

Uncertainties and risks in the STRUDEL team : an overview of existing works

Alexandre Hippert-Ferrer

LaSTIG seminar - *Uncertainty and risks*



LABORATOIRE
EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Sous la co-tutelle de :
IGN - ENSG
UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL



**Université
Gustave Eiffel**



Content

A generative approach to geolocalisation

Detecting Out-Of-Distribution Earth Observation Images with Diffusion Models

Mapping theoretical audibility of siren alert systems with the NoiseModelling tool

« Instrument de financement : Jeunes chercheuses - jeunes chercheurs (JCJC) »

Liste des projets sélectionnés (par ordre alphabétique) :

Acronyme et titre du projet		Coordinateur / Coordinatrice
DREAMS	Distillation de modèles IA efficaces en ressources pour la cartographie rapide à partir d'images satellitaires multicapteurs	Minh Tan PHAM
FlexMIEE	Flexibilité des Modèles Imbriqués pour l'Efficacité Énergétique des bioréacteurs à membranes de grande taille	Rachid OUARET
GlacioSim	Suivi du déplacement des glaciers par apprentissage de similarité	Alexandre HIPPERT-FERRER
OFML	Optimisation des stratégies de lutte contre les incendies de forêt en temps réel à l'aide de techniques d'apprentissage automatique	Sibo CHENG
PROBTOOL	Propagation des distributions de probabilité des conditions initiales dans les simulations d'écoulement en couche mince : application à l'évaluation de l'aléa avalanches de blocs	Marc PERUZZETTO



The GlacioSim project in brief

- ▶ **Title** : Glacier displacement monitoring with similarity learning
- ▶ **Start-End** : 2026-2030
- ▶ **Recrutement** : 1 PhD, 1 postdoc (1 year), 1 Master's student intern
- ▶ **Persons involved** :



Ewelina Rupnik



Sous la co-tutelle de :
CNRS
ÉCOLE DES PONTS PARISTECH
UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL

Loïc Landrieu



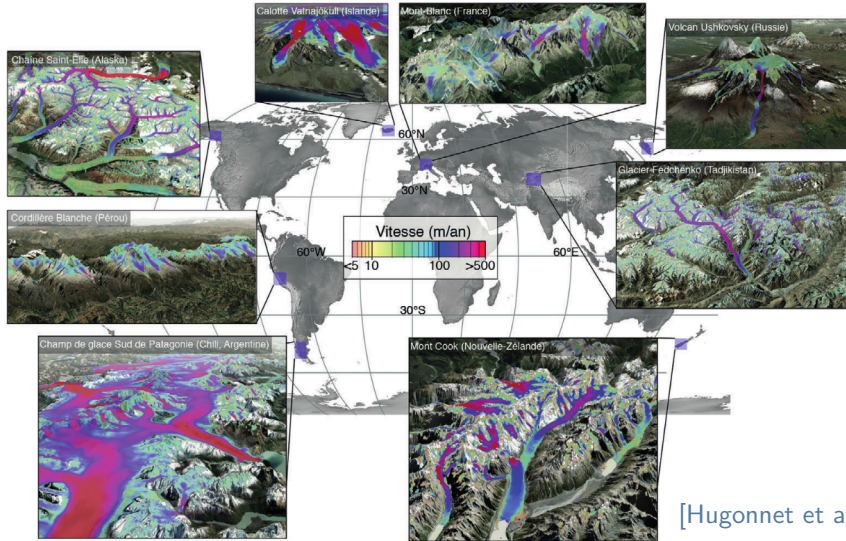
Institut des Géosciences de
l'Environnement

Antone Rabatel
Romain Millan



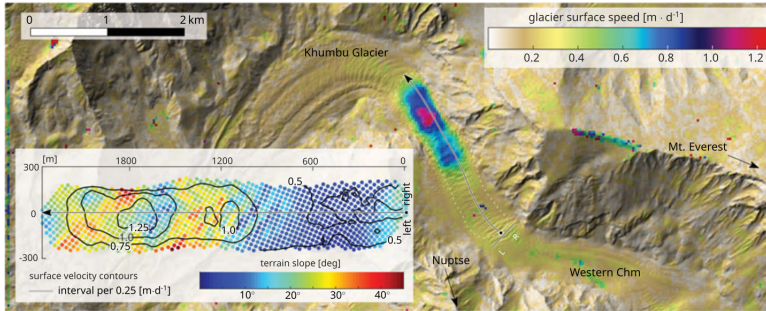
Nabil El Korso

Context : mapping glacier surface flow velocity using remote sensing images



[Hugonnet et al., 2023]

Motivation



Khumbu icefall, from [Altena and Kääb, 2020].

Accurately estimating similarity maps from orthorectified images, from which glacier surface velocities are estimated, is challenging because of...
spatiotemporal variability, complex terrain geometry, noise, data gaps, etc.

Scientific objectives

- #1 Leverage handcrafted similarity-based methods for glacier monitoring
- #2 Learn similarity maps from multi-modal imagery
- #3 Produce reliable and representative training data for glacier surface velocity prediction
- #4 Obtain continuous and reliable similarity maps with robust imputation

Data: satellite (optical, radar) and aerial images (PVA, drone)

Around the World in 80 time steps: A generative approach to geolocalisation

Nicolas Dufour (LIGM; LIX)

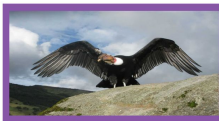
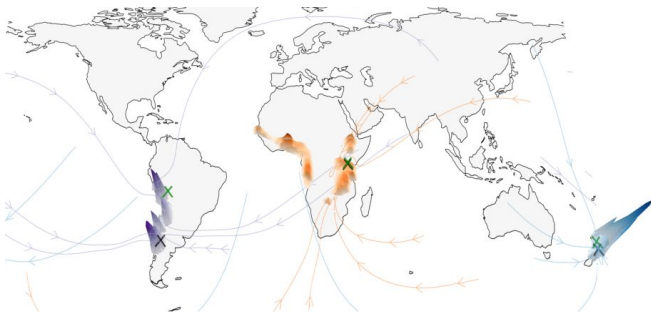
David Picar (LIGM)

Vicky Kalogeiton (LIX)

Loïc Landrieu (LIGM; IGN/LaSTIG associate)

Visual Global Geolocation

- **Objective:** try to locate a image *anywhere in the world*
- **Difficulty:** often ambiguous / noisy supervision
- **Solution:** match (conditional) distributions instead of “hard” locations



iNat-21 [74]



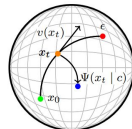
YFCC-100M [1]



OSV-5M [2]

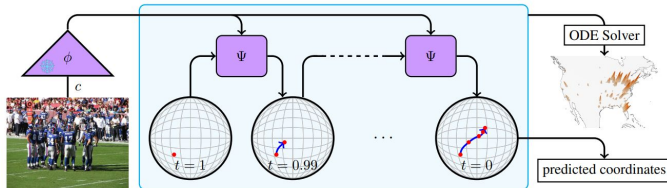
Geolocation as a Generative Process

- **Method:** we use Diffusion / Flow Matching techniques
- **In Practice:** we learn to “correct” noisy coordinates - given an image
- **The Trick:** use Riemannian flow matching to take into account Earth’s geometry



$\bullet$ x_0 : true location
 $\bullet$ ϵ : sampled noise
 $\bullet$ x_t : noisy location
 $\bullet$ $\psi(x_t | c)$: prediction
 $\rightarrow v(x_t)$: velocity field

Diffusion
$x_t = \sqrt{1 - \kappa(t)}x_0 + \sqrt{\kappa(t)}\epsilon$ $\mathcal{L}_D = \ \psi(x_t c) - \epsilon\ ^2$
Flow Matching
$x_t = (1 - \kappa(t))x_0 + \kappa(t)\epsilon$ $\mathcal{L}_{FM} = \ \psi(x_t c) - v(x_t)\ ^2$
Riemannian Flow Matching
$x_t = \exp_{x_0}(\kappa(t) \log_{x_0}(\epsilon))$ $\mathcal{L}_{RFM} = \ \psi(x_t c) - v(x_t)\ _{x_t}^2$ $\kappa(t)$: noise scheduler



Results

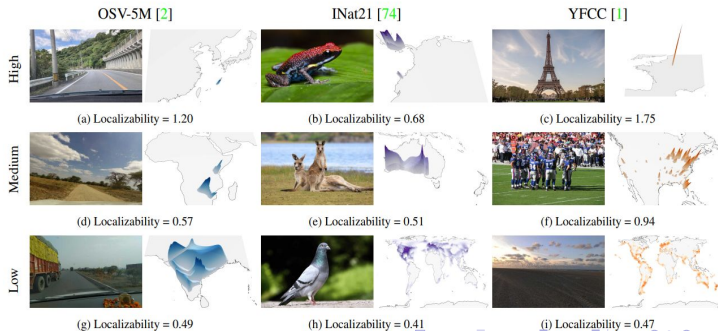
- **SOTA**: for geolocation for
 - OSV-5M (street-view)
 - iNaturalist21 (animals)
 - YFCC100M (uploaded on Flickr)

		YFCC-4k [1, 76]					
		geos. $\uparrow$	dist $\downarrow$	accuracy $\uparrow$ (in %)			
		/5000	(km)	25km	200km	750km	2500km
deterministic	PlaNet [77]			14.3	22.2	36.4	55.8
	CPlaNet [66]			14.8	21.9	36.4	55.5
	ISNs [52]			16.5	24.2	37.5	54.9
	Translocator [63]			18.6	27.0	41.1	60.4
	GeoDecoder [11]			24.4	33.9	50.0	68.7
	PIGEON [26]			24.4	40.6	62.2	77.7
generative	Uniform	131.2	10052	0.0	0.0	0.3	3.8
	vMF	1847	3563	4.8	15.0	30.9	53.4
	vMFMix [36]	1356	4394	0.4	8.8	20.9	41.0
	Diff R^3 (ours)	2845	2461	11.1	37.7	54.7	71.9
	FM R^3 (ours)	2838	2514	22.1	35.0	53.2	73.1
	RFM S_2 (ours)	2889	2461	23.7	36.4	54.5	73.6
		RFM_{10M} S_2 (ours)	3210	2058	33.5	45.3	61.1

		OSV-5M [2]						iNat21 [74]
		geos. $\uparrow$	dist $\downarrow$	accuracy $\uparrow$ (in %)				dist $\downarrow$
		/5000	(km)	country	region	city		(km)
deterministic	SC 0-shot [25]	2273	2854	38.4	20.8	<u>14.8</u>		
	Regression [2]	3028	1481	56.5	16.3	0.7		
	ISNs [52]	3331	2308	66.8	39.4	4.2		
	Hybrid [2]	3361	1814	68.0	39.4	5.9		
	SC Retrieval [25]	3597	1386	73.4	45.8	19.9		
generative	Uniform	131	10052	2.4	0.1	0.0		10,010
	vMF	2776	2439	52.7	17.2	0.6		6270
	vMFMix [36]	1746	5662	34.2	11.1	0.3		4701
	Diff R^3 (ours)	3762	1123	75.9	40.9	3.6		3057
	FM R^3 (ours)	3688	1149	74.9	40.0	4.2		2942
	RFM S_2 (ours)	3767	1069	76.2	44.2	5.4		2500

- **Beyond Coordinates**: we can compute the conditional distributions, not just long/lat

- **Localizability**: we can quantify the “localizability” of an image



Links

- **Paper:**

<https://arxiv.org/abs/2412.06781>

- **Demo:**

<https://huggingface.co/spaces/nicolas-dufour/Plonk>

- **Project:**

<https://nicolas-dufour.github.io/plonk>

- **Models:**

<https://huggingface.co/collections/nicolas-dufour/around-the-world-in-80-timesteps-6758595d634129e6fc63dad9>

Around the World in 80 Timesteps: A Generative Approach to Global Visual Geolocation

Upload an image and our model, PLONK, will predict possible locations! In red we will sample one point with guidance scale 2.0 for the best guess. Project page: <https://nicolas-dufour.github.io/plonk>

Select Model
PLONK_YFCC

Guidance scale
0.00 5.00
Number of samples
64

 Choose your image

Upload URL Examples

Choose an image...



Drag and drop file here

Limit 200MB per file • PNG, JPG, JPEG

Browse files



640px-Forcailquier_France_Luberon.jpeg 103.2KB

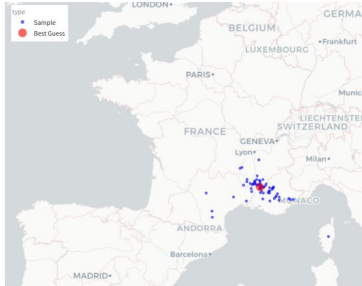


Uploaded Image

 Predict Location



Predicted Locations



Prediction Statistics

Number of sampled locations: 64

Best guess location: 44.29°, 5.13°

Detecting Out-Of-Distribution Earth Observation Images with Diffusion Models

Georges Le Bellier (CNAM)

Nicolas Audebert (CNAM, IGN/LaSTIG)

Introduction

- Remote sensing faces a multitude of distribution shifts (sensor, season, area...)
- Rare events (floods, forest fires, storms) in datasets

Post-flood satellite images



Ground truth segmentation masks

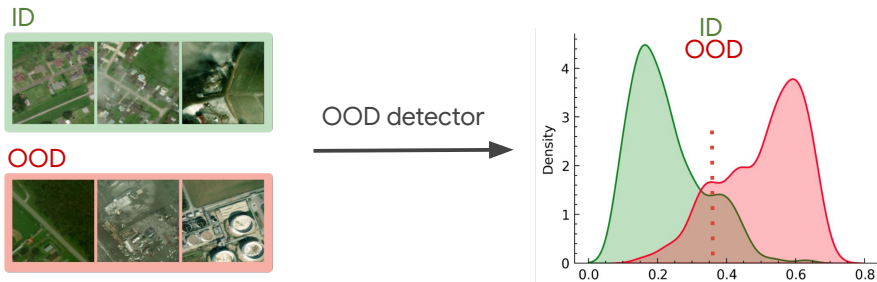


Model trained on pre-flood



Predictive models
perform poorly on
Out-Of-Distribution
(OOD) samples

Out-Of-Distribution Detection



ID samples → good reconstruction
OOD samples → poor reconstruction

Main Idea

- Diffusion models are powerful generative models
- Train diffusion models on ordinary Earth observation images



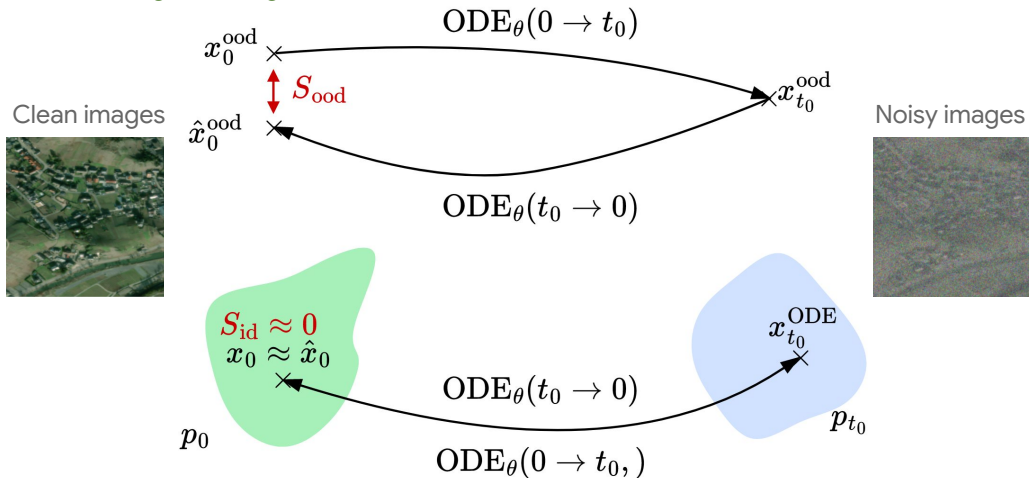
- Evaluated the reconstruction: MSE or LPIPS (perceptual similarity)

Diffusion-based OOD detectors

2. Deterministic sampling

ODE encoding/decoding

ODEED reconstruction score



Main results

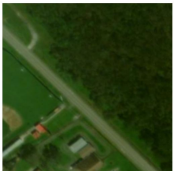
New area



Pre/Post



Flood



- 256x256 SpaceNet 8 images
- Model trained on **pre-event** images only
- Results: AUC/FPR@95%

Baselines

Discriminative methods:

- segmentation models
- need labelled dataset

Generative methods:

- Autoencoder-based
- Diffusion-based

Main results

	Method	Pre-flood/Post-flood		Non-flooded/flooded		Domain OOD	
		Germany	Louisiana	Germany	Louisiana	Germany	Louisiana
Discriminative Segmentation	MPC	52.6/98.9	41.1/98.4	67.4/80.0	61.0/94.3	69.8/93.4	47.7/95.5
	Neg-Entropy	59.6/97.7	42.8/95.9	64.3/80.0	60.7/97.1	76.3/92.2	48.8/94.3
	DeepKNN (k=5)	51.9/80.7	76.4/38.9	70.1/86.7	54.3/100	93.6/28.7	80.9/38.6
	Energy Logits	67.9/88.6	67.9/88.6	56.4/80.0	60.9/97.1	84.7/70.9	50.4/92.0
Generative Diffusion Loss	Training	50.4/84.1	52.3/88.5	59.7/100	71.0/71.4	67.0/86.0	55.9/98.8
	Linear	49.2/85.2	53.2/88.5	70.0/100	75.7/71.4	60.4/83.1	57.0/98.0
Reconstruction based							
Autoencoder	MSE	28.4/96.6	26.3/95.1	57.9/100	68.5/85.7	84.9/79.9	28.3/96.6
	LPIPS	21.1/97.7	27.5/96.3	55.6/100	69.5/77.1	75.2/54.9	41.4/100
	Mahalanobis	48.9/95.1	30.8/97.1	51.4/94.9	72.5/90.6	49.6/95.0	52.0/94.8
1-step denoising	MSE	28.8/81.8	42.2/73.3	68.5/100	73.4/77.1	86.3/20.9	33.5/97.7
	LPIPS	<u>74.5/59.1</u>	<u>90.9/35.7</u>	60.5/100	<u>76.8/65.7</u>	79.6/52.5	82.1/85.2
ODEED (Ours)	MSE	65.6/76.1	69.0/80.3	83.6/33.3	86.9/42.9	41.2/97.1	60.9/95.4
	LPIPS	87.9/20.5	94.5/24.6	<u>75.3/73.3</u>	64.1/85.7	54.3/97.5	68.3/ <u>70.4</u>

- ODEED outperforms previous methods on pre/post and non-flooded/flooded scenarios
- ODEED does not have the best results for the geographical areas scenario

Mapping theoretical audibility of siren alert systems

Pierre Aumond

Jonathan Saliezar

Paul Chapron (IGN/LaSTIG)

Aman Arora

Matthieu Péroche

Début des travaux – Projet TASOMA



Un des objectifs : cartographier au moyen d'un géoindicateur multicritères le risque tsunami :

- Quantité d'enjeux humains en zone à évacuer
- Distance d'évacuation vers un site refuge
- Temps d'arrivée du tsunami
- Amplitudes du tsunami
- **Audibilité théorique des sirènes**

<https://storymaps.arcgis.com/stories/caabb106dd684f67ab758e3ec14f2ad5>

Rapprochement avec l'UMR AE - communauté scientifique Noise-Planet



Noise-Planet

Outils scientifiques pour l'évaluation du bruit dans l'environnement



OnoMap

Une Infrastructure de Données Spatiales (IDS) dédiée aux données sur le bruit.

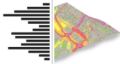


NoiseCapture

tag v1.2.23

Watch 29 Fork 45

Une application Android gratuite et open-source pour mesurer et partager l'environnement sonore des utilisateurs.



NoiseModelling

release v4.0.5

Watch 44 Fork 78

Un plugin SIG open-source et gratuit, permettant de produire des cartes de bruit (anciennement "NoiseM@p").



Cartes communautaires

Un navigateur cartographique pour afficher les données de bruit mesurées par des contributeurs.

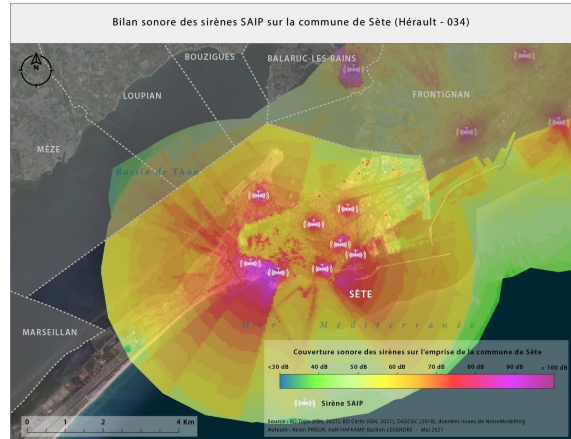
NoiseModelling est un outil gratuit et open-source conçu pour produire des cartes de bruit environnemental sur de très grandes zones urbaines. Il peut être utilisé comme une bibliothèque Java ou être contrôlé par une interface web conviviale.

<https://noise-planet.org/>

Premières modélisations de l'audibilité théorique des sirènes

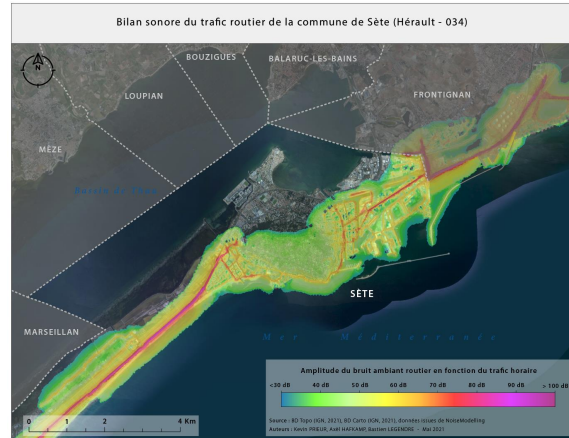
Prise en compte des conditions locales :

- d'occupation du sol ;
- de topographie ;
- météorologiques
- ...



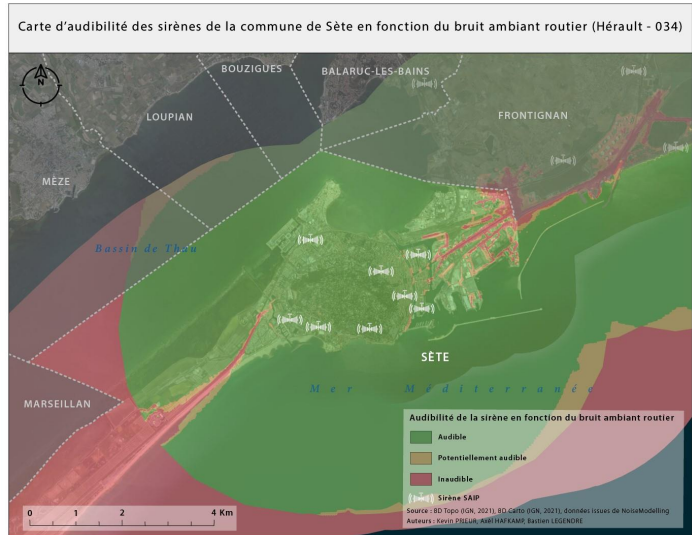
Premières modélisations de l'audibilité théorique des sirènes

Prise en compte des conditions locales :
- du bruit routier.

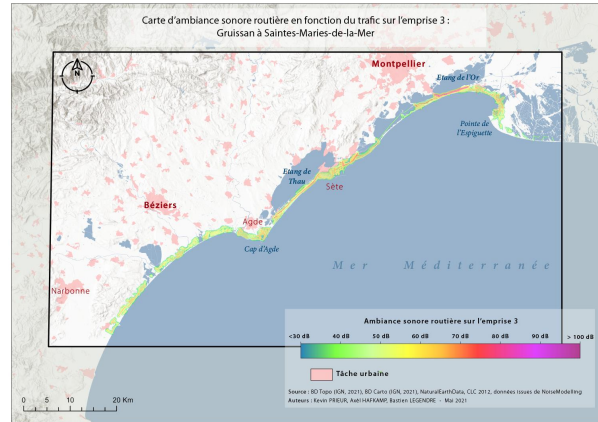
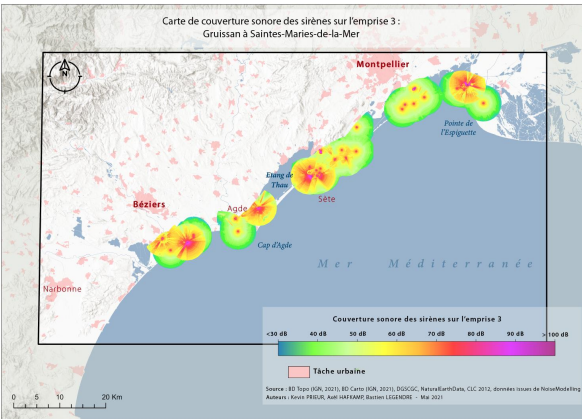


Premières modélisations de l'audibilité théorique des sirènes

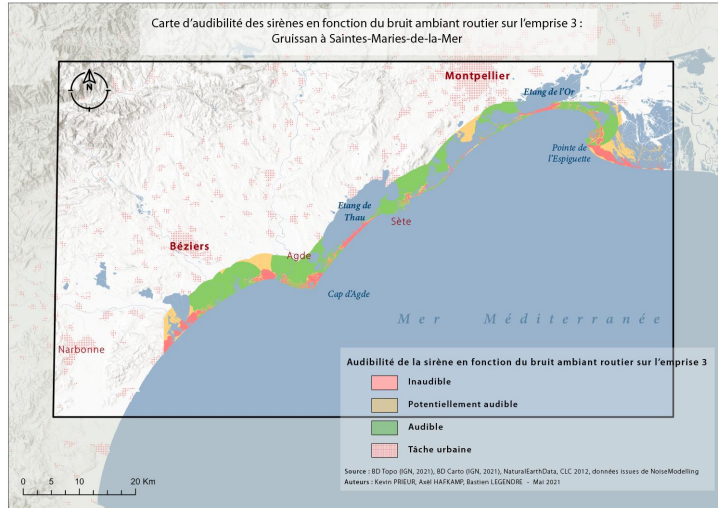
Etude exploratoire



Premières modélisations de l'audibilité théorique des sirènes



Premières modélisations de l'audibilité théorique des sirènes



Alertabilité théorique

Un sous objectif : définir l'alertabilité théorique de la population par la modélisation des niveaux sonores du signal des sirènes du SAIP

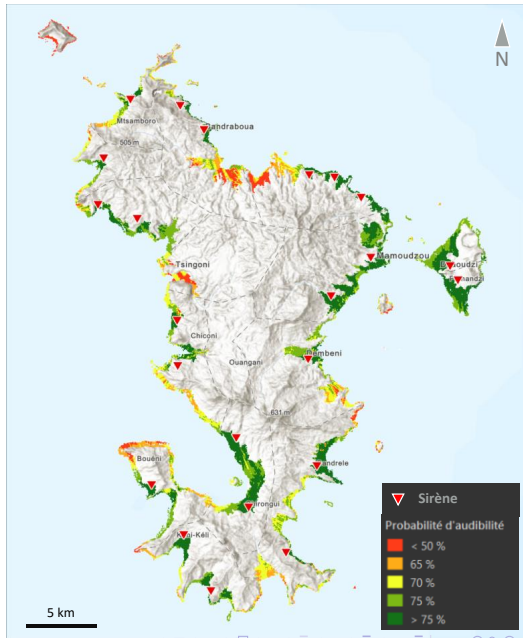
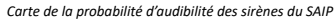
Outils mobilisés :



NoiseModelling

Projet EVACTSU-Mayotte - <https://arcg.is/1be4iC0>),

Cofinancement : Préfecture de Mayotte, SGDSN, DIRMOM/MAPPROM , UPVM3



Alertabilité théorique à Mayotte

Perspectives :

1. Spatialiser les secteurs à enjeux non couverts par le signal sonore
2. Confronter les résultats de simulation (enquêtes en ligne diffusées les 1^{er} mercredi du mois)
3. Développer un modèle d'optimisation spatiale pour l'implantation des sirènes

EchoGéo

64 | 2023

Les risques environnementaux dans des contextes ultramarins français : gestion, acceptabilité sociale et conflictualité

Sur le Champ

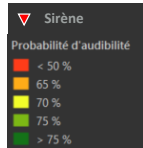
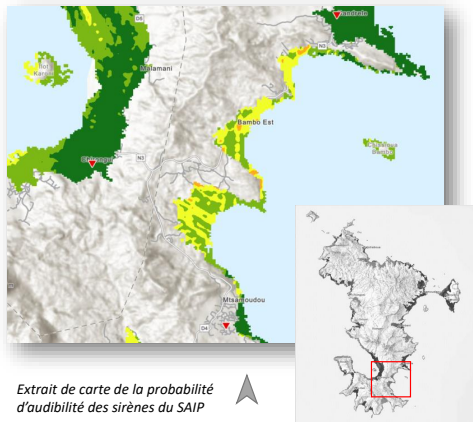
Mayotte se prépare au risque tsunami : modélisations, alerte, évacuation, sensibilisation

Tsunami risk in Mayotte: Assessment, warning, evacuation, preparedness

Frédéric Leone, Monique Gherardi, Matthieu Péroche, Émilie Lagahé, Pierre Aumond, Jonathan Siliezar Montoya, Fahad Idaroussi Tsima, Pablo Poulain, Anne Le Friant, Anne Mangeney, Said Hachim Mogne et Valentin Roudier

Pour en savoir +

<https://journals.openedition.org/echogeo/25078>



Nouveau défis, optimiser l'implantation spatiale des sirènes

Proposition initiale pour le positionnements des sirènes électroniques



★ Sites testés

— Orientation des diffuseurs



Couvercle driver

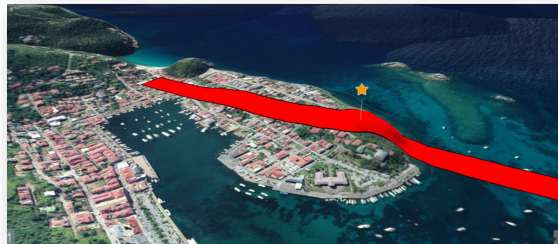


Diffuseur



Nouveau défis, optimiser l'implantation spatiale des sirènes à Saint-Barthélemy

Tests *in situ* ...



Sismographe (colombier) 17°54'46.12"N, -62°50'57.80"W

Date et heure du test	19/01/2022 – 10h00
Hauteur du dispositif	123 mètres
Orientation des diffuseurs	134 SE – 329 NW
Bruits environnants	Vent (fort)
Météo	35 km/h- EST (Ressenti plus fort sur le site)



Gendarmerie (Gustavia) 17°53'50.39"N, -62°51'12.89"W

Date et heure du test	25/01/2022 – 09h00
Hauteur du dispositif	20 mètres
Orientation des diffuseurs	142 SE – 331 NW
Bruits environnants	Vent (faible)
Météo	20 km/h- EST



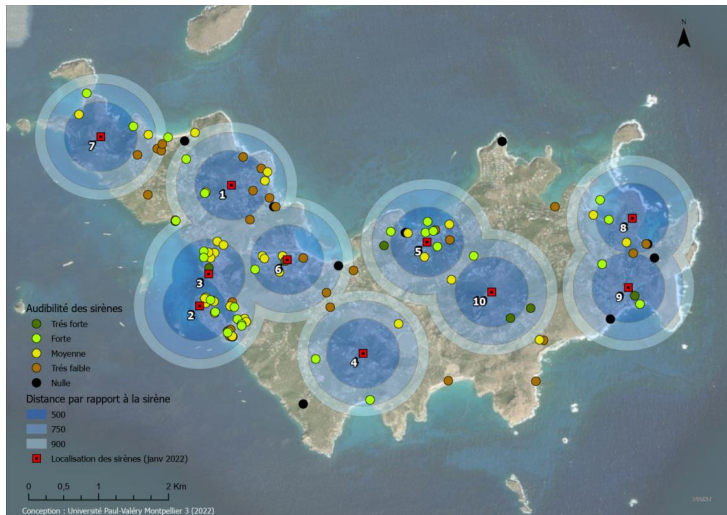
Nouveau défis, optimiser l'implantation spatiale des sirènes à Saint-Barthélemy

Tests *in situ* ...

148 questionnaires exploitables
33 questionnaires non géolocalisés

En extérieur

Situation (E7)	en extérieur	.Y			
Erreur localisation E3	0	.Y			
Brut Ambiant (E8)	(Plusieurs éléments)	.Y			
Étiquettes de lignes	distance moyenne	distance max.	distance min.	nombre de participants	
Forte	633	911	174	11	
Moyenne	730	1630	212	20	
Nulle	1695	3740	673	4	
Très faible	898	3071	302	16	
Très forte	520	588	451	2	
Total général	805	3740	174	53	



Nouveaux défis, optimiser l'implantation spatiale des sirènes à Saint-Barthélemy

Recherches en cours

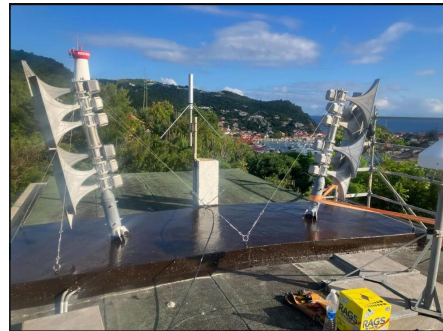
Aman Arora / Pierre Aumond / Paul Chapron

&

Projet SAFE SAINT-BARTH



<https://safestbarth.fr/>



References I

-  Altena, B. and Kääb, A. (2020).
Ensemble matching of repeat satellite images applied to measure fast-changing ice flow, verified with mountain climber trajectories on khumbu icefall, mount everest.
[Journal of Glaciology](#), 66(260):905–915.
-  Hugonnet, R., Millan, R., Mouginot, J., Rabatel, A., and Berthier, É. (2023).
Un atlas mondial pour caractériser la réponse des glaciers au changement climatique.
[La Météorologie](#), 2023(120):37–45.