

Le risque tsunami à Mayotte

Apports des modèles pour l'optimisation des stratégies de prévention (alerte, évacuation, préparation)

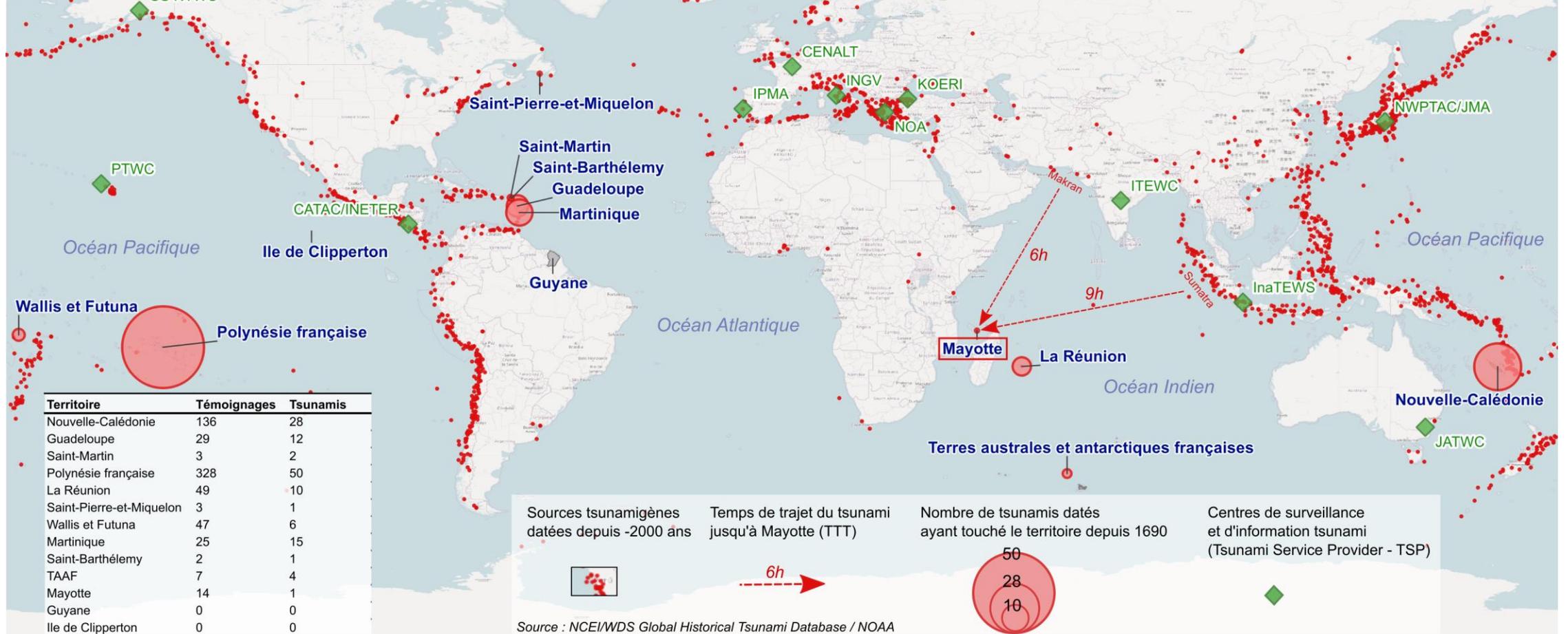
Frédéric Leone, Monique Gherardi, Matthieu Péroche, Emilie Lagahé

Université Montpellier 3

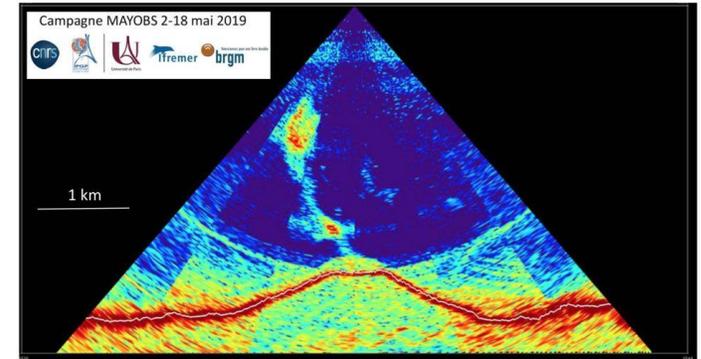
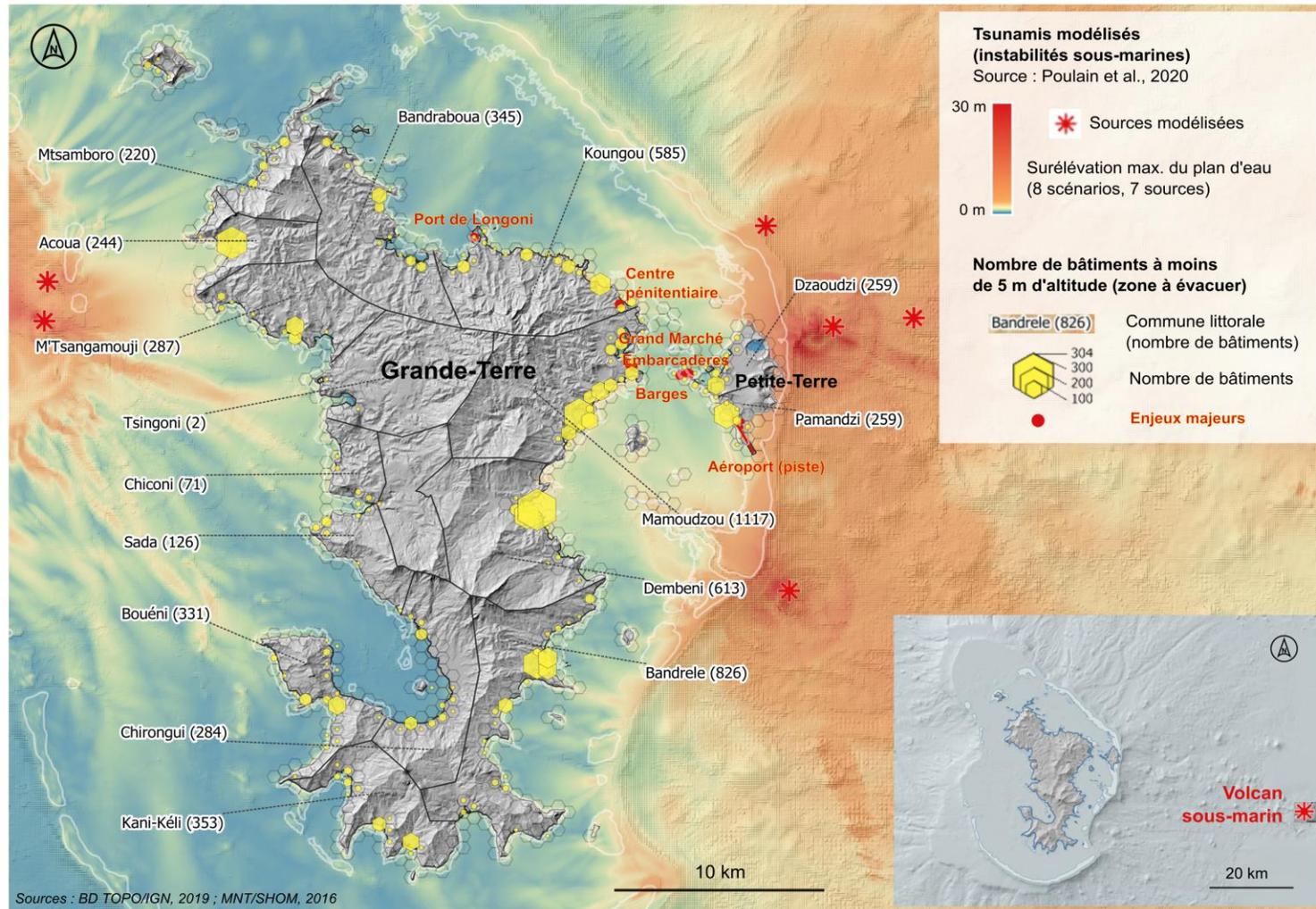
Fahad Idaroussi, Pierre Aumond, Jonathan Siliezar, Anne Mangeney, Anne Le Friant, Pablo Poulain, Said Hachim Mogne

Sources de tsunamis historiques et témoignages pour les outre-mer français (Leone et al., sous presse)

Les outre-mers français (hormis la Guyane) ont été touchés par au moins 118 évènements tsunamigènes datés depuis 1690 (NGDC, 2023), ayant donné lieu à 643 témoignages recensés (*runups*)



Les modélisations donnent des amplitudes faibles sur le littoral (1 à 2 m) mais un temps de trajet très court



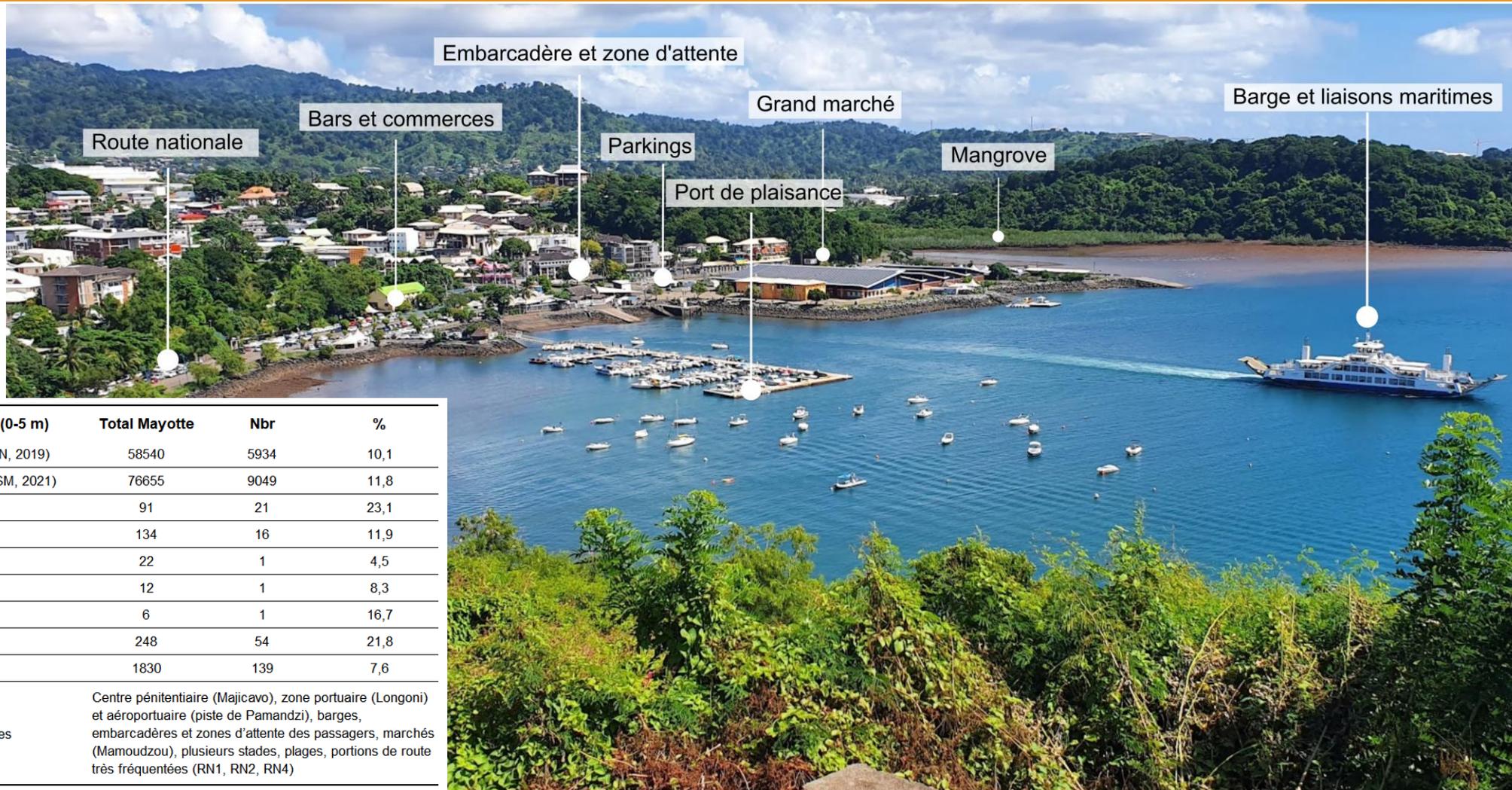
C'est la côte Est de Petite-Terre qui demeure la plus exposée aux effets d'un tsunami (sources proches et absence de récif protecteur)

Les modèles génèrent localement des surélévations du plan d'eau supérieures à un mètre donnant des surcotes de quelques mètres à la côte

Les scénarios modélisés à l'Est de Petite-Terre donnent des temps d'arrivée des vagues à la côte très courts, allant de quelques minutes à l'Est de Petite-Terre, à environ 18 minutes pour la côte Est de Grande-Terre

> Se préparer à un phénomène modéré en amplitude mais pouvant arriver très rapidement

Enjeux : 12% du bâti à moins de 5 m d'altitude, 40 établissements scolaires, 54 mosquées...

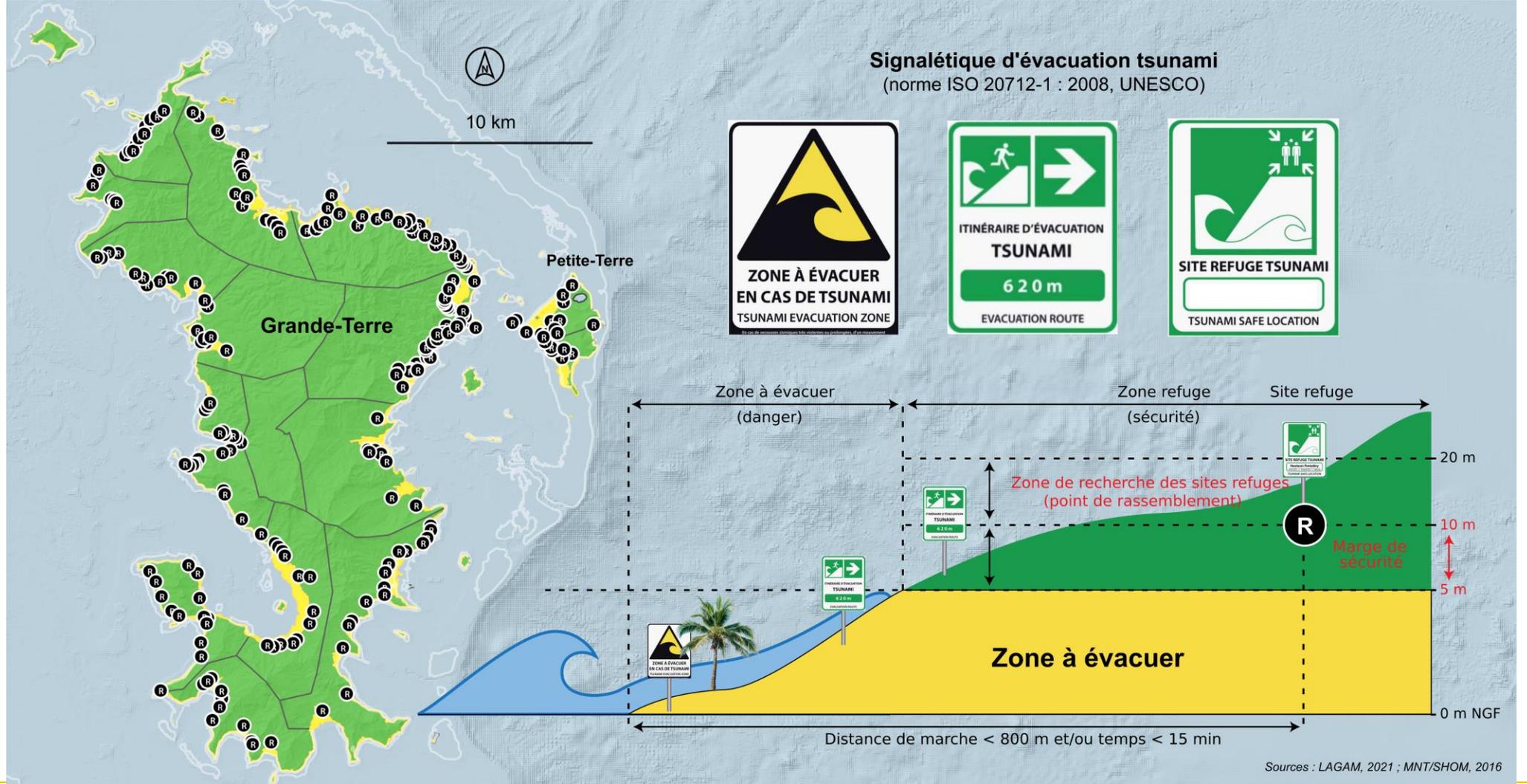


Enjeux à évacuer (0-5 m)	Total Mayotte	Nbr	%
Bâtiments (source IGN, 2019)	58540	5934	10,1
Bâtiments (source OSM, 2021)	76655	9049	11,8
Ecoles maternelles	91	21	23,1
Ecoles primaires	134	16	11,9
Collèges	22	1	4,5
Lycées	12	1	8,3
Centres de secours	6	1	16,7
Mosquées	248	54	21,8
Routes (km)	1830	139	7,6

Centre pénitentiaire (Majicavo), zone portuaire (Longoni) et aéroportuaire (piste de Pamandzi), barges, embarcadères et zones d'attente des passagers, marchés (Mamoudzou), plusieurs stades, plages, portions de route très fréquentées (RN1, RN2, RN4)

Autres enjeux sensibles

Proposition de 216 sites refuges en cas de tsunami à Mayotte (source F. Leone, LAGAM/UPVM3, 2021)



Validation participative des sites refuges avec les 16 communes littorales (janvier 2021)

Lancement de la campagne officielle d'information préventive par le Préfet le 20 octobre 2021 et inauguration du site internet du projet EVACTSU

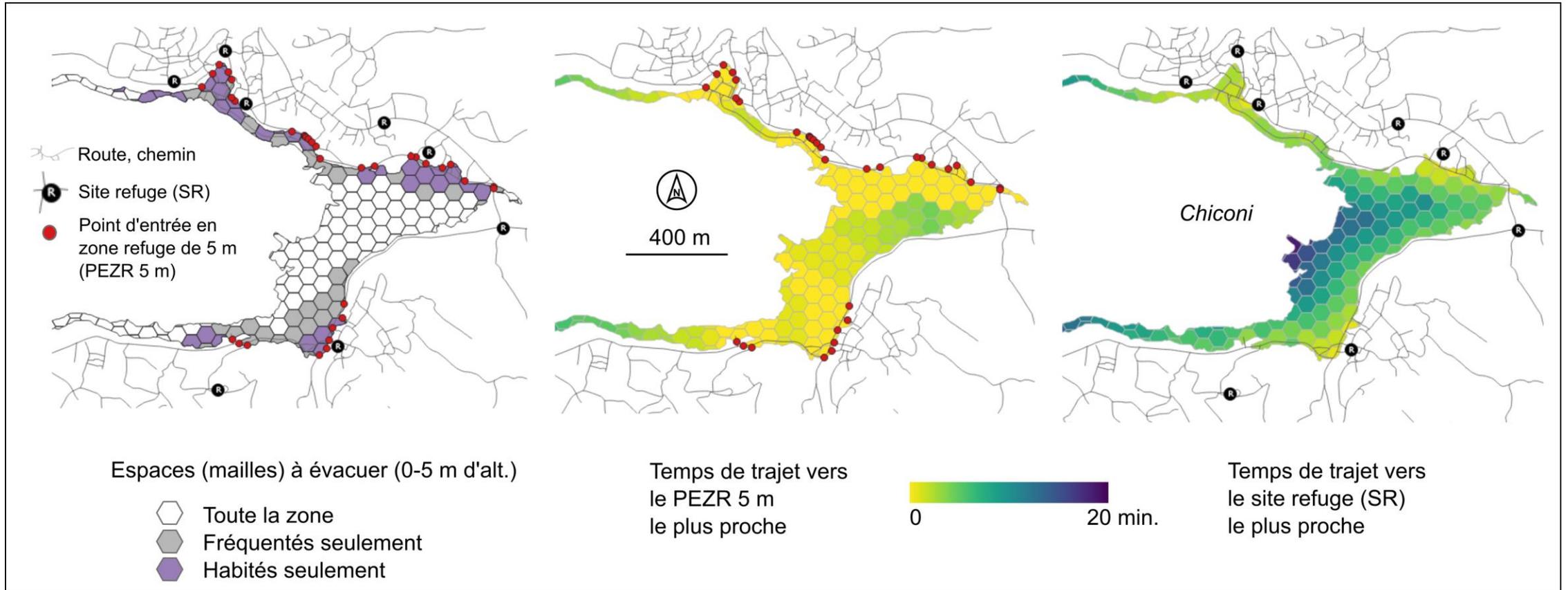
<https://www.mayotte.gouv.fr/Actualites/Essaim-de-seismes/On-sera-prets>



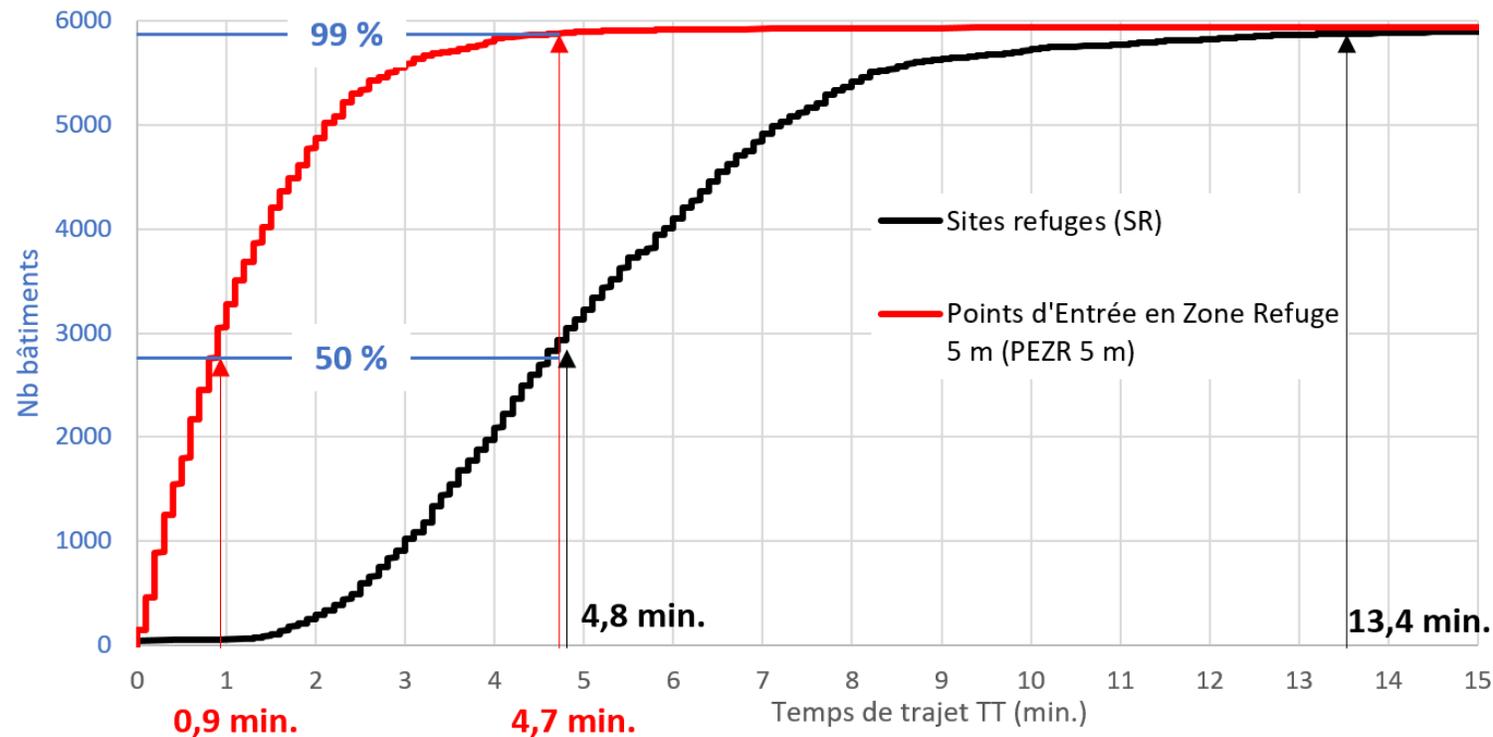
#ONSERAPRÊTS



Evaluer les capacités d'évacuation au moyen de calculs d'accessibilité par les chemins les plus rapides (macro-modélisation sur graphes) au départ de plusieurs types de lieux exposés



Courbes d'accessibilité (temps de trajet théorique)



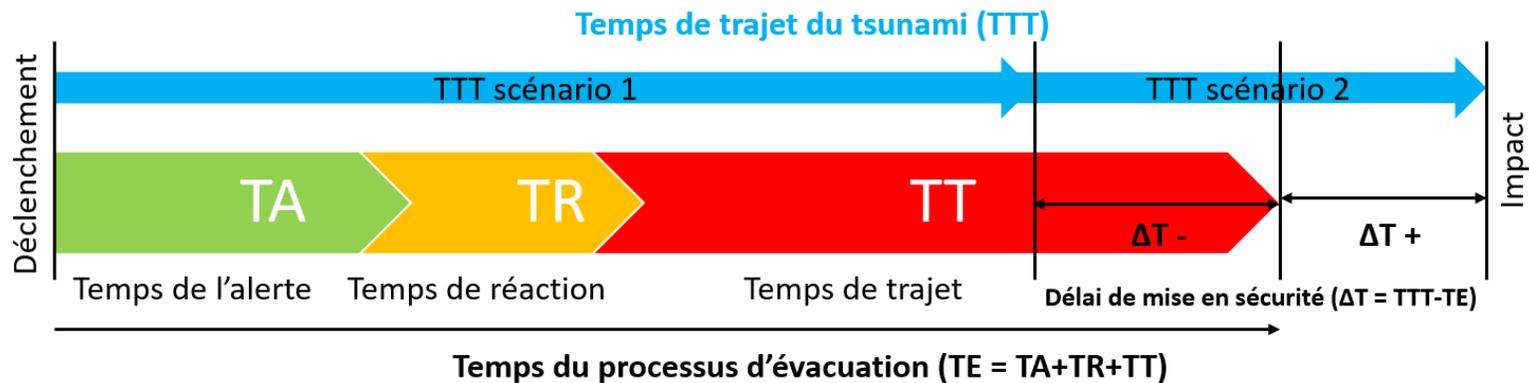
Les courbes d'accessibilité des zones refuges au départ des bâtiments à évacuer permettent de visualiser le temps de trajet théorique (TT) nécessaire pour mettre en sécurité leurs occupants.

> 50 % de la population en sécurité vers les sites refuges choisis en moins de 5 minutes et 99 % en moins de 13,4 minutes.

Ces valeurs sont respectivement de 0,9 et 4,7 minutes si on considère l'accès à la zone refuge de 5 mètres d'altitude.

> Cela confirme les bonnes capacités d'évacuation topographique et une bonne répartition spatiale des sites refuges proposés.

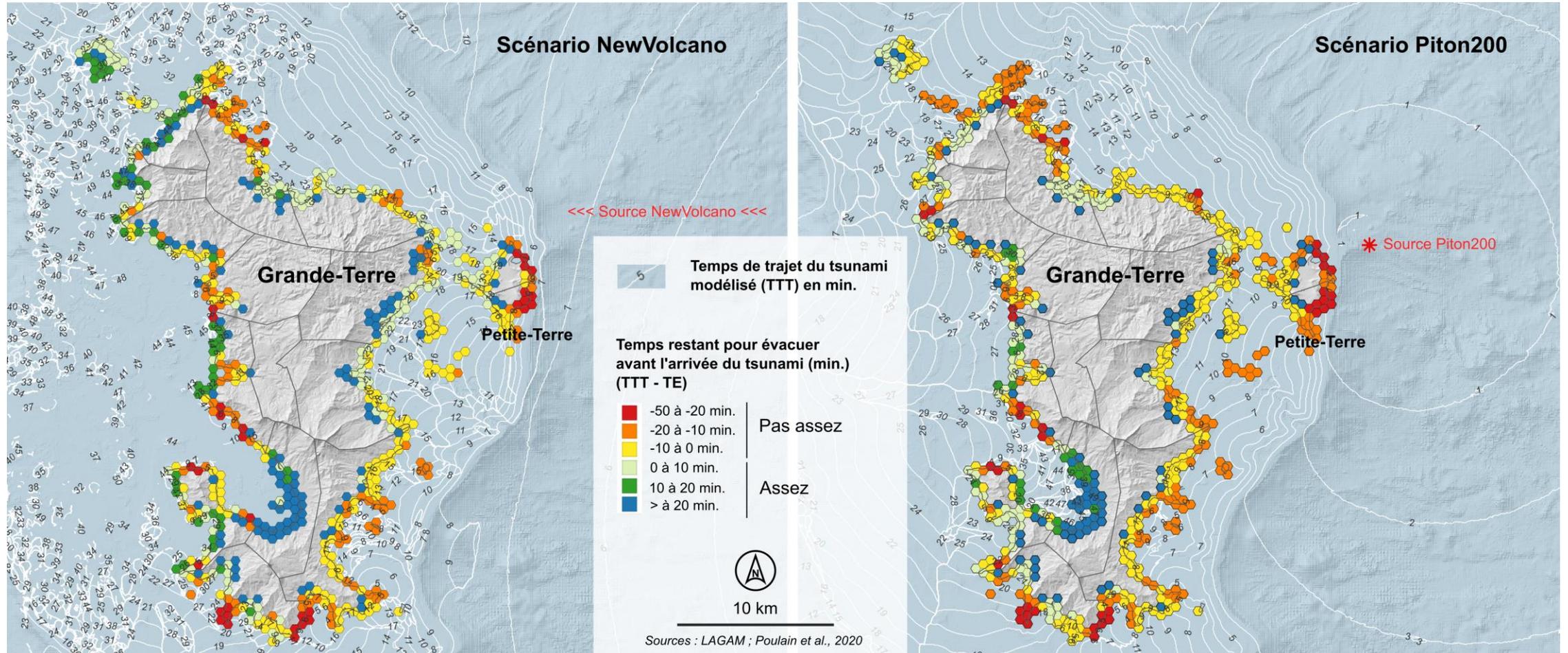
Modéliser en chaque point du territoire le temps d'évacuation disponible avant l'arrivée du tsunami pour 2 scénarios en ajoutant les délais d'alerte (10 min.) et de réaction des populations (5 min.)



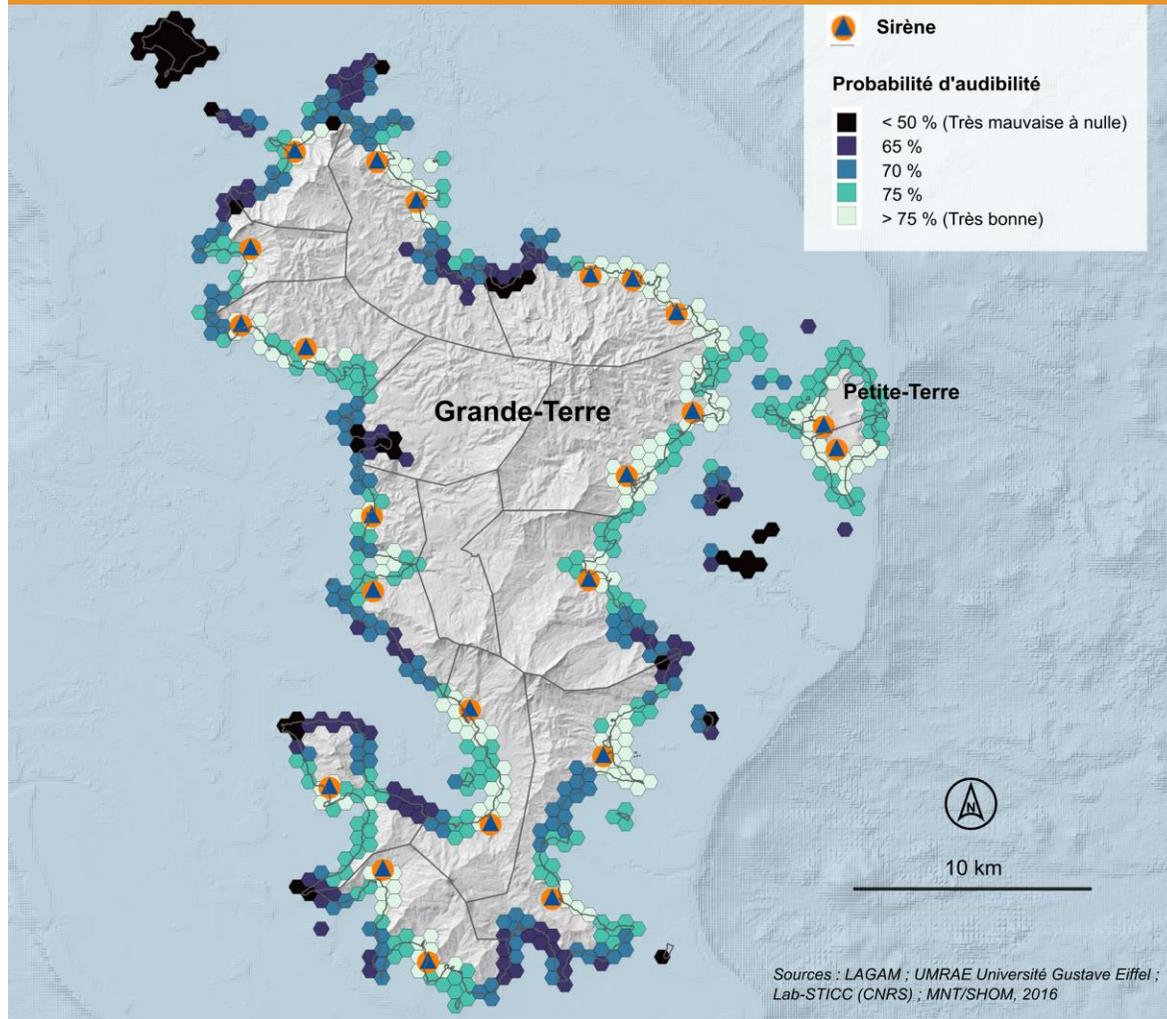
> Ajouter à ce délai modélisé de trajet sur le réseau (TT), un délai d'alerte (TA) et un délai de réaction ou de réponse (TR) des populations, afin de pouvoir comparer ce cumul (le temps du processus d'évacuation TE) au temps de propagation simulé du tsunami (TTT) pour différents scénarios.

> Le différentiel temporel ($\Delta T = TTT - TE$), si négatif, permet d'en déduire le niveau de risque résiduel pour des populations toujours en cours d'évacuation au moment de l'arrivée du tsunami, et d'envisager des solutions pour réduire ce déficit temporel en jouant sur chaque phase du processus d'alerte-évacuation.

Modélisation des capacités d'évacuation (TE) vers les PEZR 5 m, avant l'arrivée du tsunami (TTT) pour 2 scénarios de sources proches



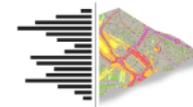
Modélisation de l'audibilité du signal sonore émis par les sirènes récemment installées à Mayotte



**ESSAIS DE SIRÈNES
D'ALERTE ET
D'INFORMATIONS
DES POPULATIONS**

Ne paniquez pas,
il s'agit d'un test.

Juillet 2021

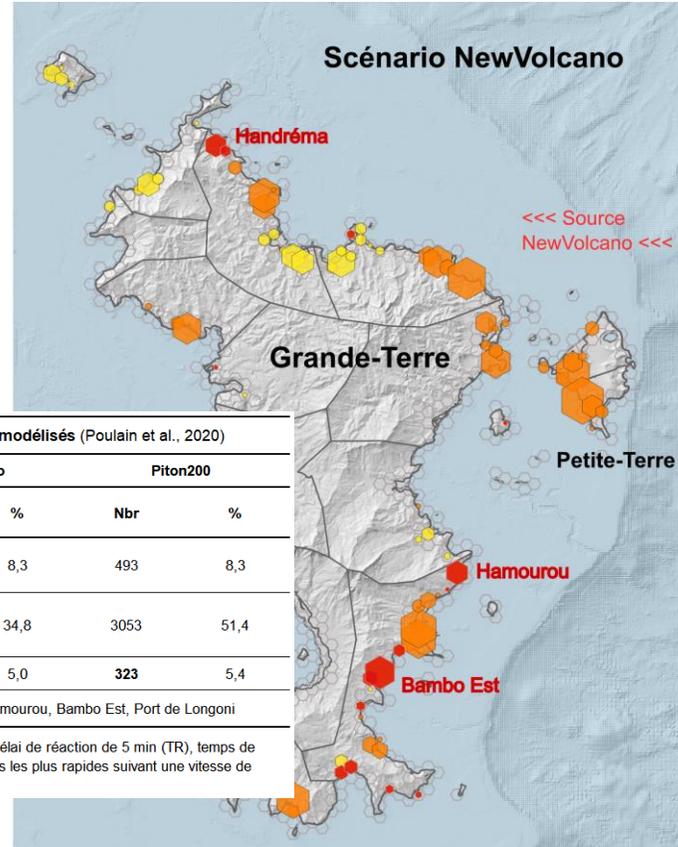


NoiseModelling

Prise en compte des conditions locales :

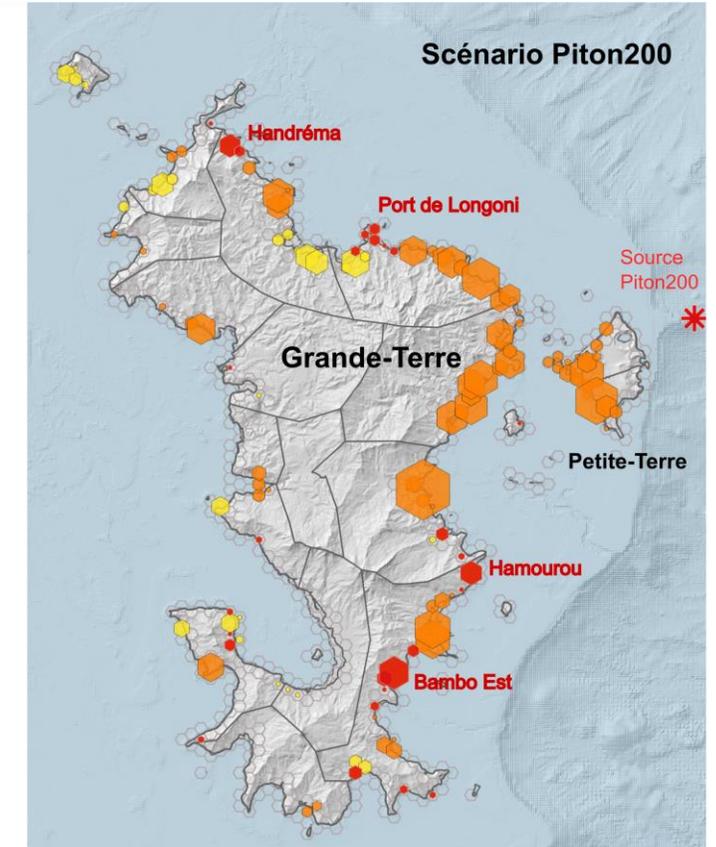
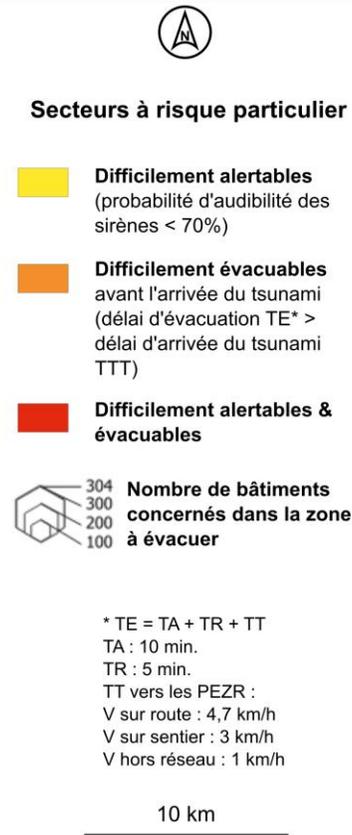
- Occupation du sol
- Topographie
- Météo (vent)

Modélisation des secteurs critiques en cas de tsunami à Mayotte prenant en compte trois variables (volume de population, faible capacité d'alerte par sirène, faible capacité d'évacuation avant l'arrivée du tsunami), pour 2 scénarios de tsunami



	Tsunamis modélisés (Poulain et al., 2020)			
	NewVolcano		Piton200	
Bâtiments à évacuer (0-5 m) (5934 au total, source IGN, 2019)	Nbr	%	Nbr	%
Difficilement alertables (probabilité d'audibilité des sirènes < 70%)	493	8,3	493	8,3
Difficilement évacuables avant l'arrivée du tsunami (délai d'évacuation TE* > délai d'arrivée du tsunami TTT, soit TTT-TE < 0)	2066	34,8	3053	51,4
Difficilement alertables & évacuables	295	5,0	323	5,4
Nom des secteurs critiques (poches de risque)	Handréma, Hamourou, Bambo Est, Port de Longoni			

* Hypothèses : TE = TA + TR + TT, avec délai d'alerte (TA) de 10 min., délai de réaction de 5 min (TR), temps de trajet (TT) vers les points d'entrée en zone refuge (PEZR) par les chemins les plus rapides suivant une vitesse de marche de 4,7 km/h sur route, 3 km/h sur sentier et 1 km/h hors réseau

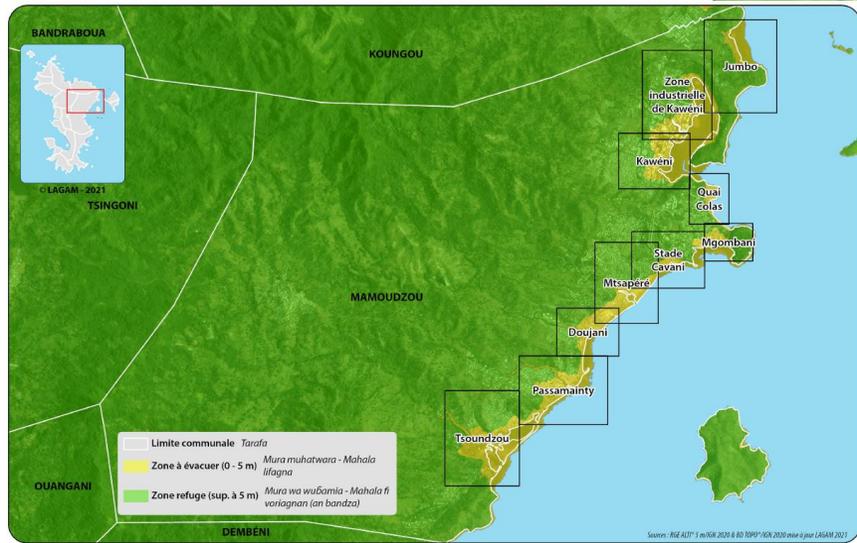


> Comment optimiser les évacuations

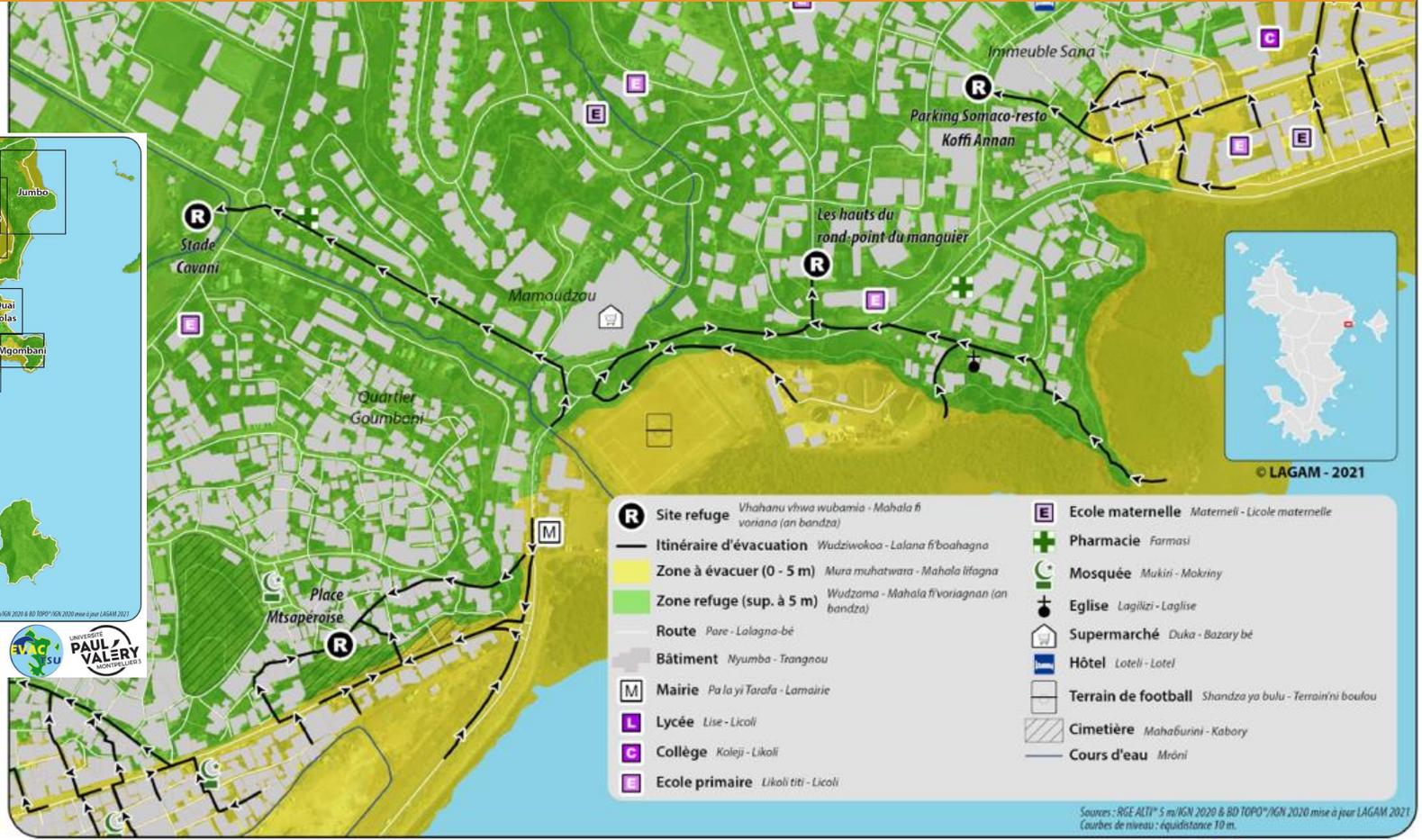
- > Augmenter les capacités d'alerte montante et descendante (détection, sirènes, FR-Alert et auto-alerte)
- > Préparer le territoire : balisage et aménagement des itinéraires
- > Préparer les populations (sensibilisation, exercices)



87 plans édités avec légende en 3 langues



COMMUNE DE MAMOUDZOU TARAFAMA MAMOUDZOU
INDEX DES PLANS D'ÉVACUATION TSUNAMI
 INDEX TARATIBU ZA U TRADZA WAKAZI NA ADJALI - TETIKY FIBOAHANA TSUNAMI



COMMUNE DE MAMOUDZOU
PLAN D'ÉVACUATION TSUNAMI : Stade Cavani
 TARATIBU ZA U TRADZA WAKAZI NA ADJALI - TETIKY FIBOAHANA TSUNAMI

Sources: RGE ALTI® 5 m/IGN 2020 & BD TOPO®/IGN 2020 mise à jour LAGAM 2021
 Courbes de niveau: équidistance 10 m.

Site internet avec carto interactive

<https://arcg.is/1be4iC0>

Le risque tsunami à Mayotte : se préparer à évacuer

Projet EVACTSU-Mayotte



Le risque tsunami à Mayotte

Comment se protéger ?

Trouver son site refuge

Vue 3D Mayotte

Plans d'évacuation en version imprimable

Ressources complémentaires

Mentions légales

Sites refuges en cas de tsunami @ LAGAM, 2021

Légende

- Site refuge (R)
- Itinéraire d'évacuation (→)
- Zone à évacuer (0-5 m) (jaune)
- Zone refuge (sup. à 5 m) (vert)

+

- Aéroport international
- Barge
- Bureau de poste
- Centre commercial
- Collège
- Ecole maternelle
- Ecole primaire
- Eglise
- Etablissement de santé
- Gendarmerie
- Hôtel
- Hôtel du département
- Lycée
- Mairie
- Marché
- Mosquée
- Pharmacie

Site refuge de : Place Marie Djari (Bambao)

Nom du site refuge : Place Marie Djari (Bambao)

Commune de : Dzaoudzi

Type : Route

Altitude moyenne (en m) : 17

Photo du site refuge de Place Marie Djari (Bambao)

Crédit photo : LAGAM, 2021



Une signalétique internationale normalisée à adapter au contexte local (norme ISO 20712 UNESCO)



Exercices d'évacuation et préparation d'un KES (Kit Evacuation Tsunami en milieu scolaire)

- > **4 exercices d'évacuations** de mi-mai à début juillet 2022
- > **Plus de 1560 élèves évacués et sensibilisés au risque tsunami** ainsi que **106 membres du corps éducatif**
- > **Elaboration d'un Kit d'Evacuation scolaire**



Consignes via des KOLs

Vidéos en ligne



TOUT REGARDER



Volcan Mayotte expliqué par experts



Henri Ahmed consignes séisme Mayotte

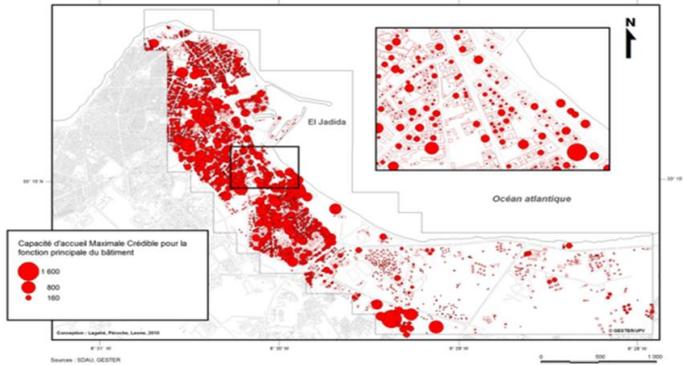


Zily prévention tsunami Mayotte

<https://www.youtube.com/channel/UCEmqix6TlfQXY7n2rMDoVkQ>

Modélisation spatio-temporelle de l'exposition humaine (densités) en cas de tsunami (El Jadida, Maroc)

CAMC (capacité d'accueil maximale crédible)



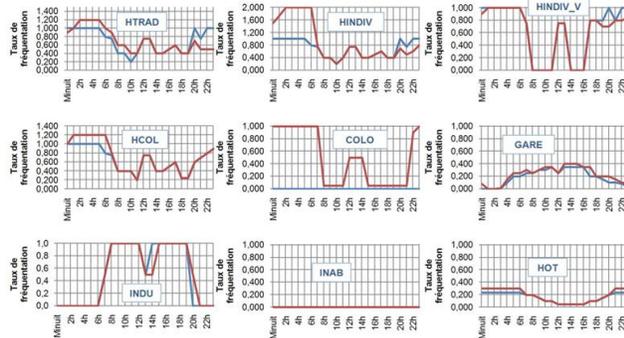
Densité humaine au m²

0,28 à 1,56	(12)
0,13 à 0,28	(41)
0,05 à 0,13	(1271)
0,03 à 0,05	(23)
0,02 à 0,03	(335)
0,01 à 0,02	(5)
0 à 0,01	(1628)

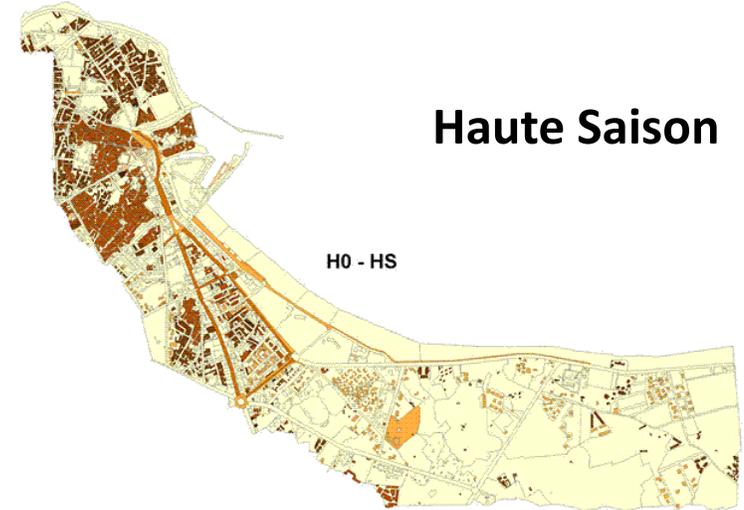
$D_h = CAMC * TF$

→ effectifs de population à évacuer = INPUT pour la modélisation des évacuation et le calibrage des plans

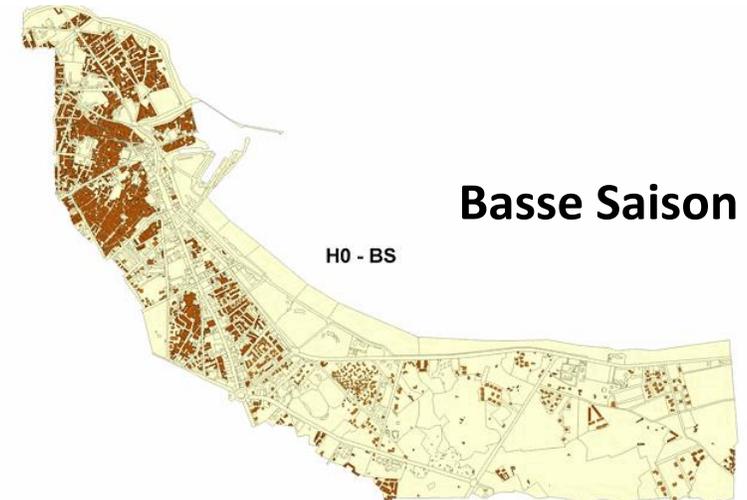
TF (taux de fréquentation horaire)



Haute Saison

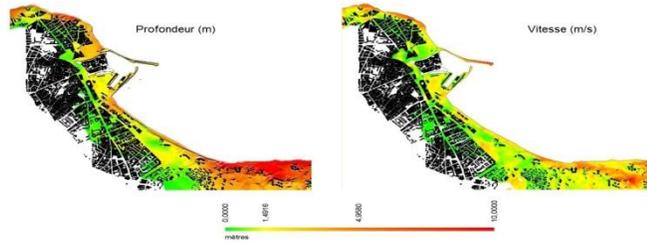


Basse Saison

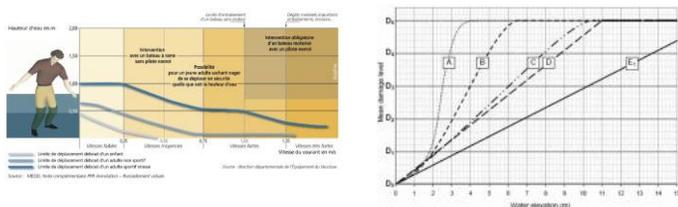
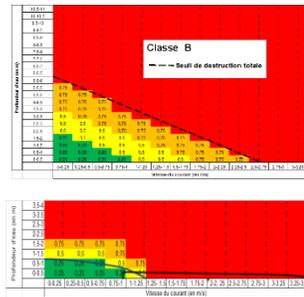


Modéliser les dommages (pertes humaines et économiques) au moyen de matrices empiriques

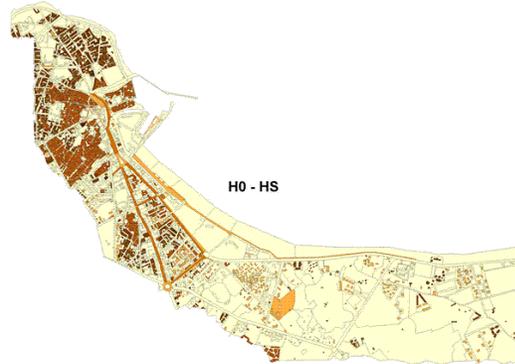
Aléa



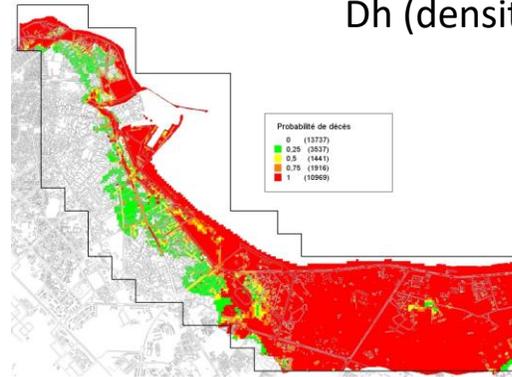
Matrices de dommages



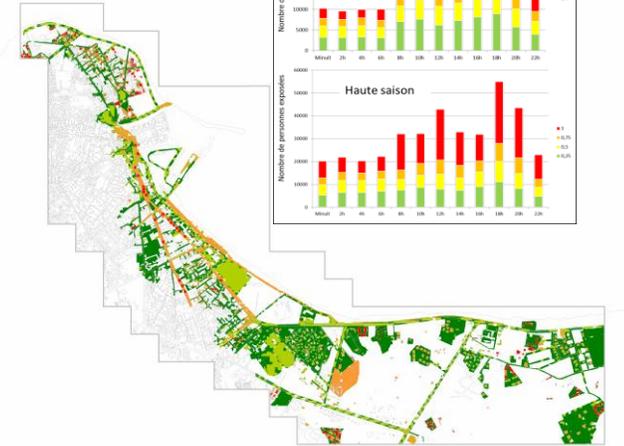
Courbes d'endommagement



Dh (densités humaines)



Taux de dommages potentiels



Indices de risque de pertes


**PRÉFET
DE MAYOTTE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


**DÉLÉGATION
INTERMINISTÉRIELLE
AUX RISQUES MAJEURS
OUTRE-MER**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


SGDSN
SÉCRÉTARIAT GÉNÉRAL
DE LA DÉFENSE ET DE
LA SÉCURITÉ NATIONALE



Contact : frederic.leone@univ-montp3.fr



Enjeux en zone à évacuer tsunami - Méditerranée française

Sélectionner ci-dessous un territoire
d'intérêt par département ou par
commune

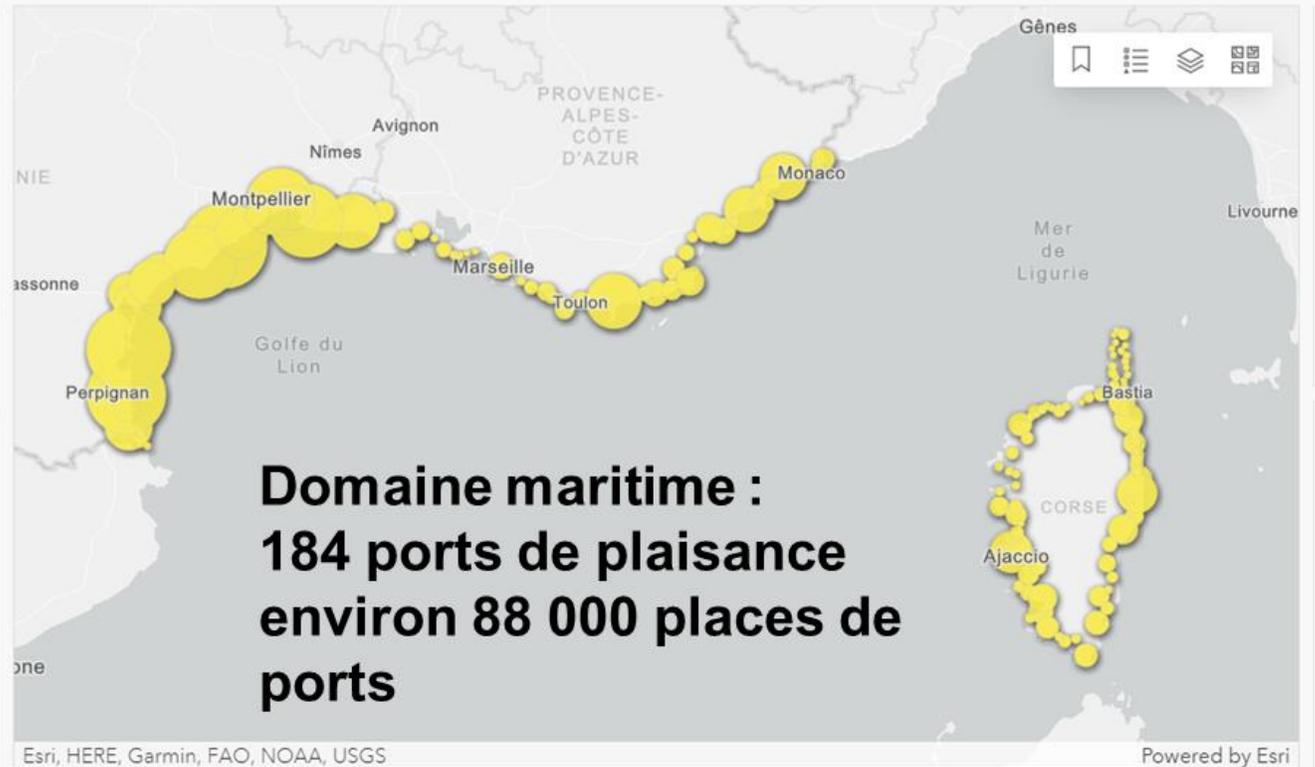
- Sélectionner un département -
Aucun

- Sélectionner une commune -
Aucune

Vous pouvez aussi cliquer sur une
commune dans la carte pour plus
d'informations.



LABORATOIRE
DE GEOGRAPHIE ET D'AMENAGEMENT
DE MONTPELLIER



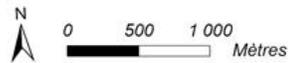
Nombre de résidents
163 154

Population estivale
467 016

Nombre de plagistes
835 884



Sources : Litto 3D@SHOM & IGN (2010) ; BD ORTHO@IGN (2017) ; LAGAM 2021 ; Open Street Map®



PLAN D'ÉVACUATION TSUNAMI - TSUNAMI EVACUATION PLAN
Cannes - Vue générale



Comment se mettre en sécurité en cas de tsunami

Hier, un stand installé par la mairie a sensibilisé les passants aux risques de tsunami en leur proposant d'expérimenter une signalétique d'évacuation en cas de raz-de-marée

Pas de scénario catastrophe du genre blockbuster hollywoodien mais plutôt de la prévention en cas de tsunami ! Hier, sur un stand d'information installé sur les Allées de la Liberté, tout au long de la journée, les Cannesais et les touristes ont pu se renseigner sur les possibilités d'assister à un tel événement dans la ville, et comment se mettre le plus rapidement à l'abri.

Une vague de 3 mètres

Un sujet pas si farfouille, comme le souligne Yannick Ferrand, directeur de la prévention et de la gestion des risques majeurs à la mairie de Cannes : « C'est l'objet de prolongement des actions de la ville contre les risques majeurs comme les inondations de 2015. Un tsunami à Cannes ? C'est possible. Il peut y avoir des vagues de



Yannick Ferrand, Alexandre (stagiaire) et Mélanie (doctorante) ont accueilli les passants sur leur stand des Allées de la Liberté. (Photos Sébastien Bonté)

30 mètres en 2004 ! Ici, avec en plus la dégradation historique de l'infrastructure, la sensibilisation et la signalétique pour atteindre une zone refuge sont essentielles. Nous devons faire prendre conscience et sensibiliser le public au tsunami ». L'expérimentation d'une signalétique au sol d'évacuation double au tsunami est une première en métropole. À l'instar du Japon ou du Canada.

Alerte et mise en sécurité

La prévention mais aussi l'alerte pour ensuite se mettre en sécurité le plus vite possible. « Nous avons plusieurs moyens pour prévenir les habitants avec les réseaux sociaux (près de

L'info en +

- 3 mètres : la taille possible de la vague en cas de séisme en mer qui peuvent générer des ondes marines.
- 200 mètres : la distance de la côte où il faudrait se mettre à l'abri et à 5 mètres d'altitude ! C'est la norme française.
- 400 mètres : la distance entre la gare maritime et la gare SNCF/routière, un des sites « refuge » en cas de tsunami avec une superficie de 2300 m² et une capacité d'accueil de 2130 personnes.

La phrase

« Il est fondamental d'anticiper, de sensibiliser, de s'adapter pour optimiser notre comportement le jour où le péril apparaît ». David Lionard, maire de Cannes.

Le chiffre 240

C'est le nombre de haut-parleurs installés dans toute la ville de Cannes pour informer la population en cas d'alerte orange, rouge ou tsunami dont 150 dans la bande littorale des 200 mètres.

Les deux signalétiques testées sur les passants.

rkoskas@ciematin.fr

**MÉTROPOLE
NICE CÔTE D'AZUR**



**PROJET EVACTSU
NICE CÔTE D'AZUR**

(2023-2026)

