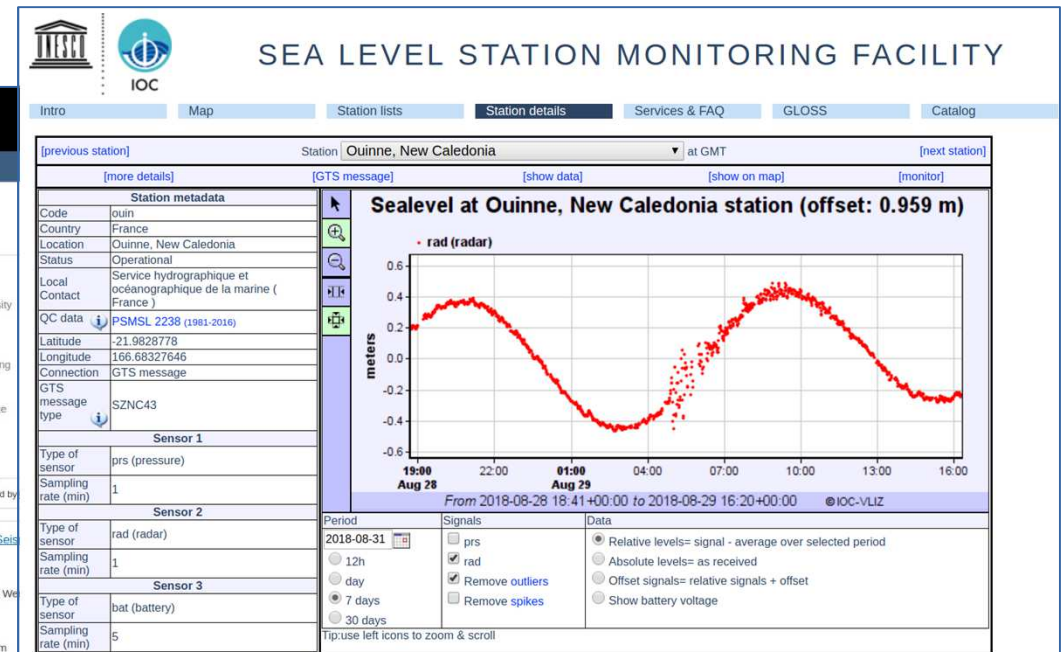
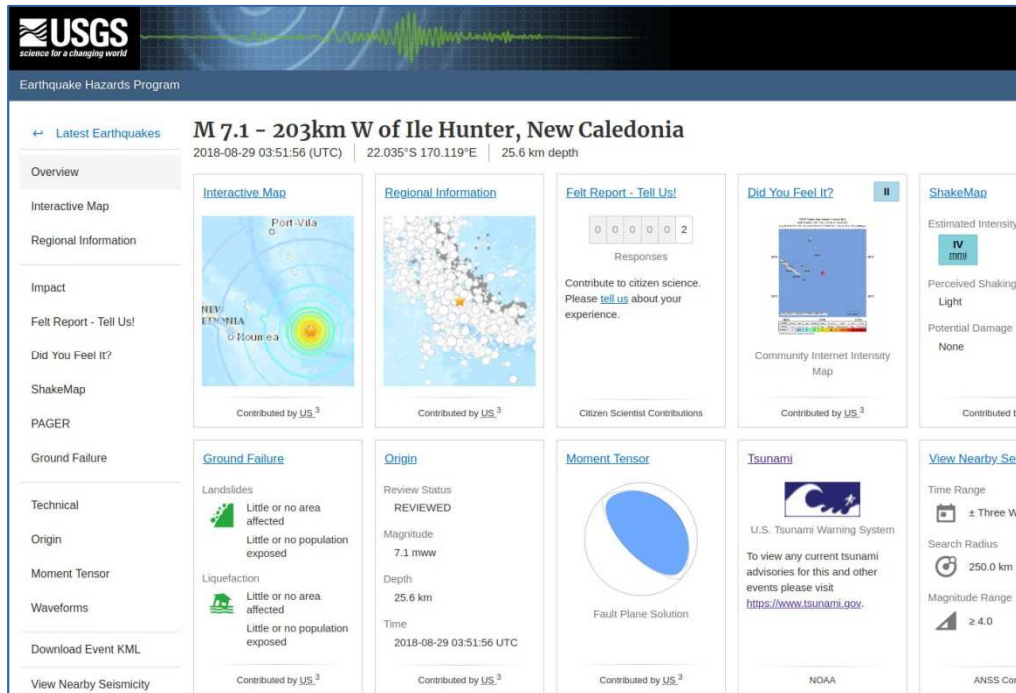


Objectifs du projet

- Connaissance approfondie de l'aléa tsunami en Nouvelle-Calédonie
 - tsunamis historiques: mise à jour du catalogue
- Préparation de cartes d'aléa basées sur des scénarii potentiels
 - détermination des zones dites « à risques »
- Préparation de cartes statiques pour l'évacuation verticale
 - adaptation des procédures d'évacuation en fonction de la zone considérée (Loyauté, côte est et côte ouest Grande Terre)

Les moyens pour le projet

- Catalogue de tsunamis ayant affectés la NC (Sahal et al., 2010)
- Enregistrements marégraphiques
- Connaissances géologiques des sources sismiques
- Données bathymétriques et topographiques
- Outils de modélisation numérique
- Outils S.I.G.



Les étapes du projet

- Mise à jour du catalogue des tsunamis ayant été rapportés et/ou enregistrés en Nouvelle-Calédonie: → connaissance de l'aléa tsunami en NC
- Collecte de tous les jeux de données bathymétriques et topographiques disponibles en NC: → préalable à la fabrication d'un MNT
- Préparation d'un MNT couvrant la ZEE de NC pour les modélisations: → nécessaire pour les modélisations de tsunamis
- Validation du code de modélisation de tsunamis MOST (NOAA/PMEL) avec les événements historiques: → préalable aux modélisations des scénarii possibles
- Localisation de la population : → modélisations haute définition
- Modélisation des scénarii de tsunami: → évaluation de l'aléa en NC
- Préparation des cartes d'aléa avec les scénarii modélisés: → documents opérationnels

Le catalogue 2.0

- Roger et al. (2019)
- Méthodologie utilisant les données sismiques, le catalogue de tsunamis de NGDC/NOAA, les alertes du PTWC et les enregistrements marégraphiques des stations de NC
- 37 tsunamis d'origine sismique en NC depuis 1875 (25 nouveaux et 12 provenant de Sahal et al. (2010))
- Ajouts de mini-tsunamis (< 50 cm): 20/25
- La côte est, l'île des Pins et les Loyauté particulièrement exposées

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 19, 1471–1483, 2019
<https://doi.org/10.5194/nhess-19-1471-2019>
© Author(s) 2019. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Natural Hazards
and Earth System
Sciences



Update of the tsunami catalogue of New Caledonia using a decision table based on seismic data and marigraphic records

Jean Roger¹, Bernard Pelletier², and Jérôme Aucan¹

¹LEGOS, Institut de Recherche pour le Développement, 101, Promenade Roger Laroque,
BP A5 98848 Nouméa CEDEX, France

²GEOAZUR, Institut de Recherche pour le Développement, 101, Promenade Roger Laroque,
BP A5 98848 Nouméa CEDEX, France

Correspondence: Jean Roger (jeanrog@hotmail.fr)

Received: 8 February 2019 – Discussion started: 26 February 2019

Revised: 11 June 2019 – Accepted: 21 June 2019 – Published: 22 July 2019

Abstract. Fourteen years ago, the 26 December 2004 Indian Ocean tsunami demonstrated the destructional capability of tsunamis to the entire world. Since then, many research programs have been initiated to try to understand the phenomenon and its related hazards better and to improve the early warning systems for exposed coastal populations. Pacific Islands Countries and Territories (PICTs) are especially vulnerable to tsunamis. Amongst them, New Caledonia is a French overseas territory located in the Southwest Pacific and exposed to several tsunami sources. In 2010, a catalogue of tsunamis that were visually observed or measured in New Caledonia was published. Since this first study, several events occurred between 2009 and 2019, and an update of this catalogue was necessary within the framework of a tsunami hazard assessment project in New Caledonia (TSUCAL). To complete this catalogue, a decision table has been designed to select potential tsunamigenic events within the USGS earthquake database, using criteria on the distance to New Caledonia, the magnitude and the hypocenter depth. Then a cross-comparison between these earthquakes, the NOAA National Geophysical Data Center (NGDC) tsunami catalogue and local tide gauge records provided 25 events that were recorded in New Caledonia for the period from 30 September 2009 to 10 January 2019. These events are added to the 12 events reported with certainty during previous studies, leading to a number of 37 tsunamis triggered by earthquakes reported or recorded in New Caledonia since 1875. Six of them have been identified only thanks to local tide gauges, supporting the fact that instrumental recording of tsunamis is paramount for tsunami hazard studies, from early warning to the valida-

tion of coastal models. In addition, unpublished tide gauge data are provided for the 1960 Chile tsunami.

1 General settings

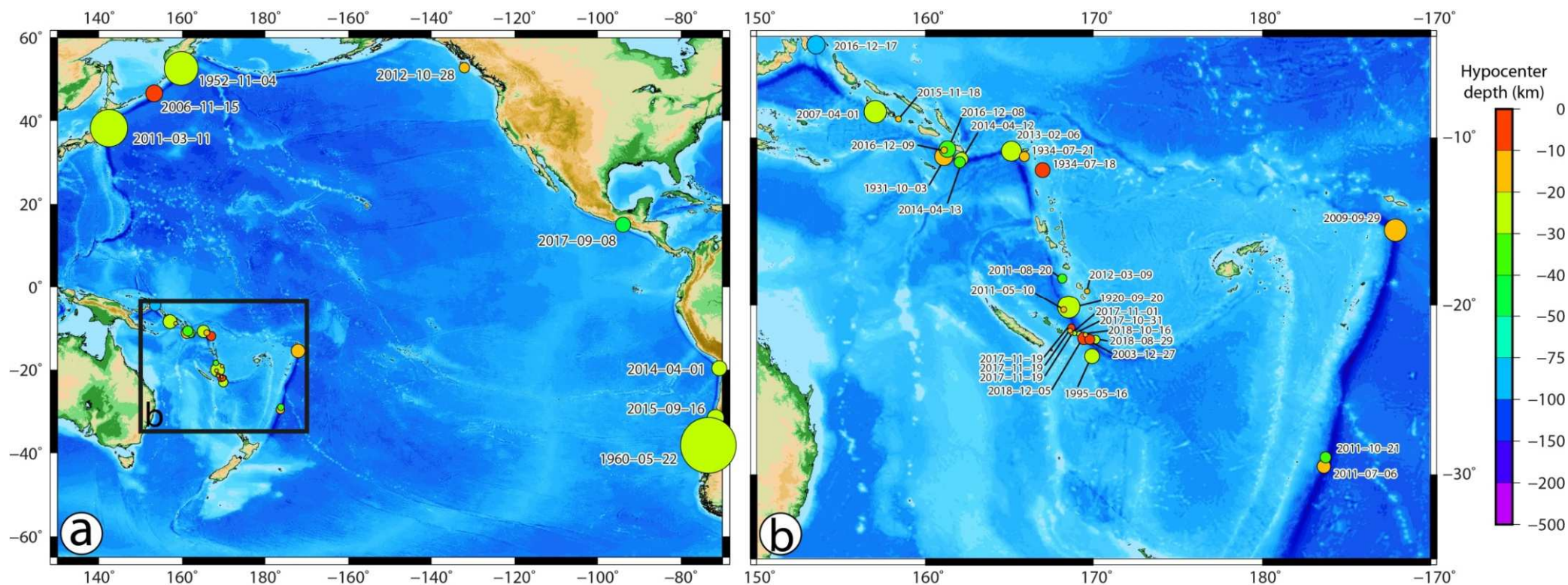
New Caledonia is located ~200 km of the Vanuatu subduction zone in the Southwest Pacific Ocean between Australia and Vanuatu (Fig. 1). This subduction zone is part of the Pacific–Australian (P–A) plates' boundary that runs from New Zealand to the south to Papua New Guinea to the north. Along this boundary the convergence rate between the Australian and Pacific plates has been estimated to 60–120 mm yr^{−1} (De Mets et al., 2010). However due to several microplates being located between the two major plates and due especially to back-arc spreading, convergence rates at trenches can largely exceed the P–A motion, and these rates were measured as being up to 17 cm yr^{−1} in northern Vanuatu and 24 cm yr^{−1} in northern Tonga (Pelletier and Louat, 1989; Bevis et al., 1995; Pelletier et al., 1998; Calmant et al., 2003). Over the past decades, this convergence zone has clearly demonstrated its ability to generate strong shallow earthquakes. Moment magnitude does not exceed 8.2 according to the USGS catalogue, but events with magnitude above 8.2 are possible due to both the size of subduction segments and the very rapid relative plate motion.

New Caledonia is an archipelago that was originally populated by Austronesians circa 3000 years ago (Fomstier, 1994). It was discovered by Europeans on 4 September 1774 (Favre, 1950). But according to the same author, foreigners

Le catalogue 2.0

Table 2. 25 tsunamis recorded in New Caledonia (NC) between 30 September 2009 and 10 January 2019. The six last events were not reported as tsunamigenic in the NOAA NGDC catalogue.

	Earthquake time	Longitude (°)	Latitude (°)	Magnitude (M_w)	Hypocenter depth (km)	Location (subduction zones)	USGS ID	Distance to NC center (km)	Observed maximum amplitude (cm)
NOAA	11 Mar 2011, 05:46:24.120Z	142.373	38.297	9.1	29.0	Japan	official20110311054624120_30	7089	100 (Ouinné)
NGDC/WDS	6 Jul 2011, 19:03:18.260Z	183.660	−29.539	7.6	17.0	Kermadec	usp000j48h	1959	20 (Ouinné)
Global	20 Aug 2011, 16:55:02.810Z	168.143	−18.365	7.2	32.0	Vanuatu (southern)	usp000j6r4	368	25 (Ouinné)
Historical	21 Oct 2011, 17:57:16.100Z	183.762	−28.993	7.4	33.0	Kermadec	usp000j9nm	1945	10 (Ouinné)
Tsunami	28 Oct 2012, 03:04:08.820Z	227.899	52.788	7.8	14.0	Cascadia	usp000juhZ	10 142	5 (Hienghène)
Database	6 Feb 2013, 01:12:25.830Z	165.114	−10.799	8	24.0	Vanuatu (northern)	usc000f1s0	1171	120 (Ouinné/Hienghène)
	1 Apr 2014, 23:46:47.260Z	289.231	−19.610	8.2	25.0	Chile	usc000nzvd	12 326	20 (Ouinné)
	12 Apr 2014, 20:14:39.300Z	162.148	−11.270	7.6	22.6	Solomon	usc000phx5	1201	10 (Ouinné/Hienghène)
	13 Apr 2014, 12:36:19.230Z	162.051	−11.463	7.4	39.0	Solomon	usc000piqj	1185	15 (Ouinné/Hienghène)
	16 Sep 2015, 22:54:32.860Z	288.326	−31.573	8.3	22.4	Chile	us20003k7a	11 497	40 (Ouinné)
	8 Dec 2016, 17:38:46.280Z	161.327	−10.681	7.8	40.0	Solomon	us20007z80	1296	70 (Hienghène)
	9 Dec 2016, 19:10:06.840Z	161.132	−10.749	6.9	19.7	Solomon	us20007z1q	1298	10 (Hienghène)
	17 Dec 2016, 10:51:10.500Z	153.522	−4.505	7.9	94.5	PNG	us200081v8	2328	10 (Hienghène)
	8 Sep 2017, 04:49:19.180Z	266.101	15.022	8.2	47.4	Mexico	us2000ahv0	11 598	15 (Ouinné)
	31 Oct 2017, 00:42:08.720Z	169.148	−21.697	6.7	24.0	Vanuatu (southern)	us1000aytk	286	30 (Ouinné)
	1 Nov 2017, 02:23:57.670Z	168.858	−21.648	6.6	22.0	Vanuatu (southern)	us1000azjt	255	15 (Ouinné)
	19 Nov 2017, 22:43:29.250Z	168.671	−21.325	7	10.0	Vanuatu (southern)	us2000brlf	232	70 (Ouinné)
	29 Aug 2018, 03:51:56.100Z	170.126	−22.029	7.1	21.4	Vanuatu (southern)	us1000gjaz	392	40 (Ouinné)
	5 Dec 2018, 04:18:08.410Z	169.418	−21.956	7.5	10.0	Vanuatu (southern)	us1000i2gt	319	200 (Isle of Pines)
Local tide gauges only	10 May 2011, 08:55:08.930Z	168.226	−20.244	6.8	11.0	Vanuatu (southern)	usp000j1a8	218	5 (Ouinné)
	9 Mar 2012, 07:09:50.950Z	169.613	−19.125	6.7	16.0	Vanuatu (southern)	usp000jfbj	408	10 (Ouinné)
	18 Nov 2015, 18:31:04.570Z	158.422	−8.899	6.8	12.6	Solomon	us10003zcp	1620	20 (Ouinné)
	19 Nov 2017, 09:25:48.730Z	168.673	−21.638	6.3	14.0	Vanuatu (southern)	us2000brbk	236	10 (Ouinné)
	19 Nov 2017, 15:09:02.880Z	168.598	−21.503	6.6	13.0	Vanuatu (southern)	us2000brgk	226	15 (Ouinné)
	16 Oct 2018, 01:03:43.580Z	169.522	−21.743	6.5	17.0	Vanuatu (southern)	us1000hclz	325	10 (Ouinné)

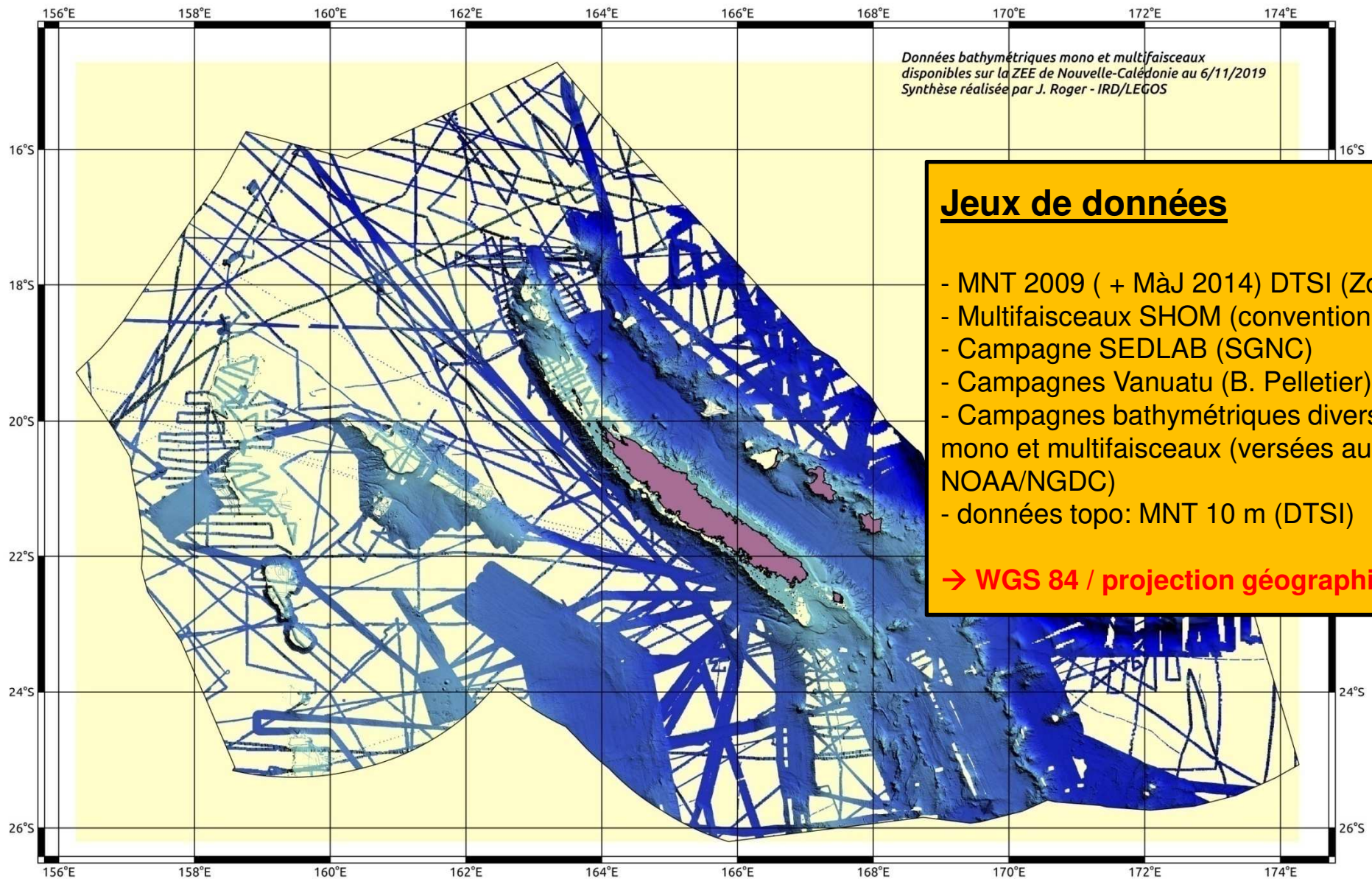


- Mise à jour du catalogue: ✓
- 37 évènements d'origine sismique répertoriés depuis 1875
- des sources locales, régionales et lointaines

Les étapes du projet

- Mise à jour du catalogue des tsunamis ayant été rapportés et/ou enregistrés en Nouvelle-Calédonie: ✓ (publié: Roger et al., 2019, NHESS)
- Collecte de tous les jeux de données bathymétriques et topographiques disponibles en NC:
- Préparation d'un MNT couvrant la ZEE de NC pour les modélisations:
- Validation du code de modélisation de tsunamis MOST (NOAA/PMEL) avec les événements historiques:
- Localisation de la population :
- Modélisation des scénarii de tsunami:
- Préparation des cartes d'aléa avec les scénarii modélisés:

Collecte des données bathymétriques



Jeux de données

- MNT 2009 (+ MàJ 2014) DTSl (Zonéco)
- Multifaisceaux SHOM (convention 2019)
- Campagne SEDLAB (SGNC)
- Campagnes Vanuatu (B. Pelletier)
- Campagnes bathymétriques diverses mono et multifaisceaux (versées au NOAA/NGDC)
- données topo: MNT 10 m (DTSl)

→ WGS 84 / projection géographique

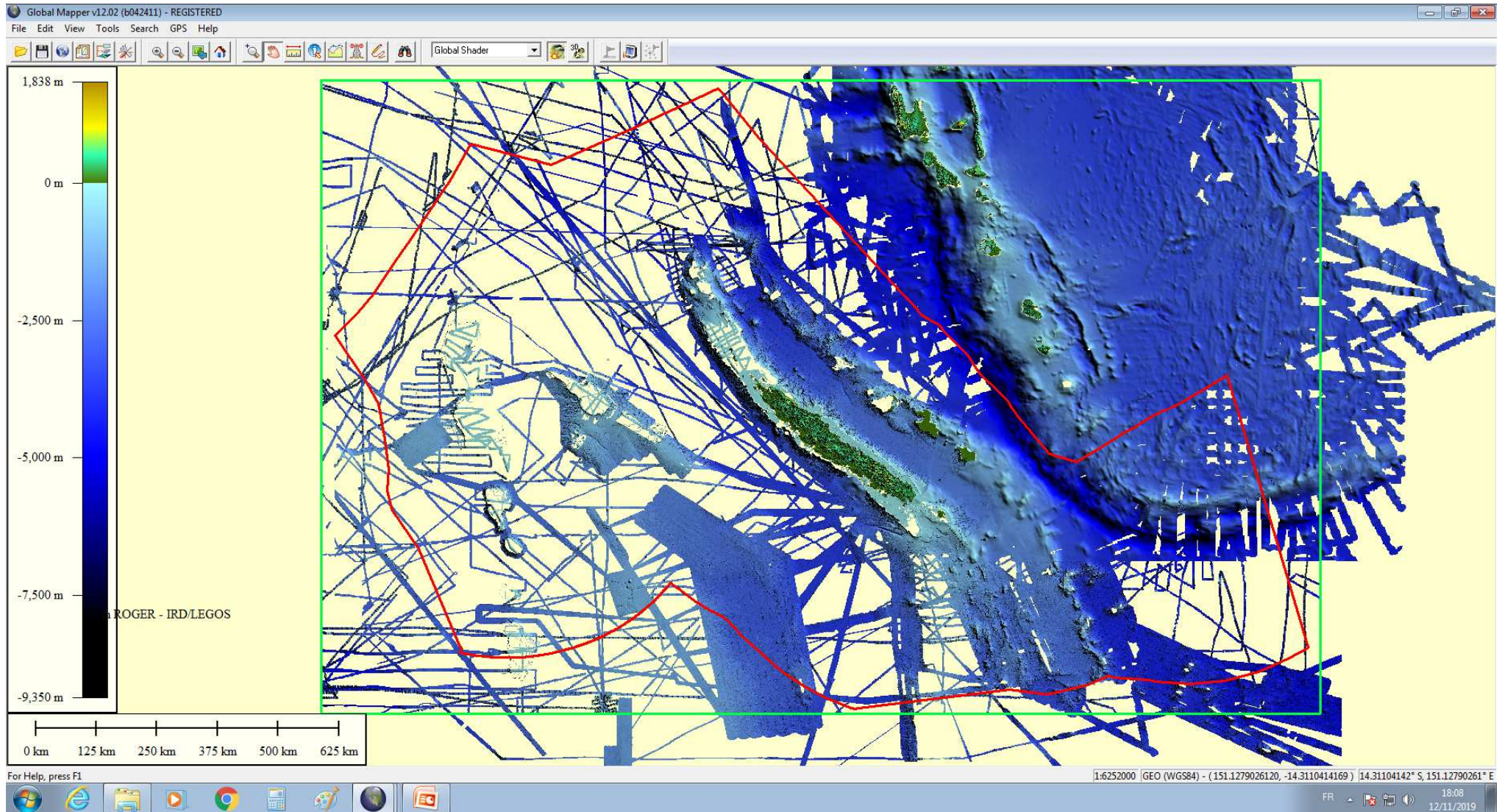
→ Préparation du MNT de la ZEE de NC = combler les trous

Les étapes du projet

- Mise à jour du catalogue des tsunamis ayant été rapportés et/ou enregistrés en Nouvelle-Calédonie: ✓ (publié: Roger et al., 2019, NHESS)
- Collecte de tous les jeux de données bathymétriques et topographiques disponibles en NC: ✓ (durée de collecte: + 1 an)
- Préparation d'un MNT couvrant la ZEE de NC pour les modélisations:
- Validation du code de modélisation de tsunamis MOST (NOAA/PMEL) avec les événements historiques:
- Localisation de la population :
- Modélisation des scénarii de tsunami:
- Préparation des cartes d'aléa avec les scénarii modélisés:

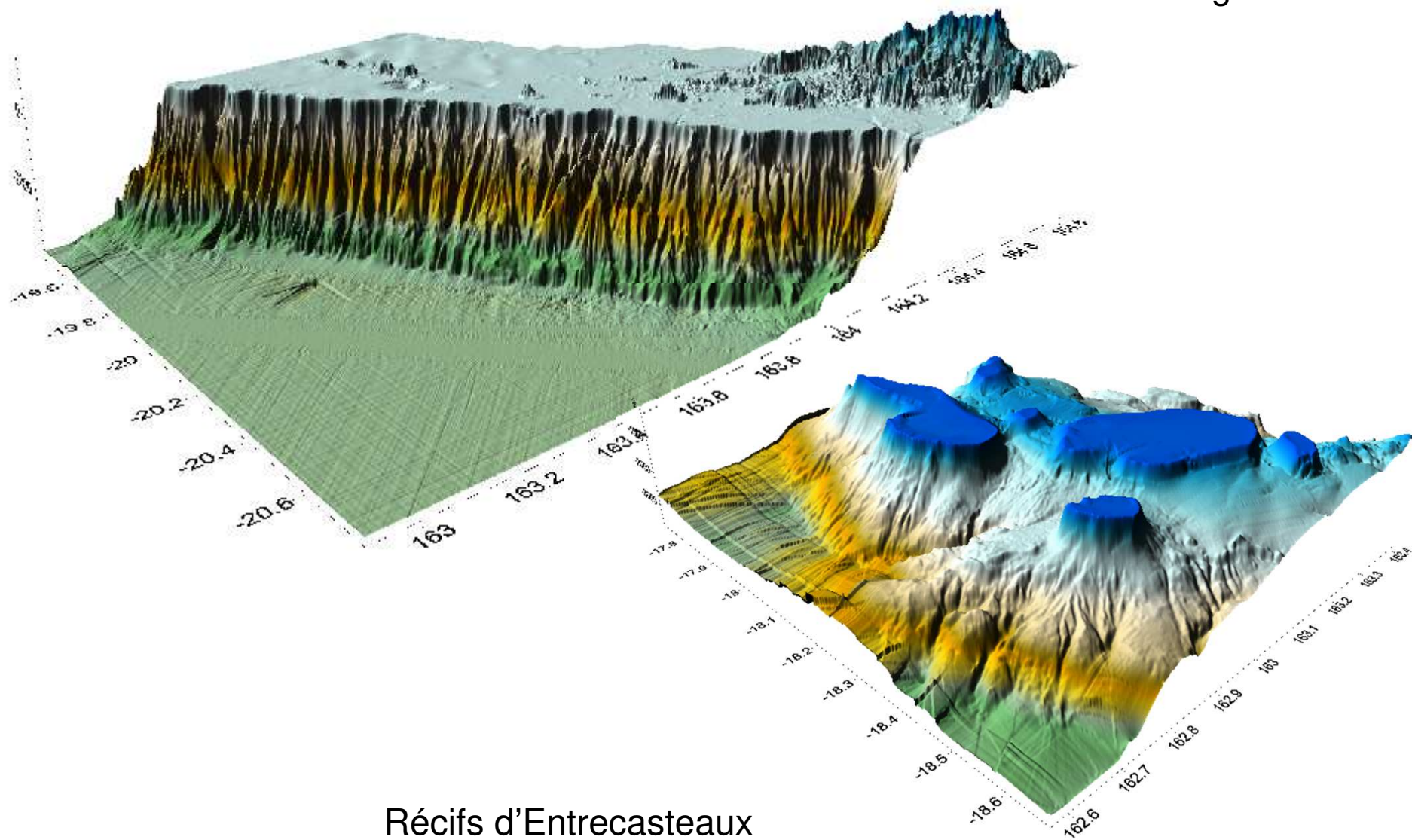
Fabrication du MNT

Toutes les données bathymétriques (mono/multi) collectées



Tri des données - interpolations

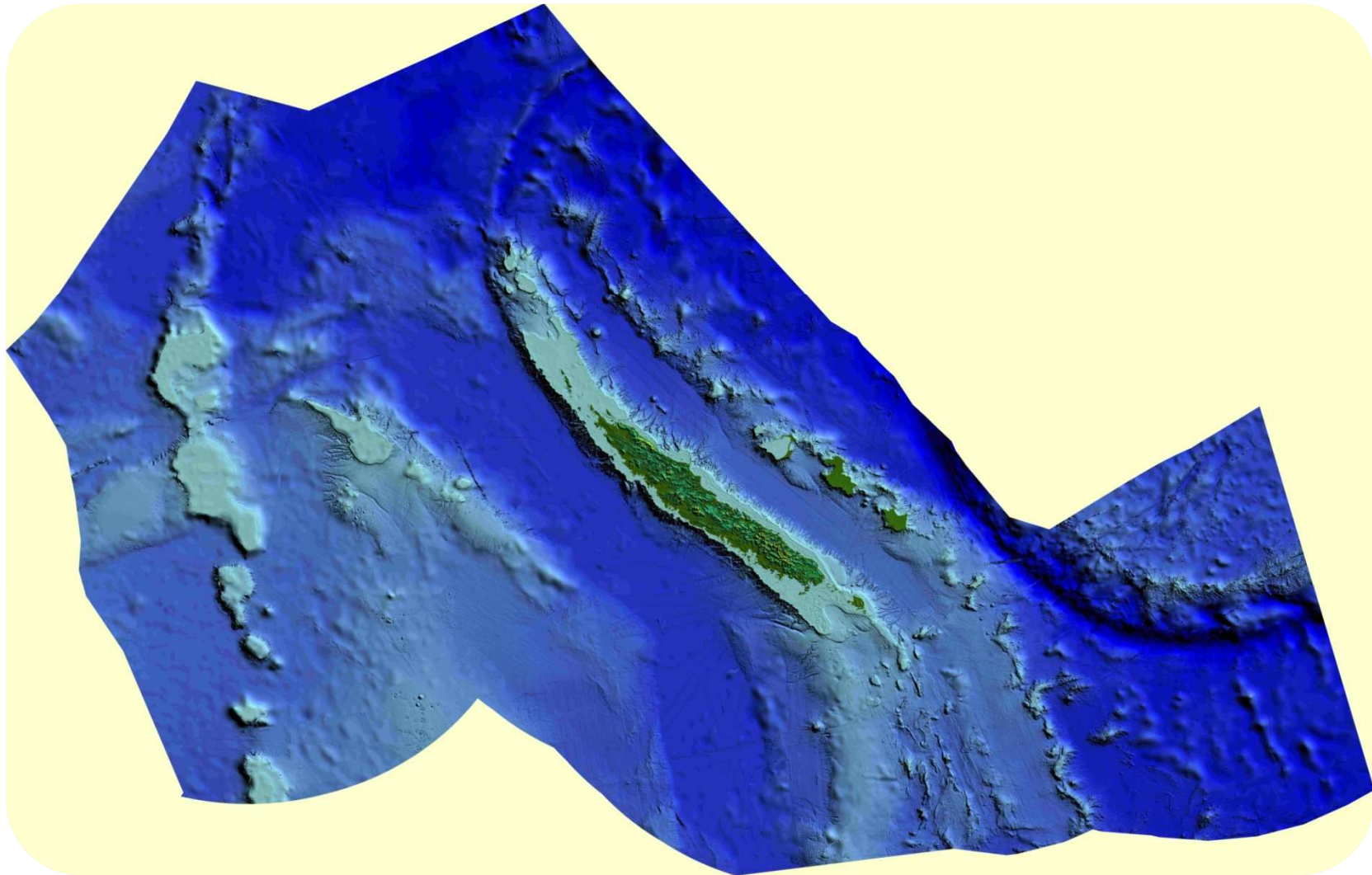
Grand lagon nord

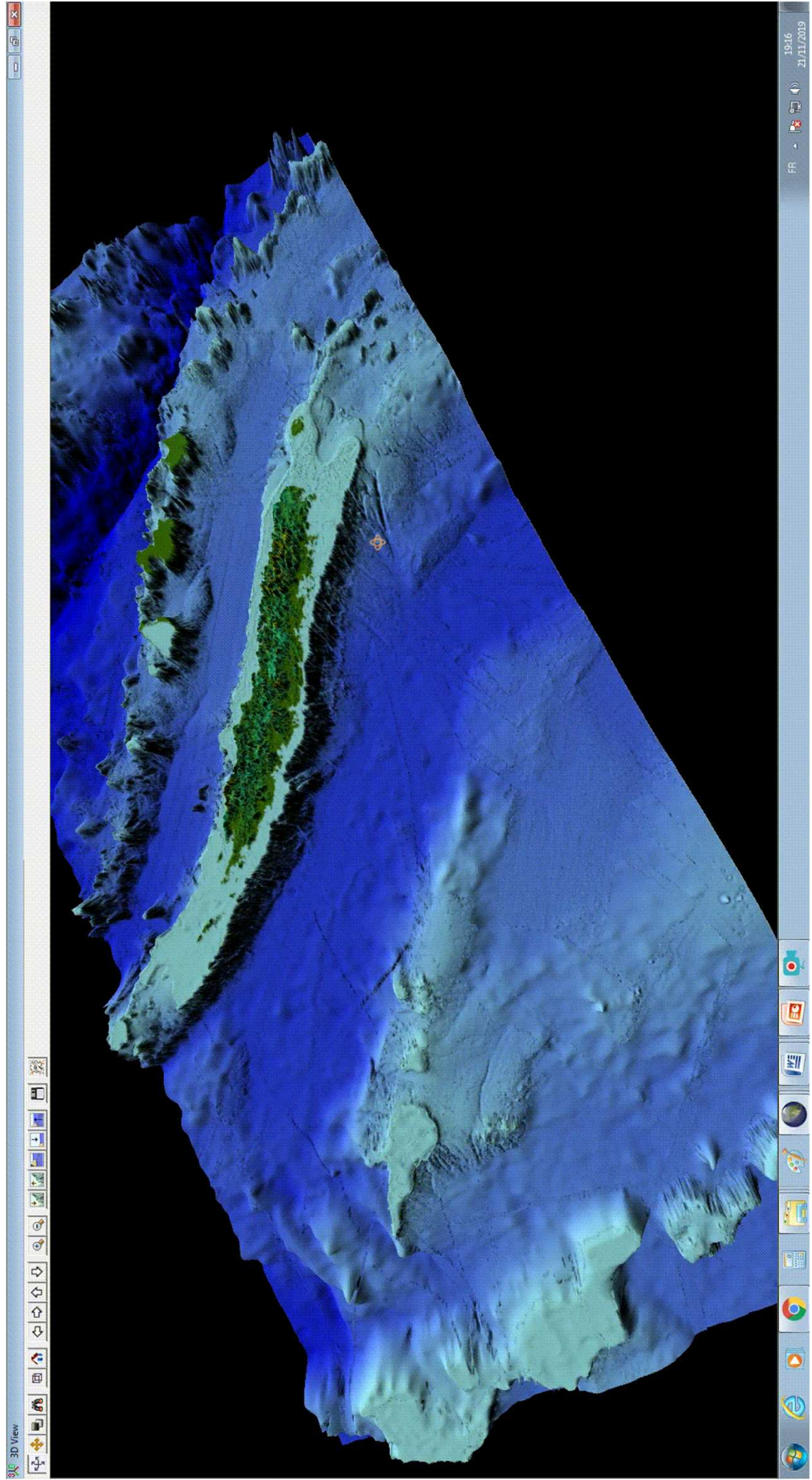


Récifs d'Entrecasteaux

Produits

- MNT de façade sur l'ensemble de la ZEE (~150 m) → convention avec le SHOM (2019)
- Jeu de données régulier → résolution ~150 m sur l'ensemble de la ZEE





Les étapes du projet

- Mise à jour du catalogue des tsunamis ayant été rapportés et/ou enregistrés en Nouvelle-Calédonie: ✓ (publié: Roger et al., 2019, NHESS)
- Collecte de tous les jeux de données bathymétriques et topographiques disponibles en NC: ✓ (durée de collecte: + 1 an)
- Préparation d'un MNT couvrant la ZEE de NC pour les modélisations: ✓ (produits en cours de finalisation pour distribution)
- Validation du code de modélisation de tsunamis MOST (NOAA/PMEL) avec les événements historiques:
- Localisation de la population :
- Modélisation des scénarii de tsunami:
- Préparation des cartes d'aléa avec les scénarii modélisés:

5 décembre 2018

séisme de magnitude 7.5

tsunami de 2 m sur l'île des Pins et Yaté en 30'

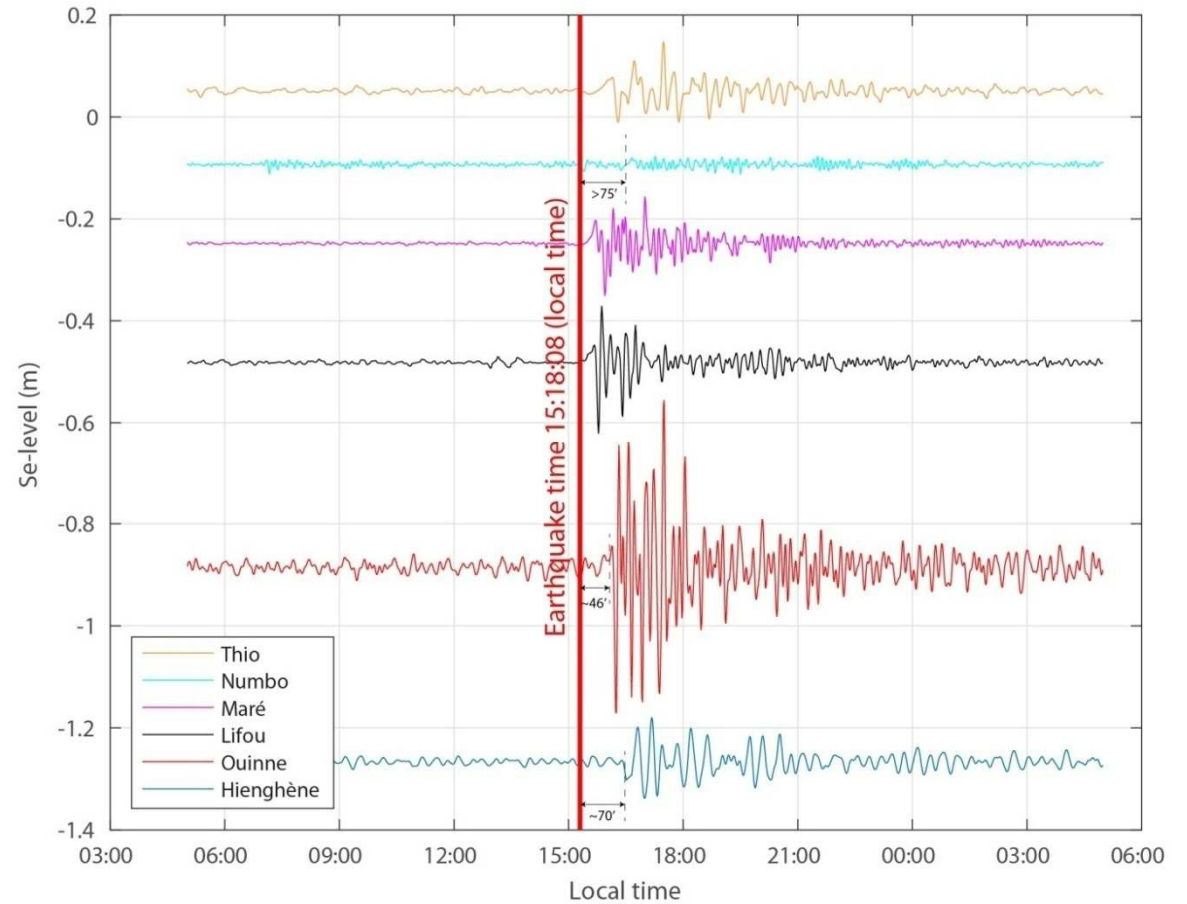
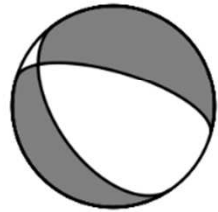
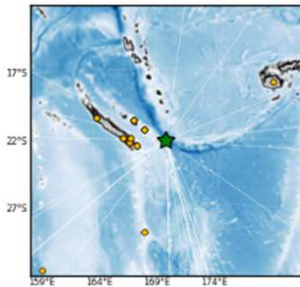
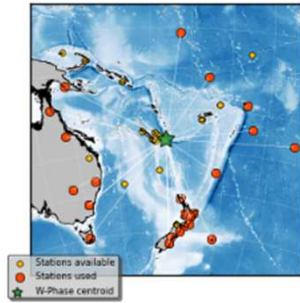
De: A. cppt@labgeo.pf

[REGIONAL WPHASE CPPT] Mw=7.5, Southeast of Loyalty Islands - (2018/12/05 04:18 UTC)

09:38

Mw=7.5, Southeast of Loyalty Islands
Event Time: 2018-12-05 04:18:15 UTC
Epicenter : 22.0115 169.440E 57.9km
Centroid : 22.3115 169.763E 35.5km

CENTROID-MOMENT-TENSOR SOLUTION
AUTO WPHASE INVERSION - 0T+20MIN
CPPT EVENT: C201812050418A
DATA: IU NZ AU G GE
TIMESTAMP: 0-20181205043825
WPHASE WAVES: 23S, 31C, T=123
CENTROID LOCATION:
ORIGIN TIME: 04:18:15.6 0.0
LAT:22.315 0.00;LON:169.76E 0.00
DEP: 35.5 0.0;TRIANG HDUR: 10.0
MOMENT TENSOR: SCALE 10**28 D-CM
RR=-0.194 0.000; TT= 0.130 0.000
PP= 0.064 0.000; RT= 0.112 0.000
RP= 0.021 0.000; TP=-0.107 0.000
PRINCIPAL AXES:
1. (T) VAL= 0.224;PLG=11;AZM= 32
2. (N) 0.014; 19; 298
3. (P) -0.238; 68; 151
BEST DBLE.COUPLE:M0= 2.31*10**27
NP1: STRIKE=145;DIP=38;SLIP= -58
NP2: STRIKE=286;DIP=59;SLIP= -112



Validation du code de modélisation et du MNT – tsunamis historiques

Code *MOST* (NOAA)

- modèle numérique Fortran 90 validé (nombreuses études)
- grilles imbriquées ($\neq$ résolutions)
- calculs
 - déformation initiale
 - propagation
 - inondation

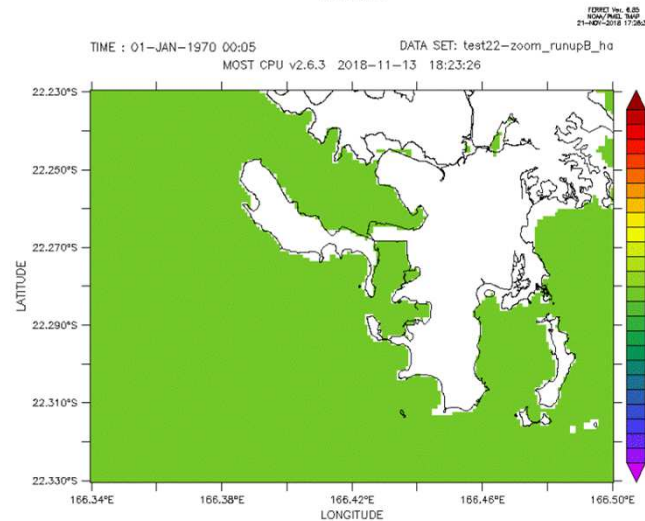
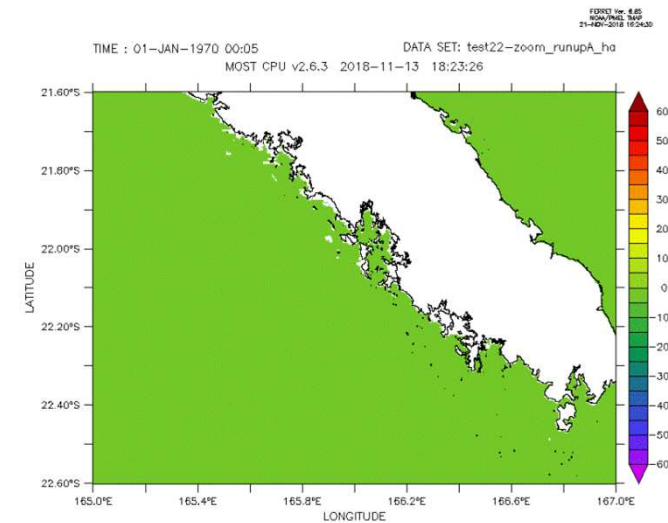
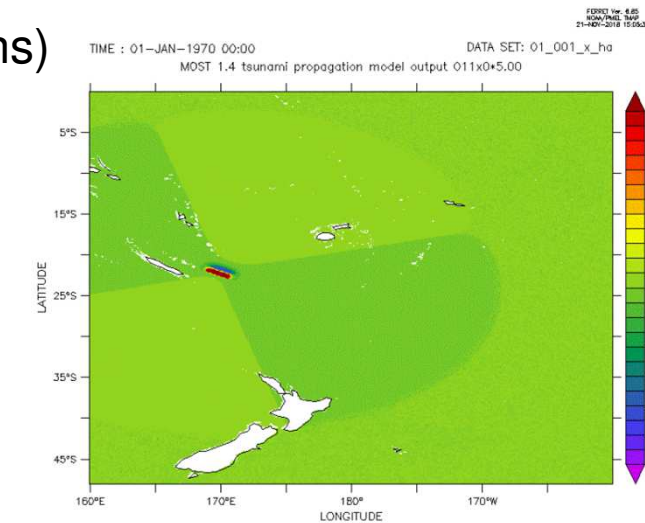


Method of Splitting Tsunami (MOST) Software Manual

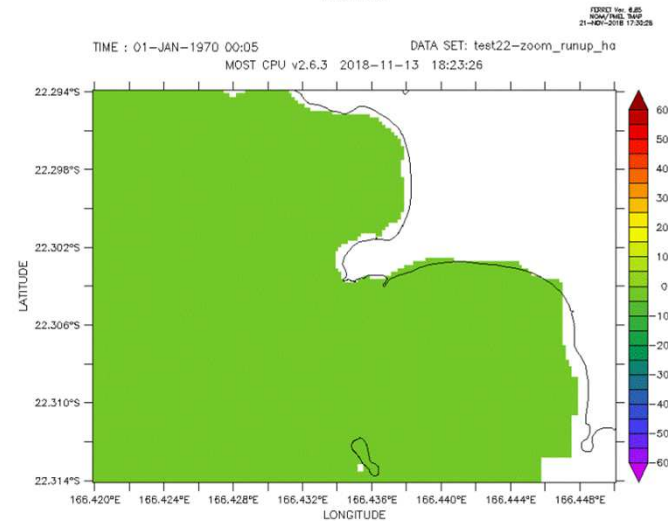
7/6/2006

The National Oceanic & Atmospheric Administration
Pacific Marine Environmental Laboratory
Tsunami Research Program

Written in association with
the writestuff
Custom Graphics & Design



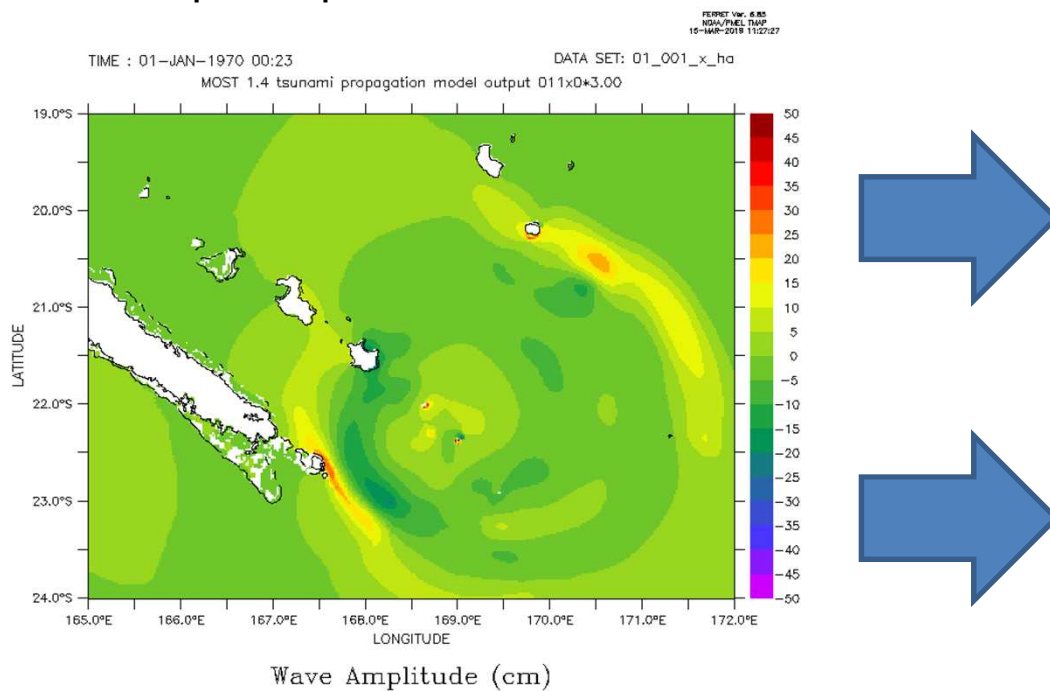
Wave Amplitude (CENTIMETERS)



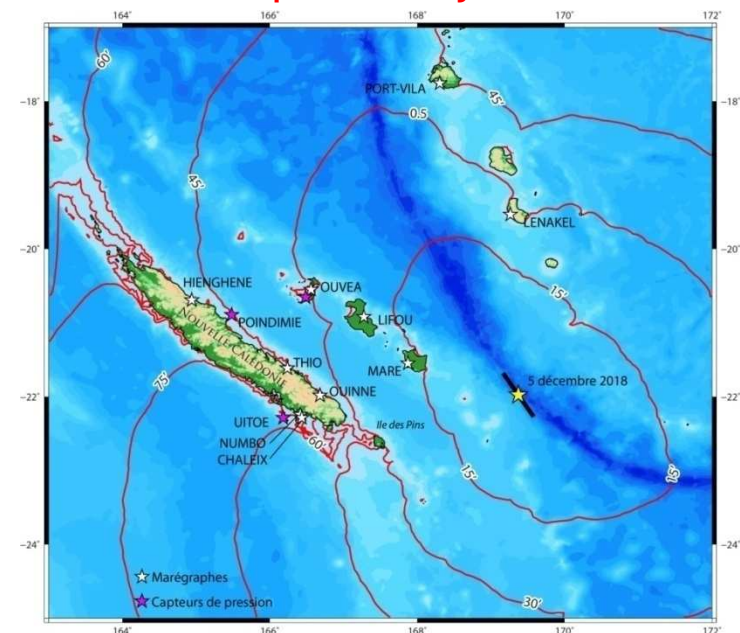
Wave Amplitude (CENTIMETERS)

Validation du code de modélisation et du MNT – tsunamis historiques

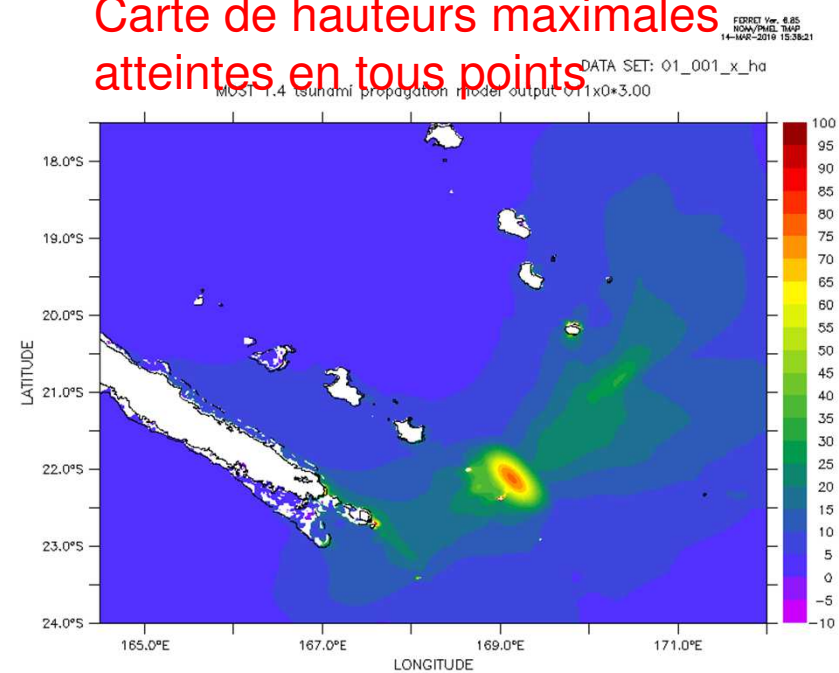
Modélisation de la propagation d'un tsunami à partir de paramètres de source spécifiques



Carte de temps de trajet de tsunami



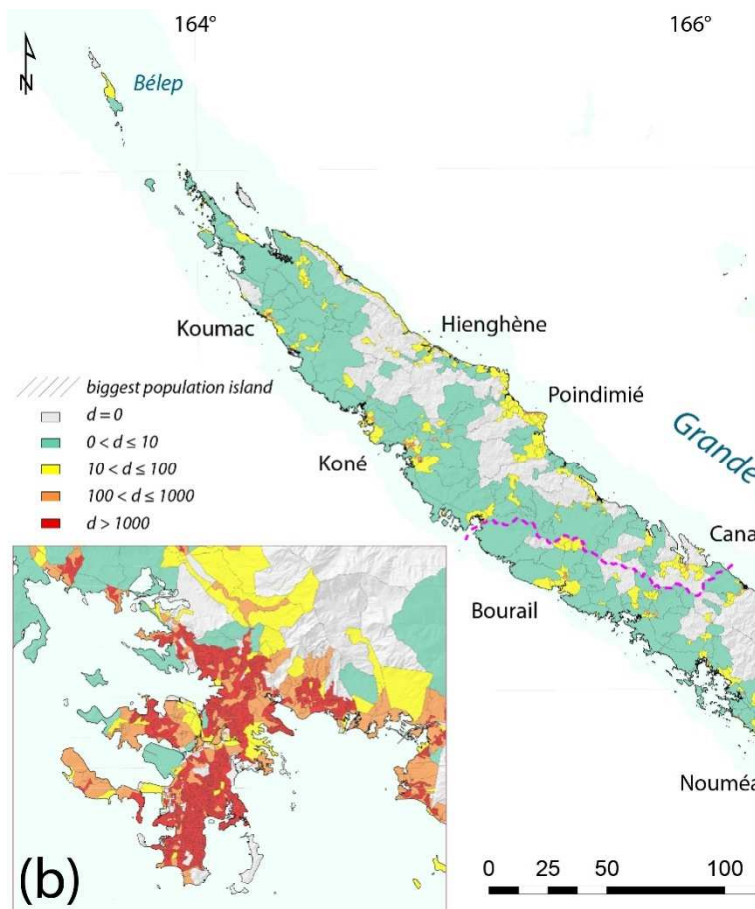
Carte de hauteurs maximales atteintes en tous points



Les étapes du projet

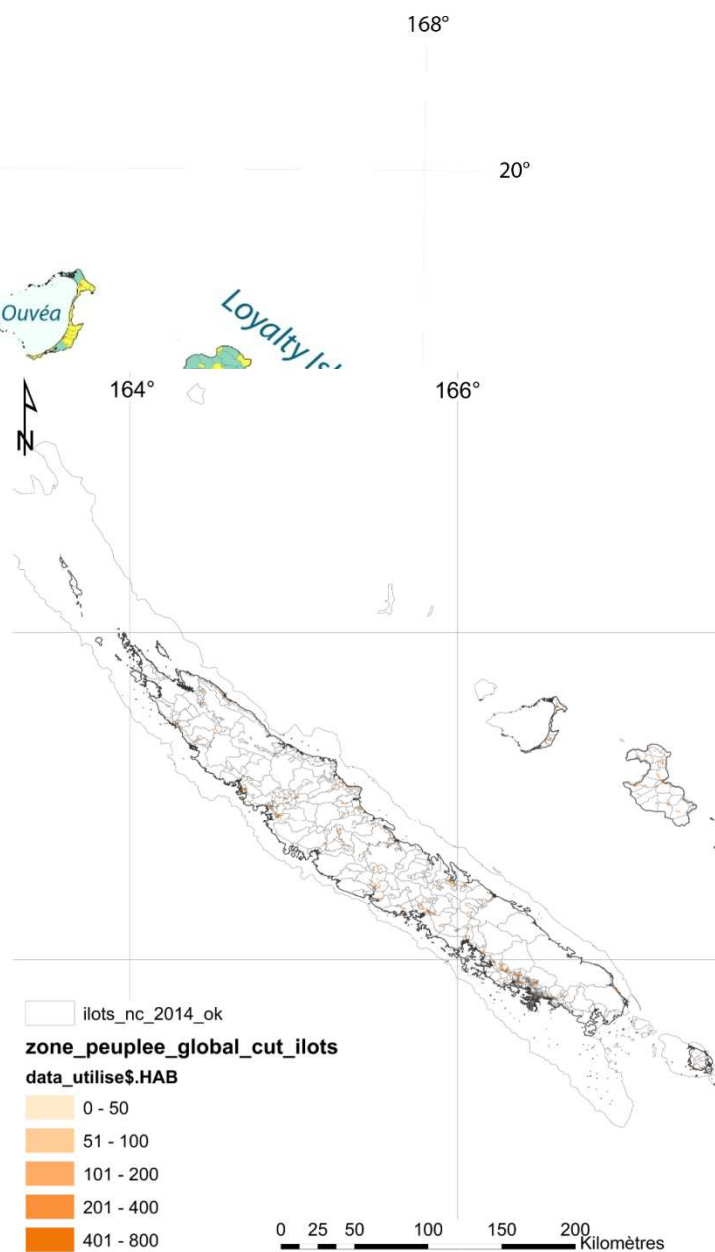
- Mise à jour du catalogue des tsunamis ayant été rapportés et/ou enregistrés en Nouvelle-Calédonie: ✓ (publié: Roger et al., 2019, NHESS)
- Collecte de tous les jeux de données bathymétriques et topographiques disponibles en NC: ✓ (durée de collecte: + 1 an)
- Préparation d'un MNT couvrant la ZEE de NC pour les modélisations: ✓ (produits en cours de finalisation pour distribution)
- Validation du code de modélisation de tsunamis MOST (NOAA/PMEL) avec les événements historiques: en cours
- Localisation de la population :
- Préparation de la maquette des cartes d'aléa (SIG):
- Modélisation des scénarii de tsunami:
- Préparation des cartes d'aléa avec les scénarii modélisés:

Localisation de la population en Nouvelle-Calédonie

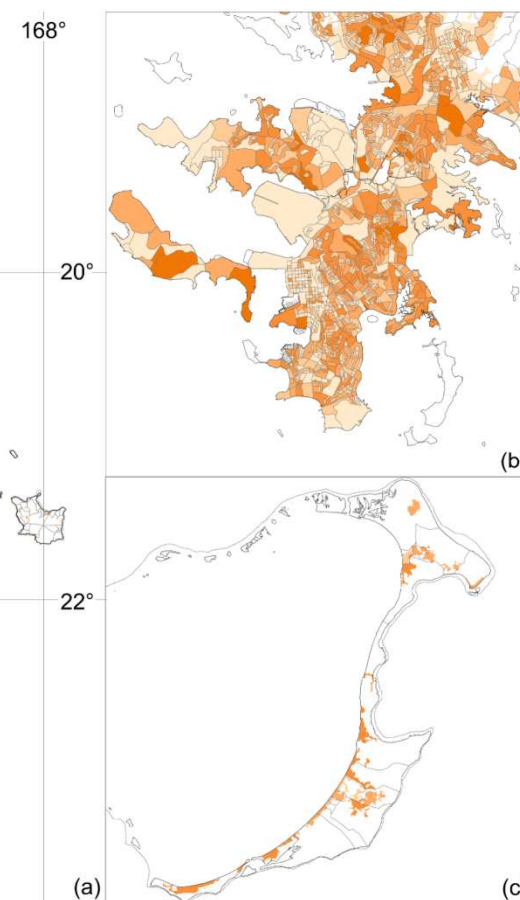


Densité de population par îlots de population (à partir des données ISEE 2014)

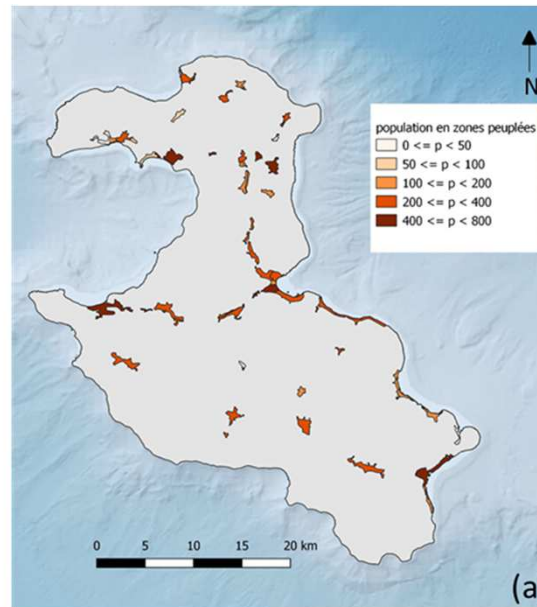
Thomas et al., in prep



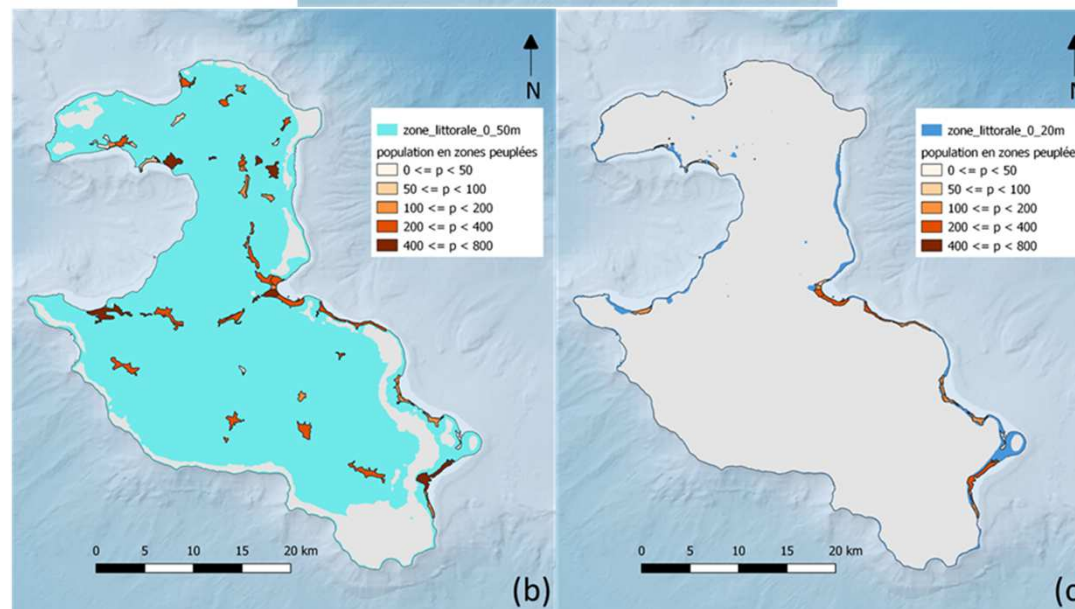
Localisation des zones peuplées sur l'ensemble du territoire



Localisation de la population en Nouvelle-Calédonie



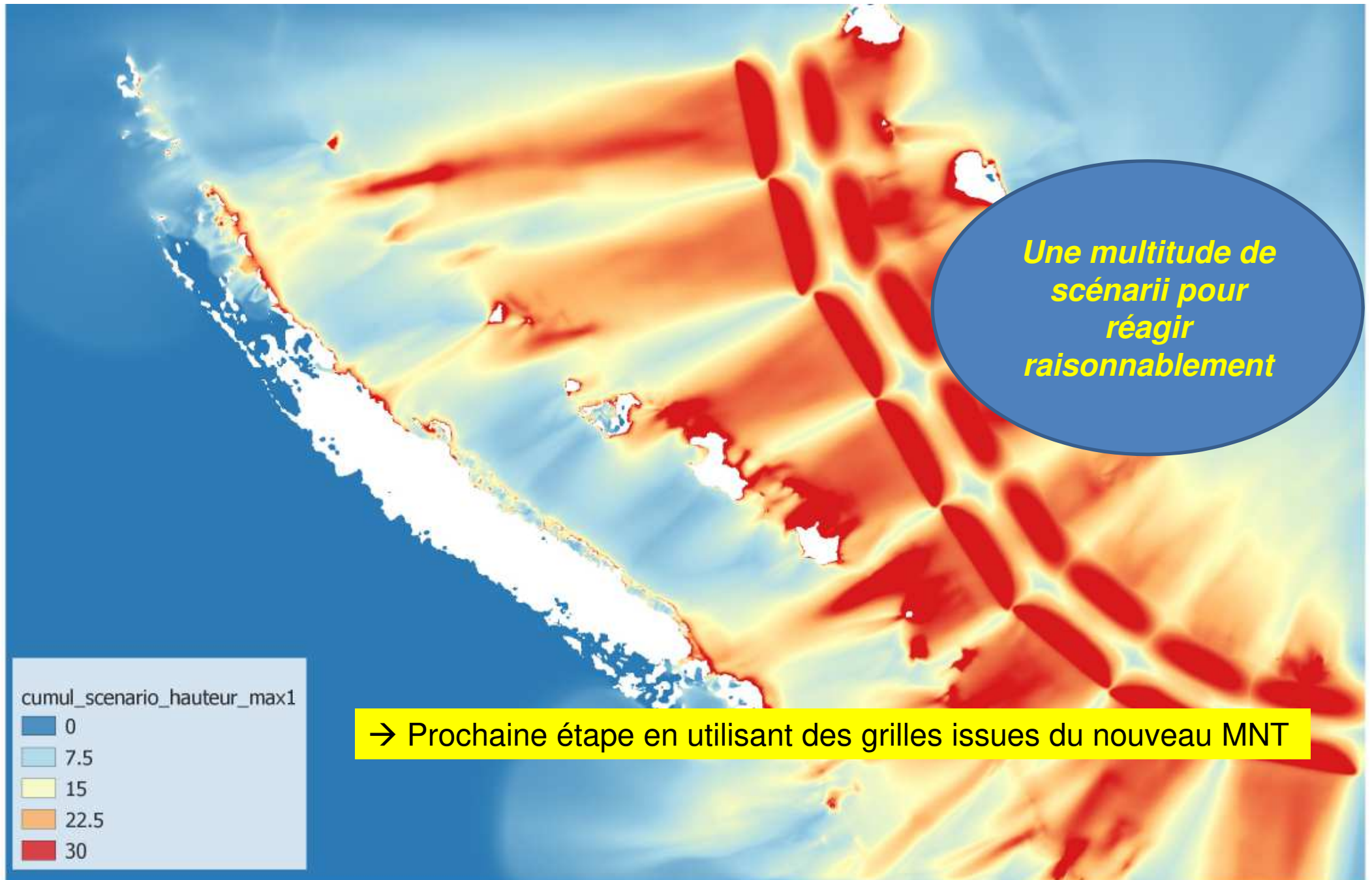
Et en fonction de l'altitude



Les étapes du projet

- Mise à jour du catalogue des tsunamis ayant été rapportés et/ou enregistrés en Nouvelle-Calédonie: ✓ (publié: Roger et al., 2019, NHESS)
- Collecte de tous les jeux de données bathymétriques et topographiques disponibles en NC: ✓ (durée de collecte: 1 an)
- Préparation d'un MNT couvrant la ZEE de NC pour les modélisations: en cours
- Validation du code de modélisation de tsunamis MOST (NOAA/PMEL) avec les événements historiques: en cours
- Localisation de la population : ✓ (stage de M2 – Bruce Thomas, publi. en cours)
- Modélisation des scénarii de tsunami:
- Préparation des cartes d'aléa avec les scénarii modélisés:

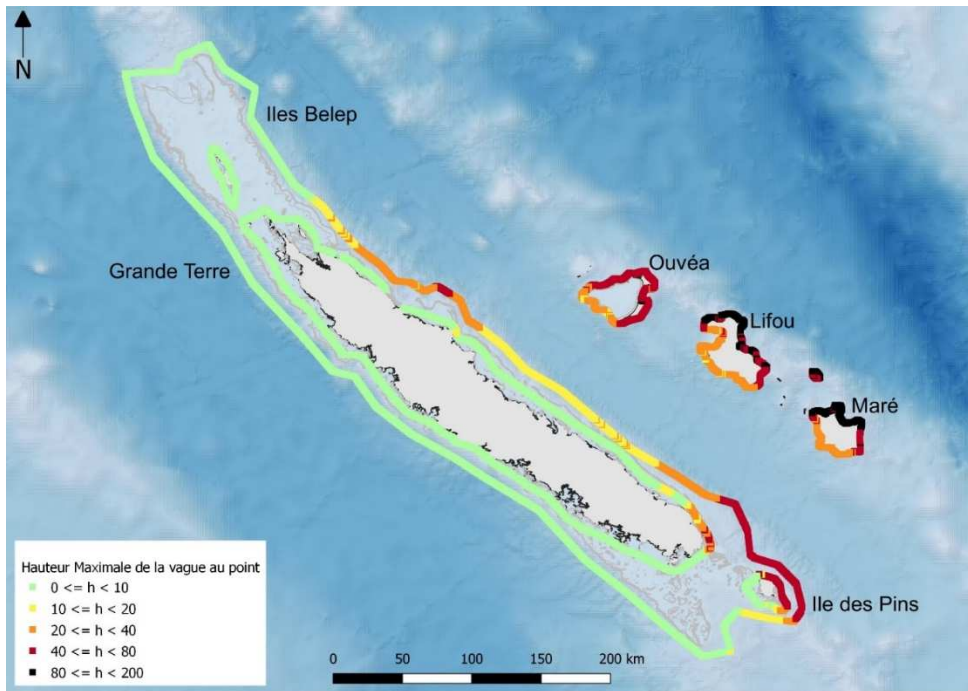
Modélisation de tsunami – construction de la banque de scenarii



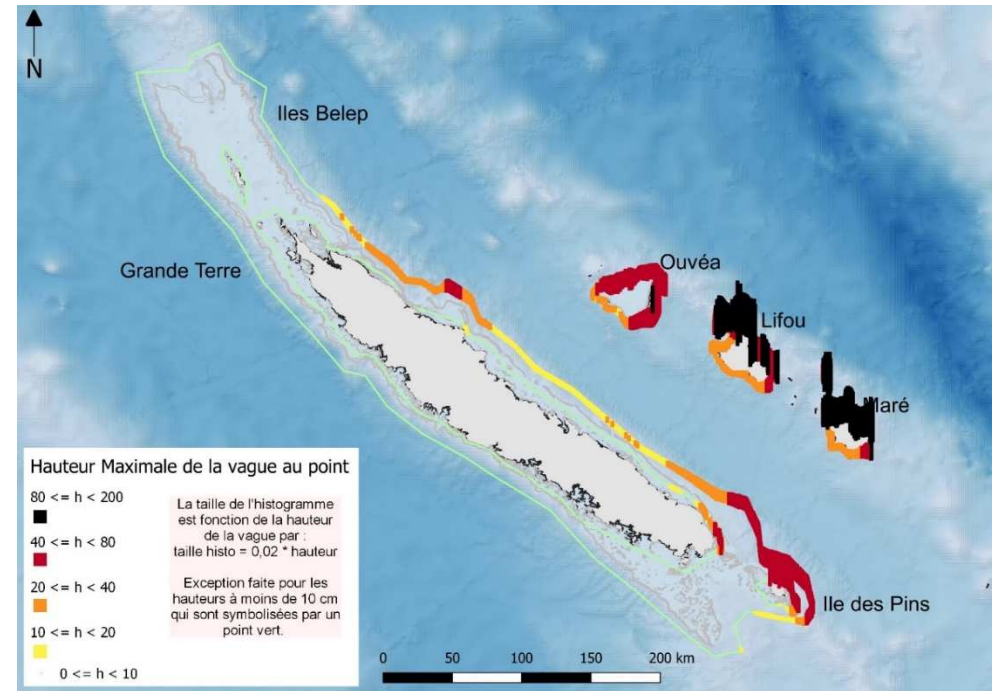
Les étapes du projet

- Mise à jour du catalogue des tsunamis ayant été rapportés et/ou enregistrés en Nouvelle-Calédonie: ✓ (publié: Roger et al., 2019, NHESS)
- Collecte de tous les jeux de données bathymétriques et topographiques disponibles en NC: ✓ (durée de collecte: 1 an)
- Préparation d'un MNT couvrant la ZEE de NC pour les modélisations: en cours
- Validation du code de modélisation de tsunamis MOST (NOAA/PMEL) avec les événements historiques: en cours
- Localisation de la population : ✓
- Modélisation des scénarii de tsunami: à venir
- Préparation des cartes d'aléa avec les scénarii modélisés: à venir (trame des cartographies: ✓)

Représentation de l'aléa global – superposition des scenarii



Représentation de l'aléa tsunami en Nouvelle-Calédonie par aplat de couleur fonction de la hauteur maximale de tsunami. Les points sont espacés chacun de 1 km.



Représentation de l'aléa tsunami en Nouvelle-Calédonie par un histogramme dont la taille et la couleur sont fonction de la hauteur maximale de tsunami

Perspectives pour les mois à venir

- Valider le nouveau MNT et le code de modélisation sur des cas réels (plus particulièrement le tsunami du 5 décembre 2018)
- Finir de préparer les multiples scenarii à partir de la base NOAA (adaptation pour les scenarii locaux)
- Modéliser les scenarii à l'échelle de la NC et éventuellement à plus petite échelle sur des zones d'intérêt majeur
- Préparer les résultats sous forme de cartes d'aléa statiques et stockage dans une base de données
- Réflexion sur l'évaluation probabiliste de l'aléa tsunami en NC par rapport aux résultats des modélisations

Merci !

- Contact : jean.roger@ird.fr