

**DURABILITÉ(S) :  
ENJEUX SINGULIERS, DÉFIS PLURIELS**

**22 JUIN  
2023**



# **NOUVELLE "INGÉNIERIE ACTUARIELLE" EN COOPÉRATION AVEC DES GÉOGRAPHES EN RISQUE INONDATION**



**Florence PICARD**  
Gérante  
FP Consult



**Élise BASQUIN**  
Doctorante en géographie  
Sorbonne Université



**Maud THOMAS**  
Maître de conférence  
Sorbonne Université

## HAVE BACKUP PLANS FOR FORSEEABLE CALAMITIES (KNOWN UNKNOWNs)

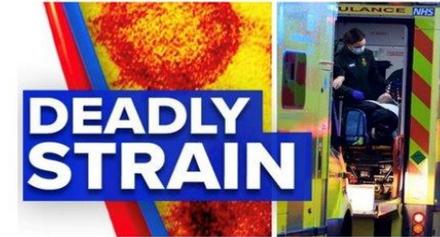
### Domestic Terrorism



### Climate Catastrophe



### Disease Outbreak



### Rogue Provocations



### Border Crisis



### System Crash



### War



### Supply Chain Fail



### Infrastructure Hack



# Réflexions du GT Anticiper en univers incertain

Resp : N. Marescaux, F. Picard & M. Thomas

- Comprendre les nouveaux risques, en contexte de données rares
- Importance des comportements humains en univers incertain
- Mutualisation et rôle de l'Etat dans le partage des risques
- IA Générative: un outil pour les actuaires
- Méthodes d'évaluation des risques nouveaux ou évolutifs

# Méthodes d'évaluation des risques nouveaux ou évolutifs

- Pour ces nouveaux risques, aucune statistique/donnée de type coût et/ou fréquence
  - Impossible d'attendre
  - Il faut aller chercher les données sur le terrain et contribuer à la collecte, *notamment via la recherche académique et actuarielle*
- Unir les forces des différents domaines de compétences pour :
  - **Comprendre les mécanismes** de constitution du risque  
Apprendre des experts du domaine du risque
  - **Construire des bases de données globales** adaptées **aussi** aux besoins d'évaluation économique du risque (besoin des actuaires)

*Cela n'a rien d'évident. En risque cyber par exemple, un Observatoire de la menace n'a toujours pas été décidé, malgré sa nécessité pour prendre en compte l'impact économique du risque dans la politique publique et l'assurance.*

- Généralisation de méthodes classiques
  - Méthodes actuarielles classiques : Ajout de variables dans des modèles type GLM, GAM, Lee-Carter
- **Problématique** : peu voire pas de données, peu d'historique
  - Statistique bayésienne : prendre en compte les avis d'experts
  - Statistique des valeurs extrêmes : prédiction d'événements plus extrêmes que ceux observés dans le passé
  - Méthodes utilisées dans d'autres disciplines :
    - Adapter ces méthodes : Modèles SIR en cyber
    - Projets pluridisciplinaires

# Un projet pluridisciplinaire : **ALARM**

Evaluation des **AL**éas fond de mer et **A**nalyse des **R**isques en mer **M**éditerranée



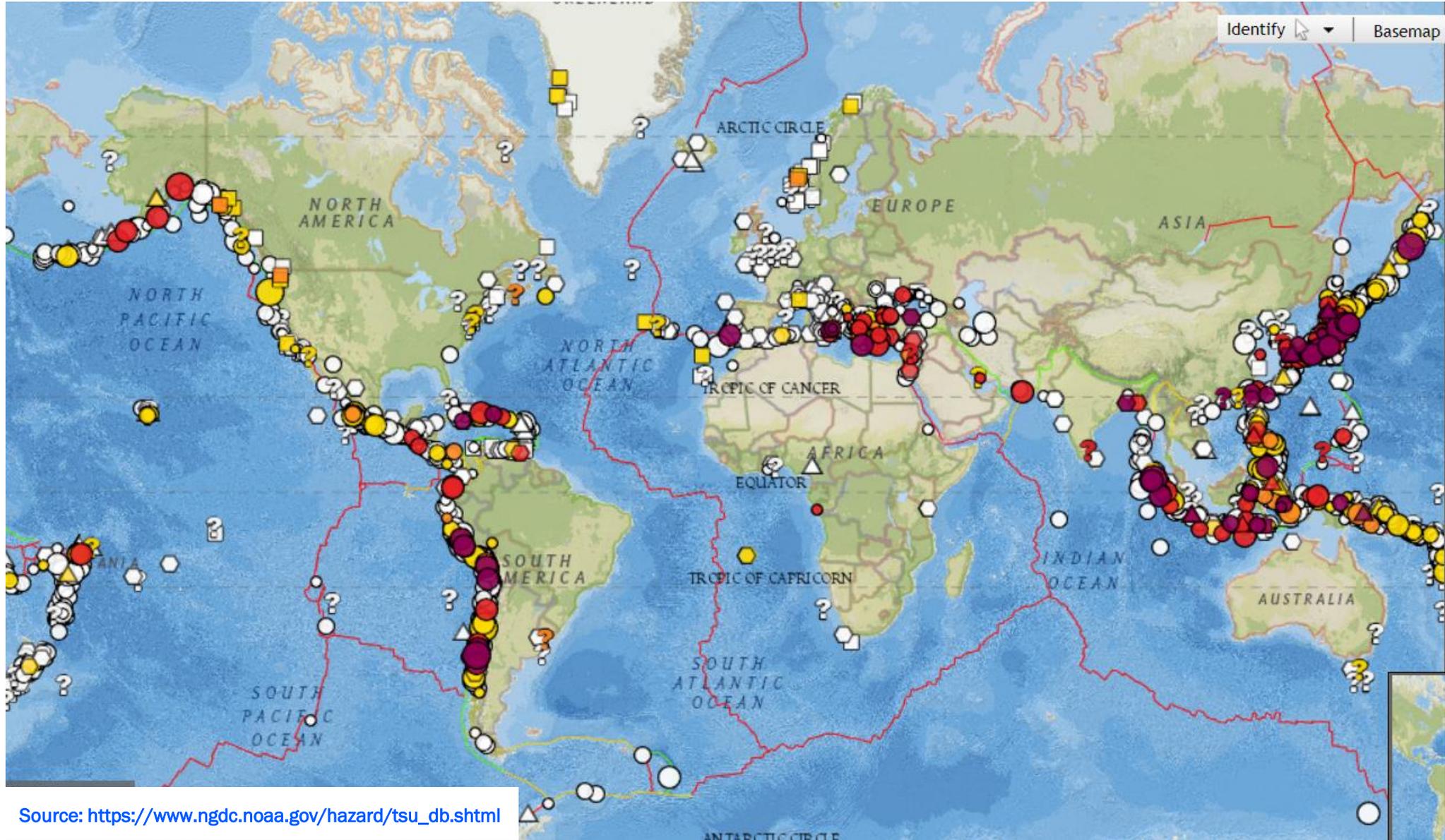


Communiqué de presse >

## **Résilience aux tsunamis : l'UNESCO formera 100 % des populations côtières à risque d'ici 2030**

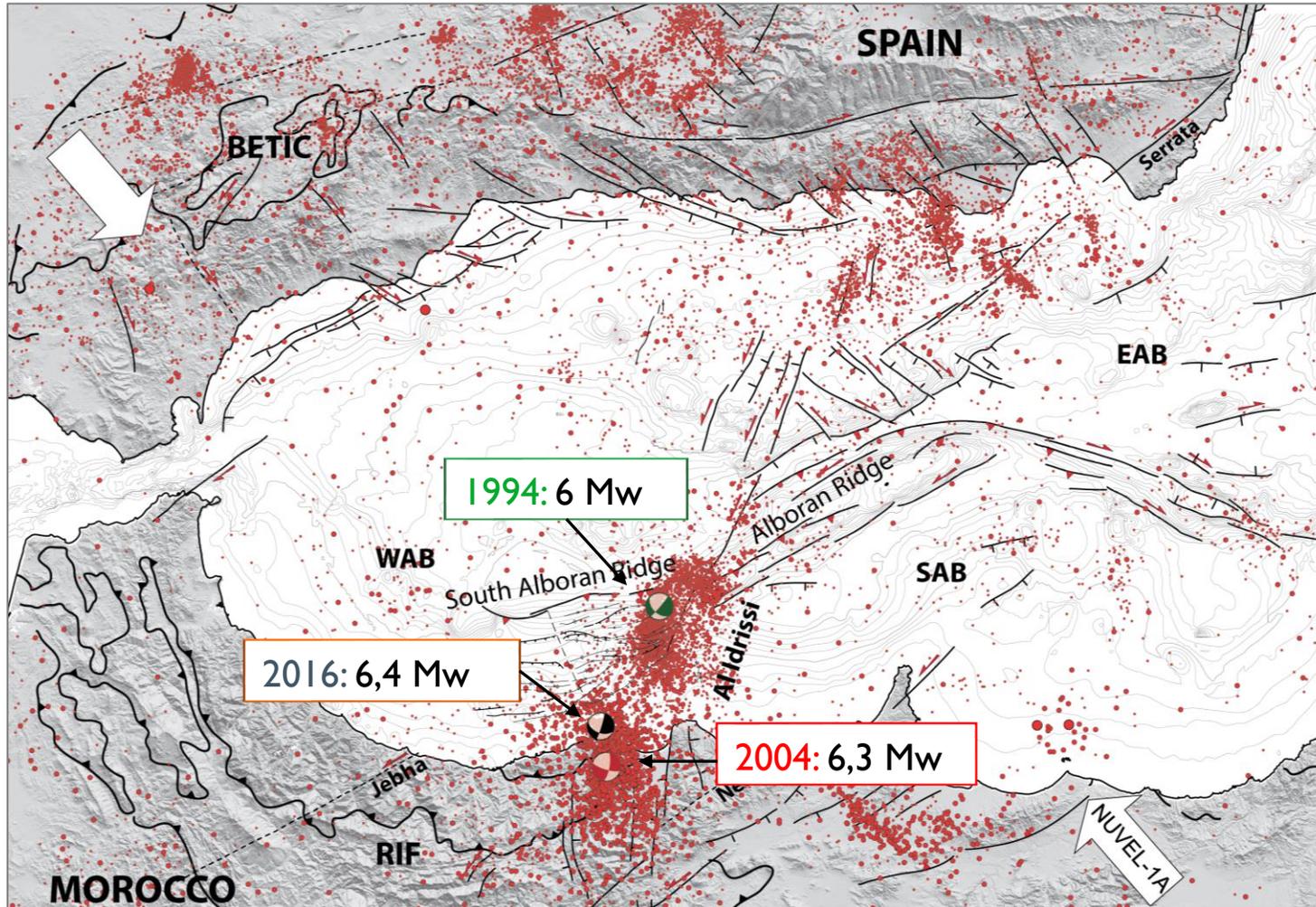
« Les statistiques montrent que la probabilité d'une vague de tsunami de plus de 1 mètre en Méditerranée dans les 30 prochaines années est proche de 100 %. 78 % des tsunamis sont dus à l'activité sismique, 10 % à l'activité volcanique et aux glissements de terrain, et 2 % à l'activité météorologique. »

# Un tsunami en Méditerranée ?

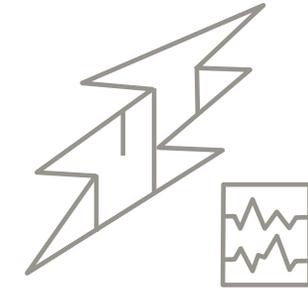


# Un tsunami en Méditerranée ?

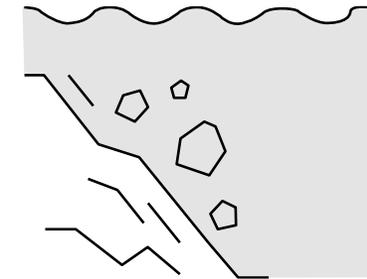
## Les tsunamis en mer d'Alboran



Sismique ( $\approx 6,4$  Mw)

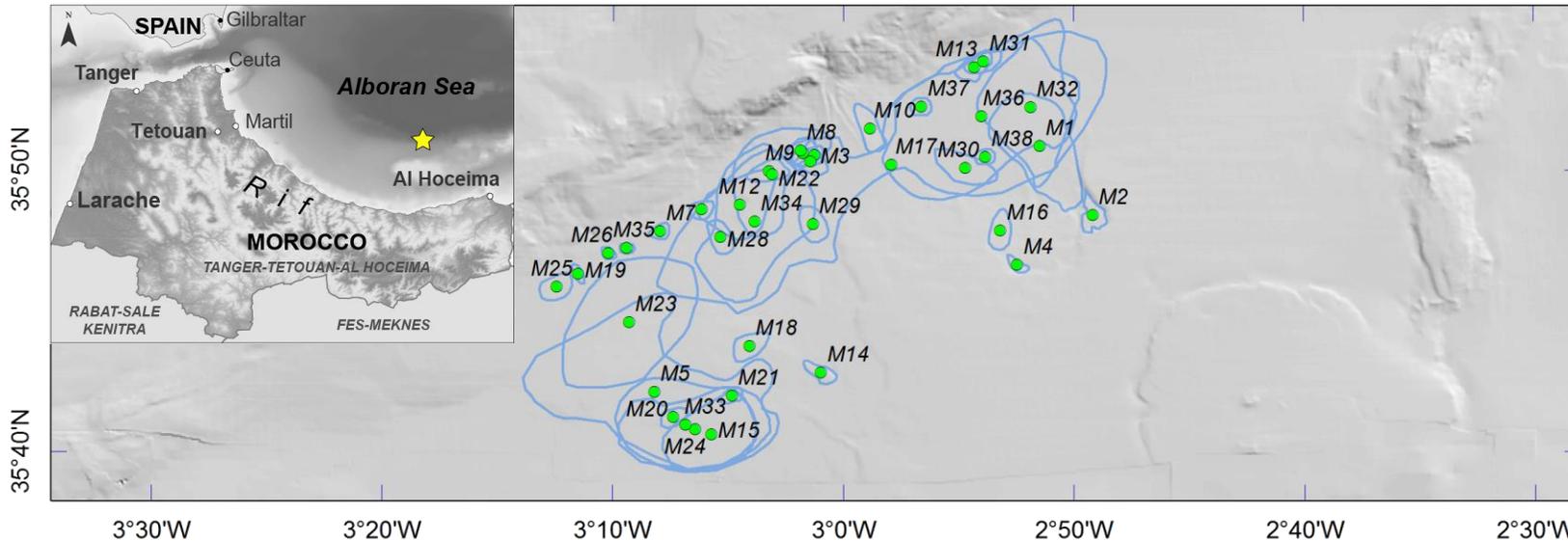


Et/ou glissement sous-marins

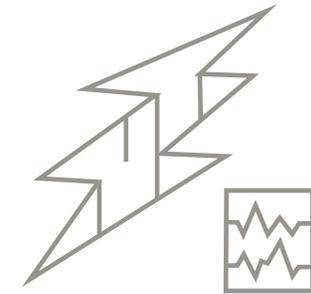


# Un tsunami en Méditerranée ?

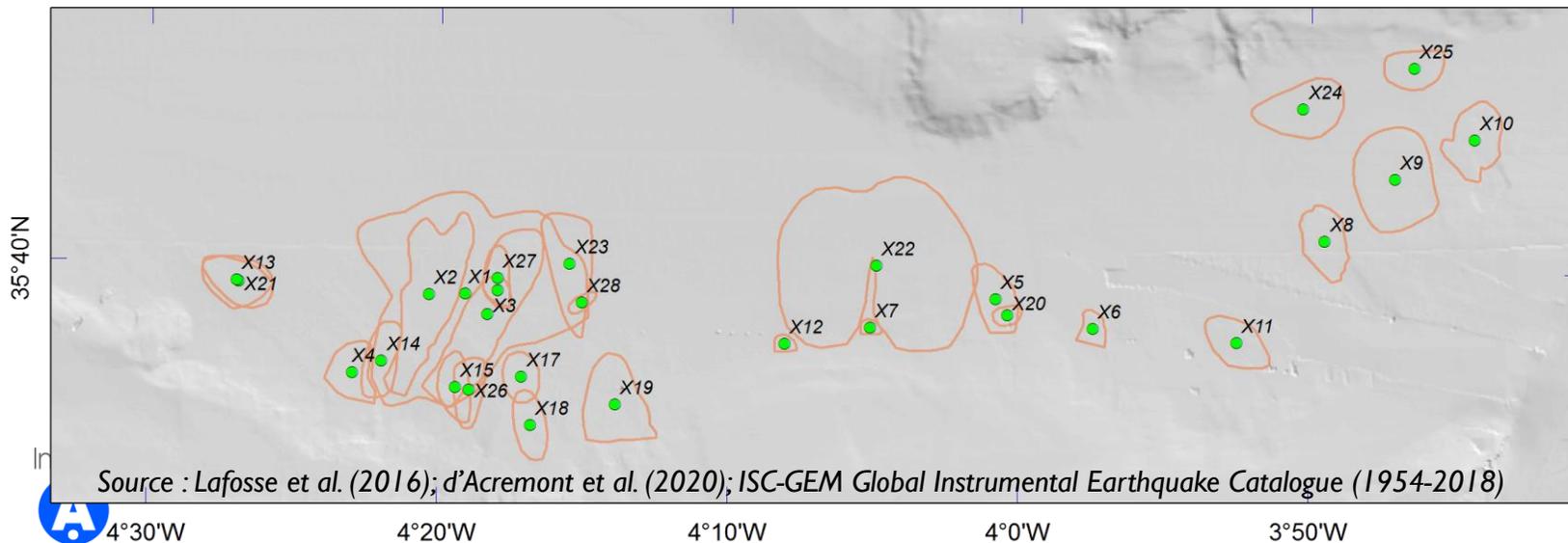
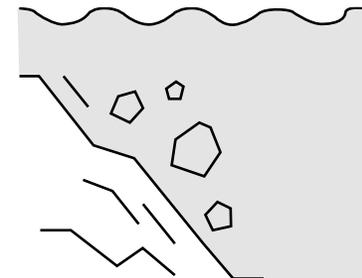
## Les tsunamis en mer d'Alboran



Sismique ( $\approx 6,4$  Mw)



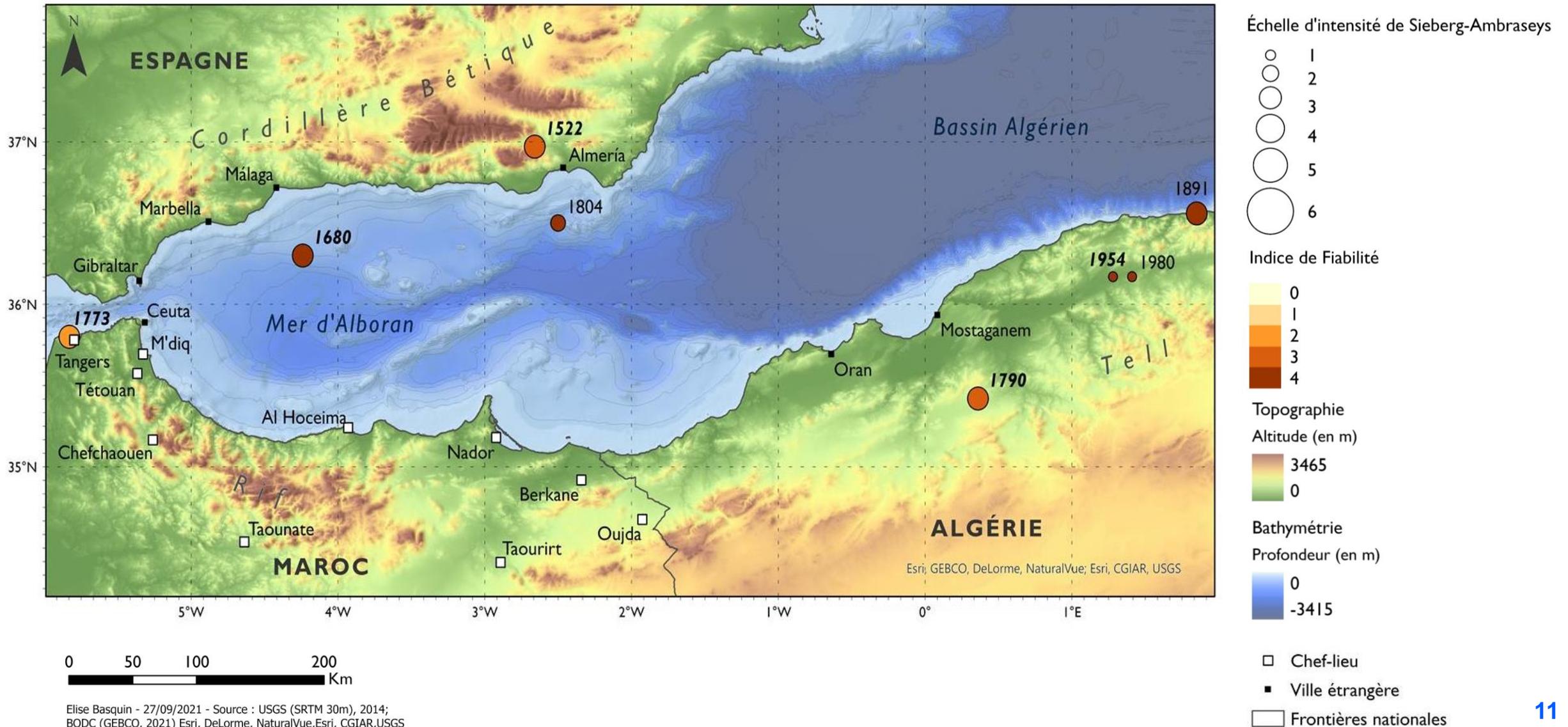
Et/ou glissement sous-marins



Source : Lafosse et al. (2016); d'Acremont et al. (2020); ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1954-2018)

# Un tsunami en Méditerranée ?

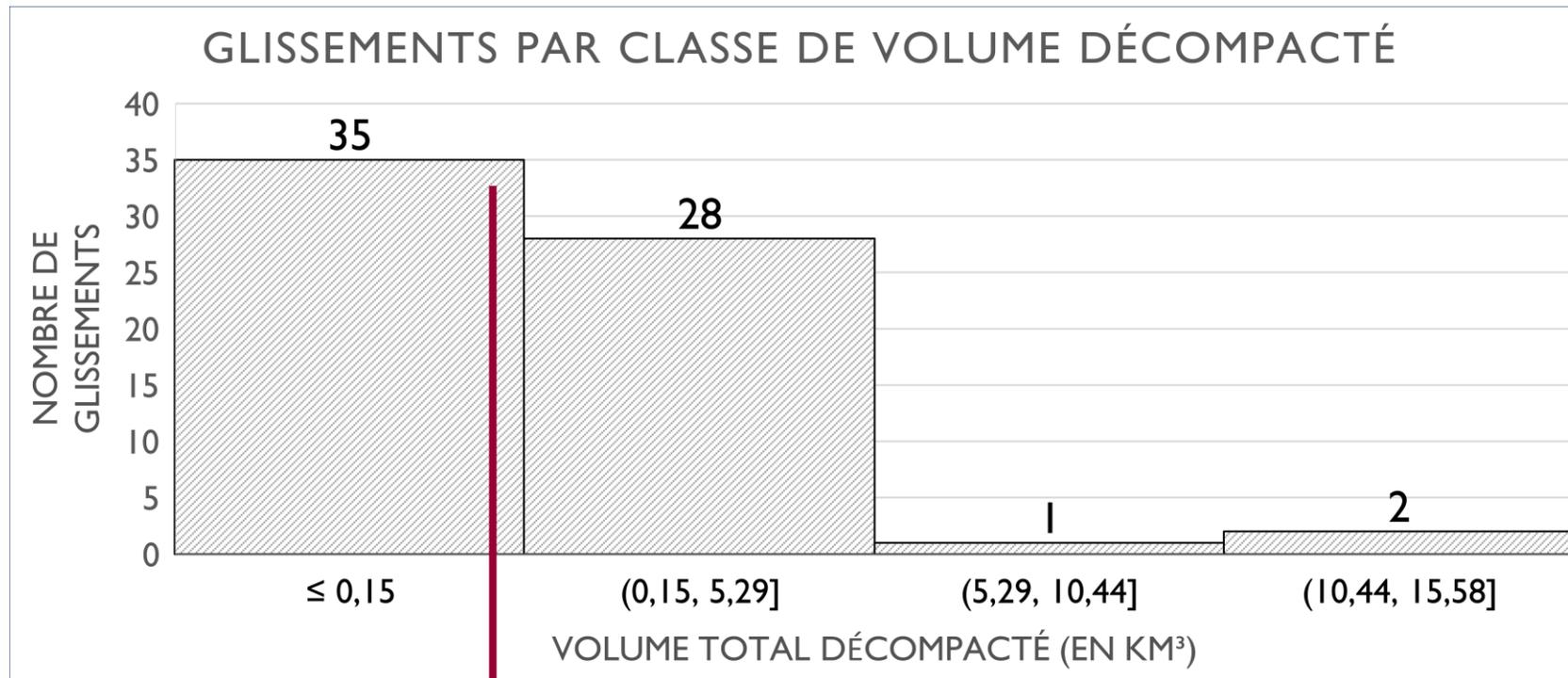
### Les tsunamis en mer d'Alboran



## Les tsunamis en mer d'Alboran

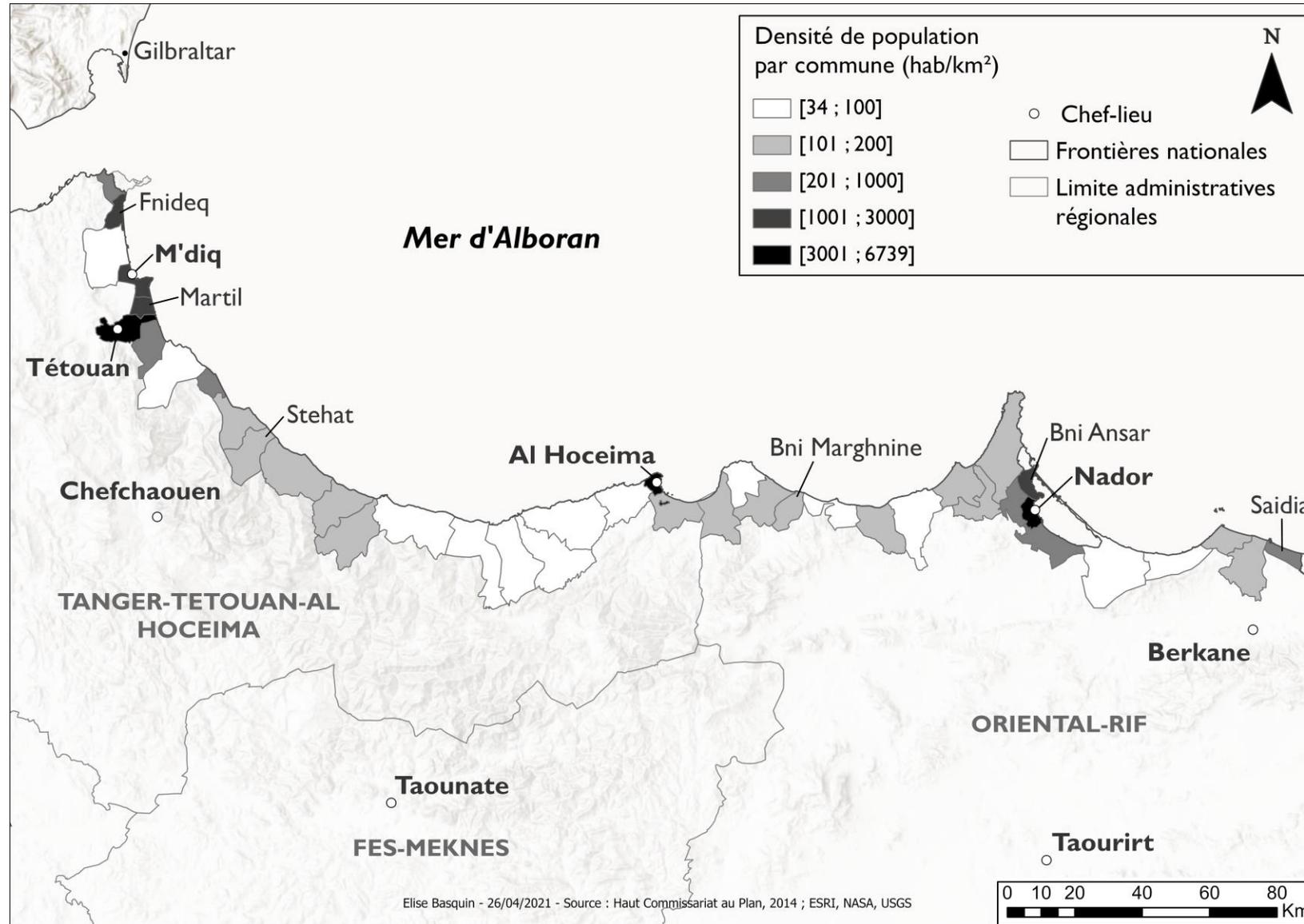
66 glissements sous-marins identifiés

Volume total décompacté entre 0,01 km<sup>3</sup> et 15,58 km<sup>3</sup>

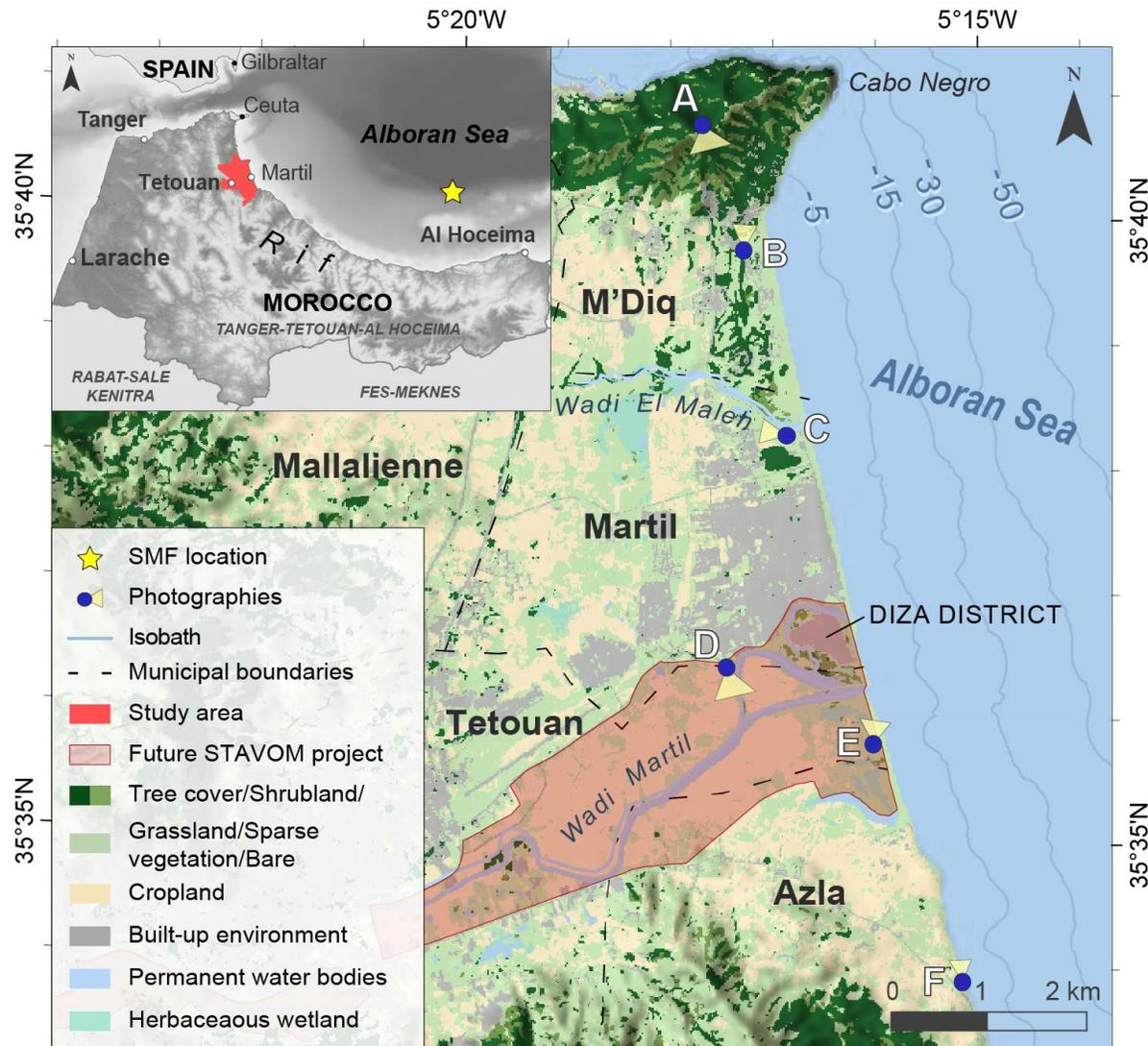


**0,15 km<sup>3</sup> (47<sup>ème</sup> quantile de la distribution) = Seuil d'un évènement extrême**

# Vulnérabilité de la plaine de Martil



# Vulnérabilité de la plaine de Martil



Commerce - Martil



Villa de plage



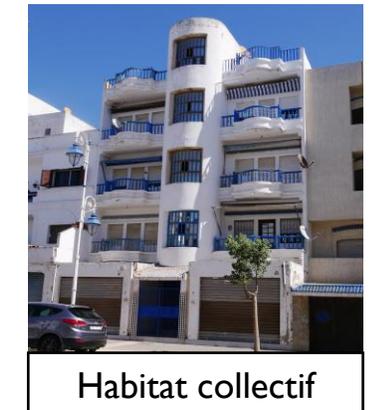
Poste de secours de Martil



Halles aux poissons Martil



Port de M'diq



Habitat collectif



Marché de Martil

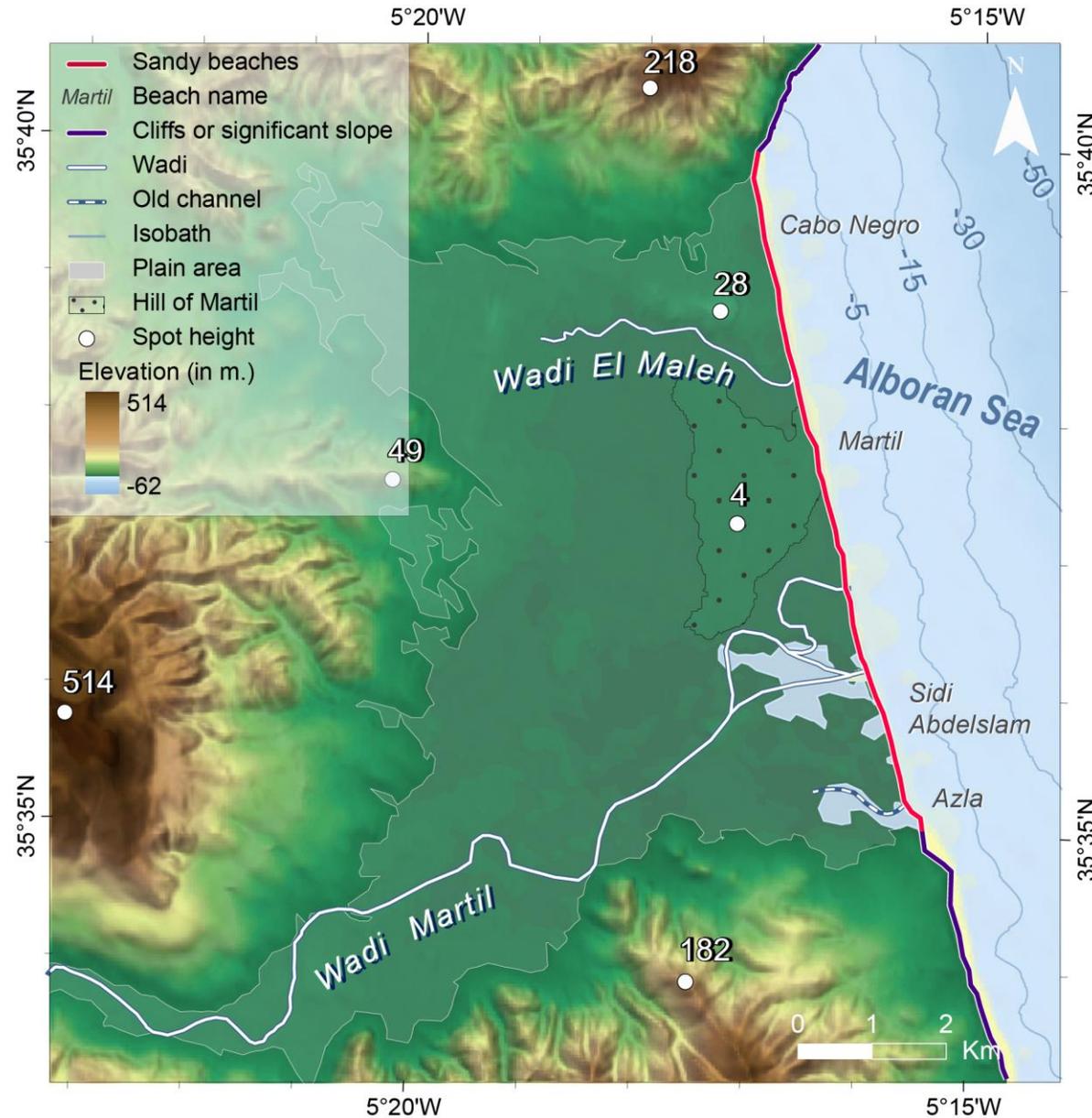


Centre commercial de Martil



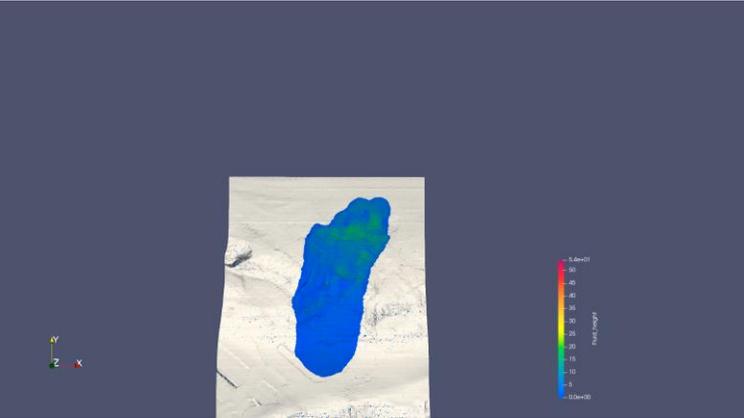
Quartier informel

# Vulnérabilité de la plaine de Martil

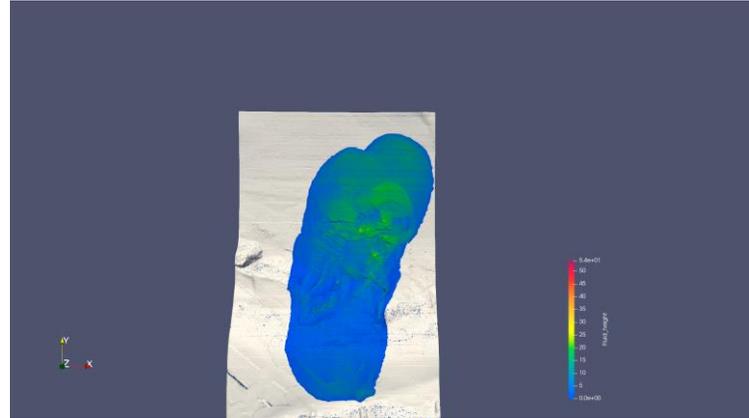


# Le rôle clé de la modélisation

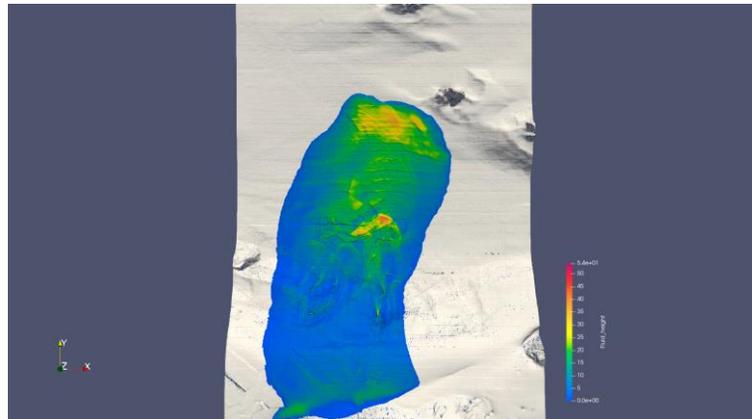
Glissement sous-marin de 0,9 km<sup>3</sup>



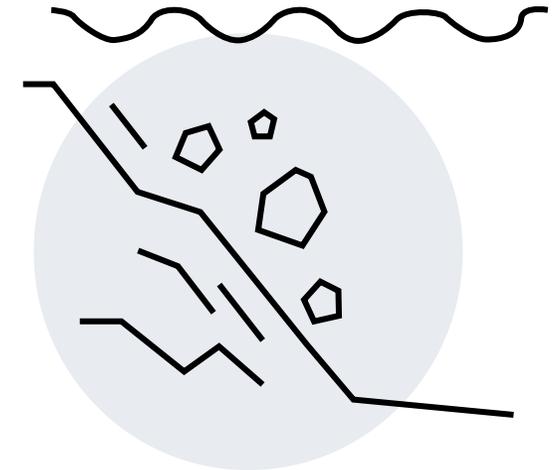
Glissement sous-marin de 3,8 km<sup>3</sup>

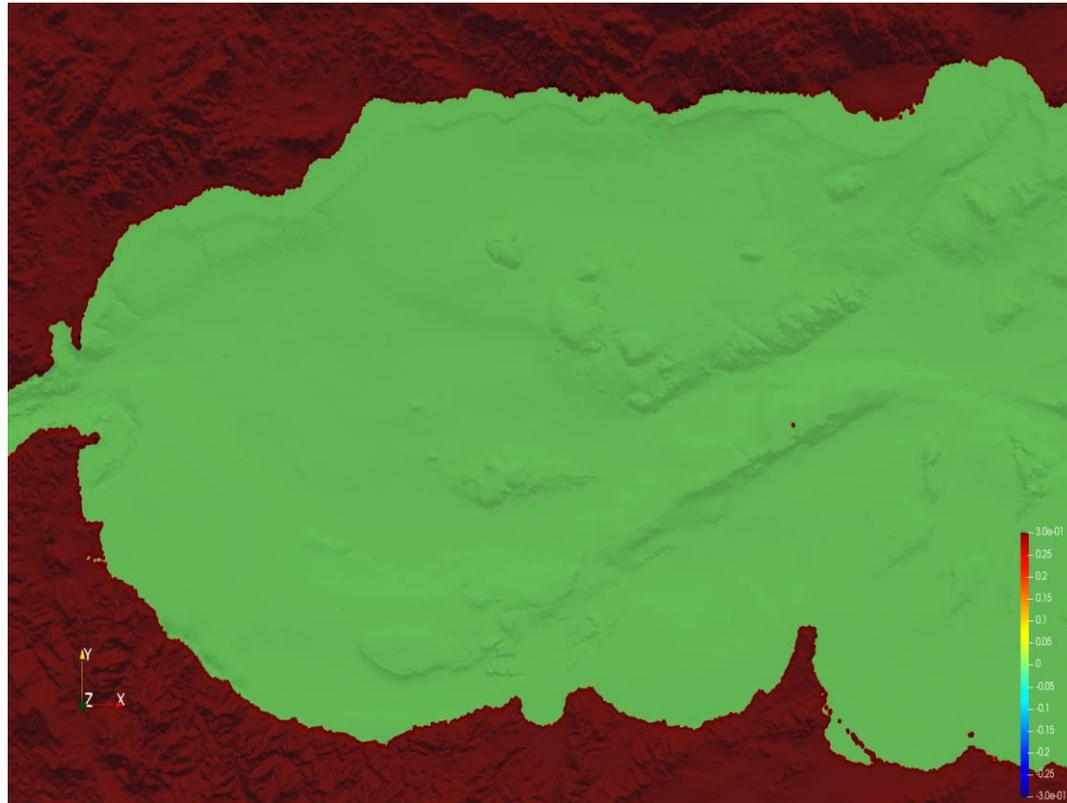


Glissement sous-marin de 9 km<sup>3</sup>



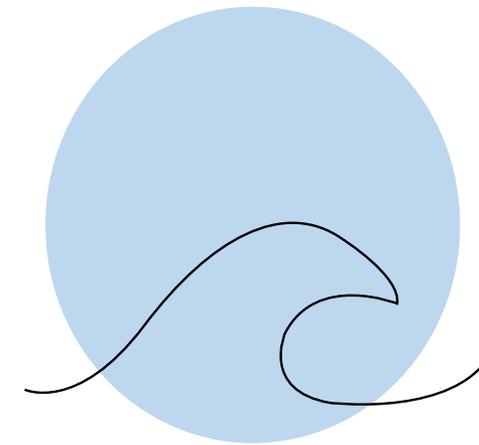
## FORMATION





Source : Programme ALARM, inédit.

## PROPAGATION



Basquin, E., El Baz, A., Sainte-Marie, J. and Rabaute, A., Thomas, M., Lafuerza, S., El M'rini, A., Mercier, D. d'Acremont, E., Bristeau, M-O., Creach, A., (2023)

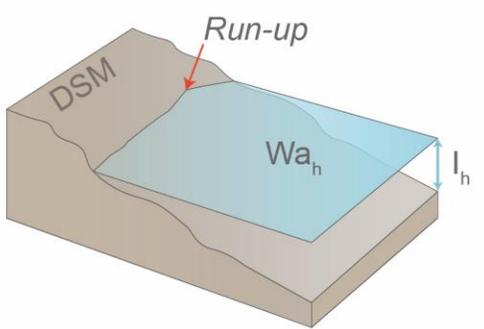
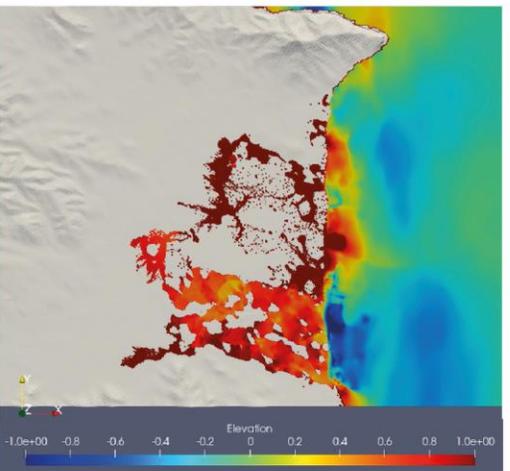
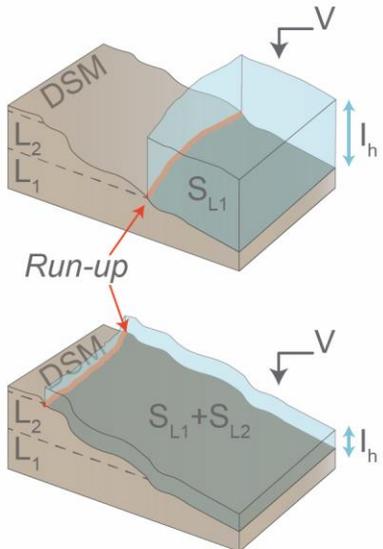
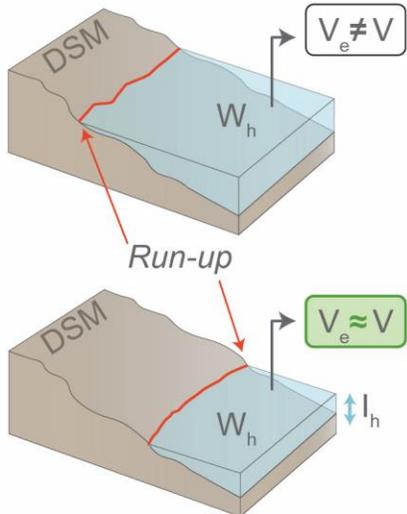
Evaluation of Tsunami Inundation in the Plain of Martil (North Morocco): Comparison of Four Inundation Estimation Methods.

*Natural Hazards Research*

<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4418728>

## INONDATION



A Static method	B Hydrodynamic method	C Hybrid method	D Volumetric method
			
<p style="text-align: center;"><math>I_h = \text{DSM}_h - \text{Wa}_h</math></p> <p><math>I_h</math> = Inundation height (in m)  <math>\text{DSM}_h</math> = Altitude/topography (in m)  <math>\text{Wa}_h</math> = Tsunami wave height from the hydrodynamic propagation model (in m)</p>	<p style="text-align: center;">Freshkiss3D code</p>	<p style="text-align: center;"><math>I_h = V_p / S_{Lx}</math></p> <p><math>V</math> = Inundation volume estimated by the numerical hydrodynamic model (in m<sup>3</sup>)  <math>S_{Lx}</math> = Altimetric level surface (in m<sup>2</sup>)  <math>L_x</math> = Altimetric level  <math>I_h</math> = Inundation height (in m)</p>	<p style="text-align: center;"><math>V_e = (S &lt; W_h) \times W_h</math>              If <math>V_e \approx V</math> then <math>I_h = W_h - \text{DSM}_h</math></p> <p><math>W_h</math> = Water height tested (in m)  <math>S</math> = Surface under <math>W_h</math> (in m<sup>2</sup>)  <math>V_e</math> = Volume estimated under <math>W_h</math> (in m<sup>3</sup>)  <math>V</math> = Inundation volume estimated by the numerical hydrodynamic model (in m<sup>3</sup>)  <math>I_h</math> = Inundation height (in m)  <math>\text{DSM}_h</math> = Altitude/topography (in m)</p>

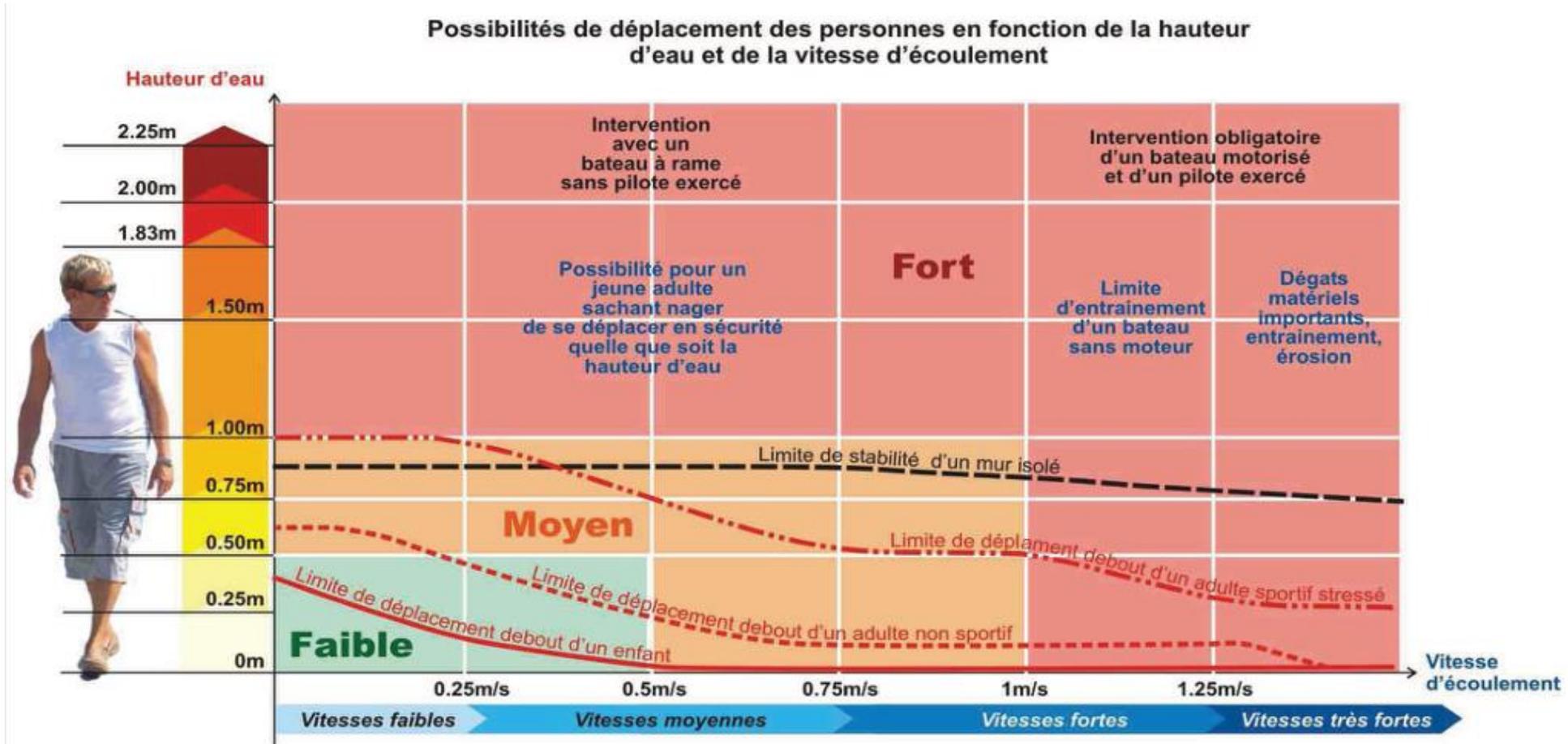
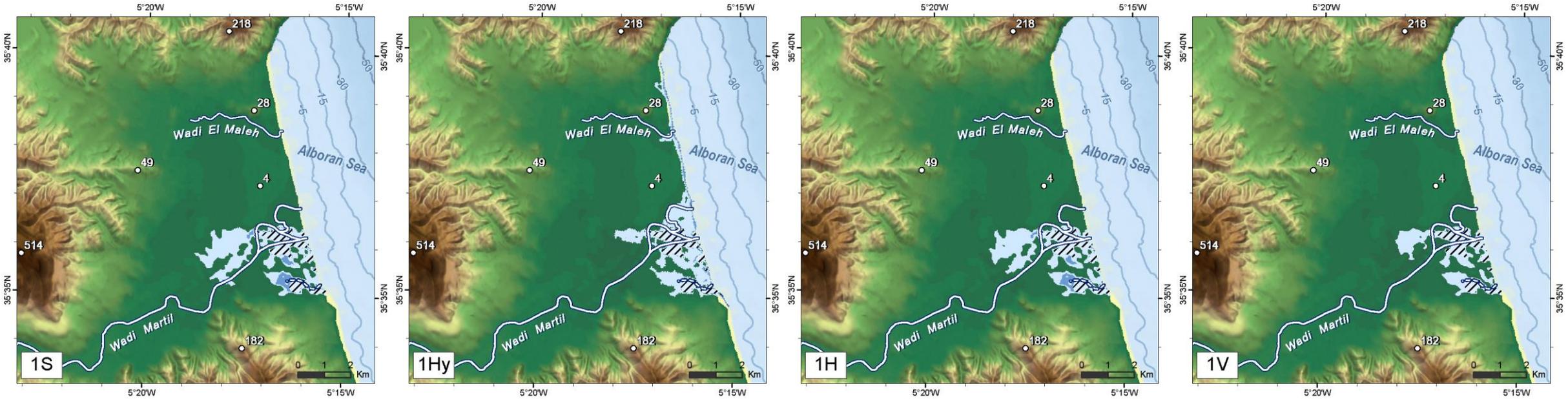


Fig. 11 : Schéma traduisant les possibilités de déplacement des personnes

# Exposition de la plaine de Martil

Glissement sous-marin de 0,9 km<sup>3</sup>



Modèle	IS	1Hy	1H	1V
Emprise d'inondation (km <sup>2</sup> )	4,32	4,55	3,51	2,32
Runup (m)	0,6	0,4	0,5	0,38
Distance d'intrusion (km)	3,91	2,83	3,48	2,95

Inundation height (in m.)

Light blue:  $x \leq 0,5m$

Medium blue:  $0,5m > x \leq 1m$

Dark blue:  $\geq 1m$

○ Spot height

— Wadi

— Old channel

— Isobath

/// Areas under sea level

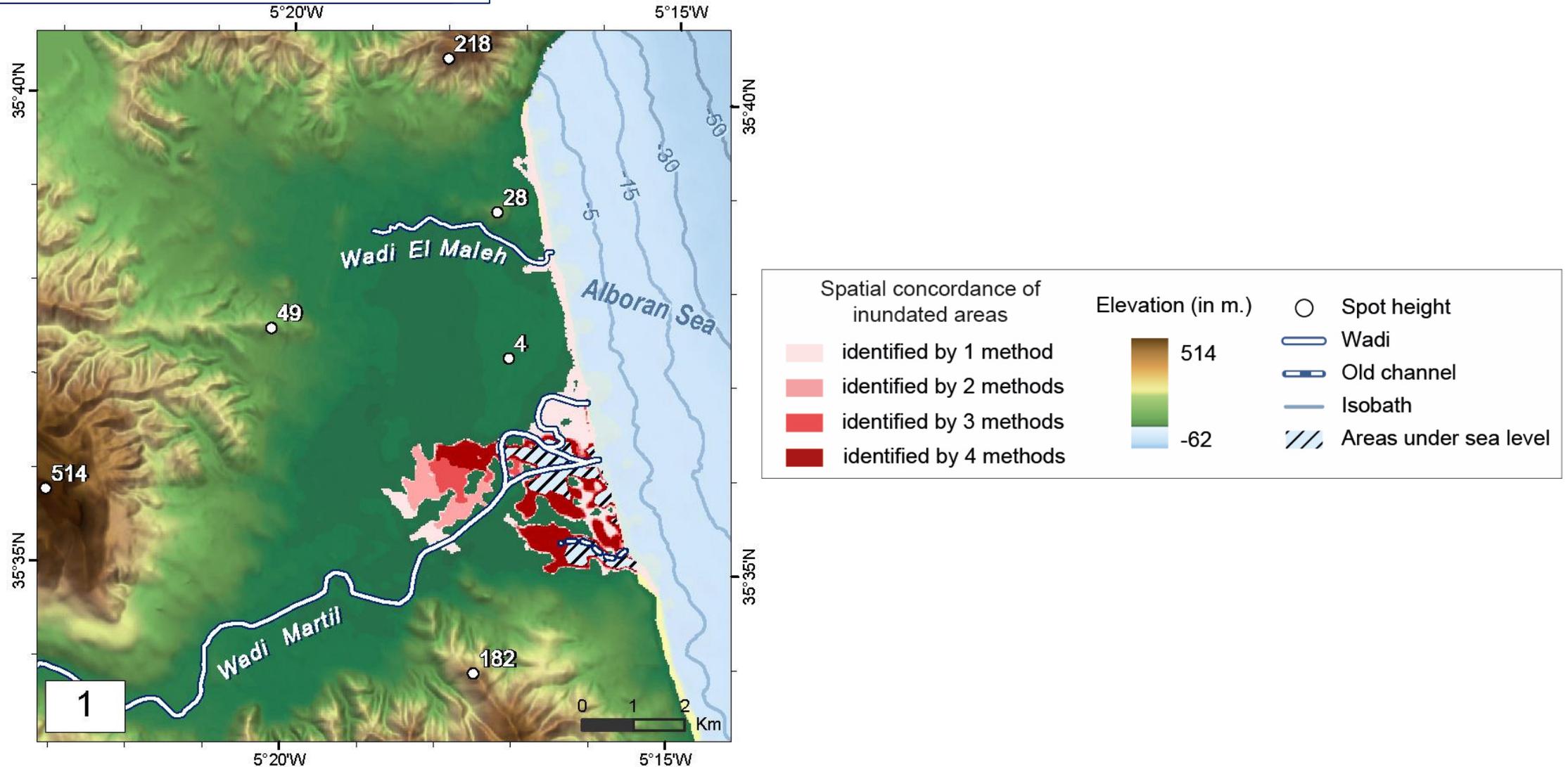
Elevation (in m.)

514

-62

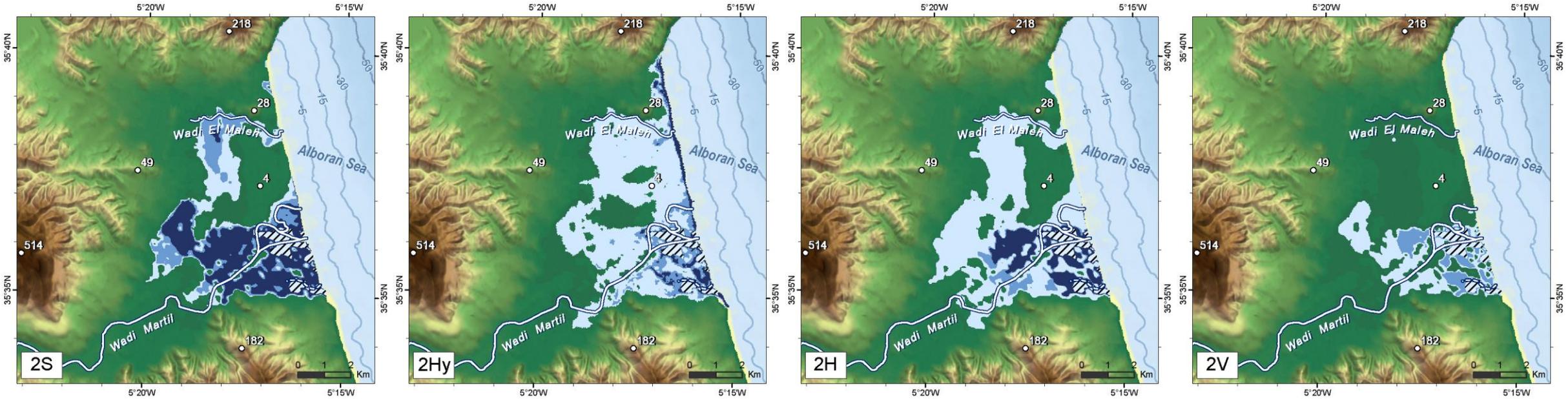
# Exposition de la plaine de Martil

Glissement sous-marin de 0,9km<sup>3</sup>



# Exposition de la plaine de Martil

Glissement sous-marin de 3,8 km<sup>3</sup>



Modèle	IS	IHy	IH	IV
Emprise d'inondation (km <sup>2</sup> )	19,83	24,12	20,11	7,82
Runup (m)	2	5,12	2,19	0,85
Distance d'intrusion (km)	5,83	6,35	6	5,12

Inundation height (in m.)

○ x ≤ 0,5m

■ 0,5m > x ≤ 1m

■ ≥ 1m

○ Spot height

— Wadi

— Old channel

— Isobath

/// Areas under sea level

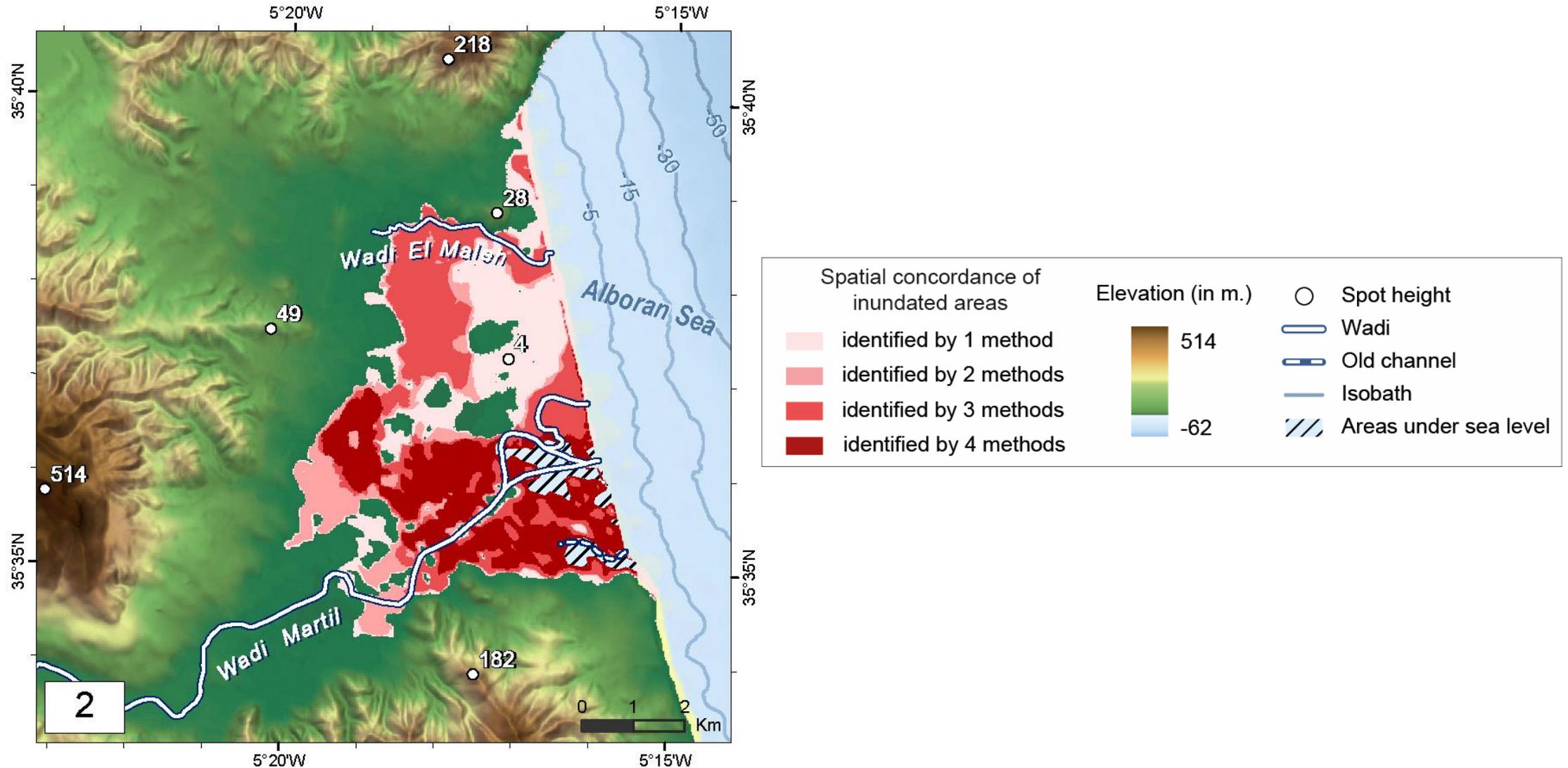
Elevation (in m.)

514

-62

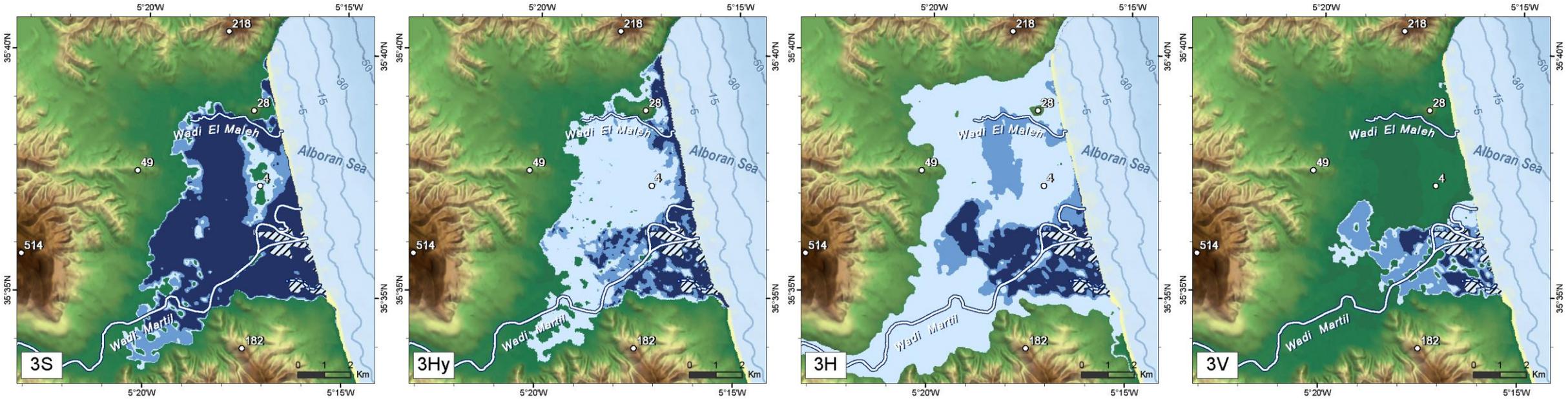
# Exposition de la plaine de Martil

Glissement sous-marin de 3,8 km<sup>3</sup>



# Exposition de la plaine de Martil

Glissement sous-marin de 9 km<sup>3</sup>



Modèle	IS	IHy	IH	IV
Emprise d'inondation (km <sup>2</sup> )	38,15	37,46	65,81	11,37
Runup (m)	3,5	3,39	14,48	1,38
Distance d'intrusion (km)	7,5	8,51	16,94	5,55

Inundation height (in m.)

Light blue:  $x \leq 0,5m$

Medium blue:  $0,5m > x \leq 1m$

Dark blue:  $\geq 1m$

○ Spot height

— Wadi

— Old channel

— Isobath

/// Areas under sea level

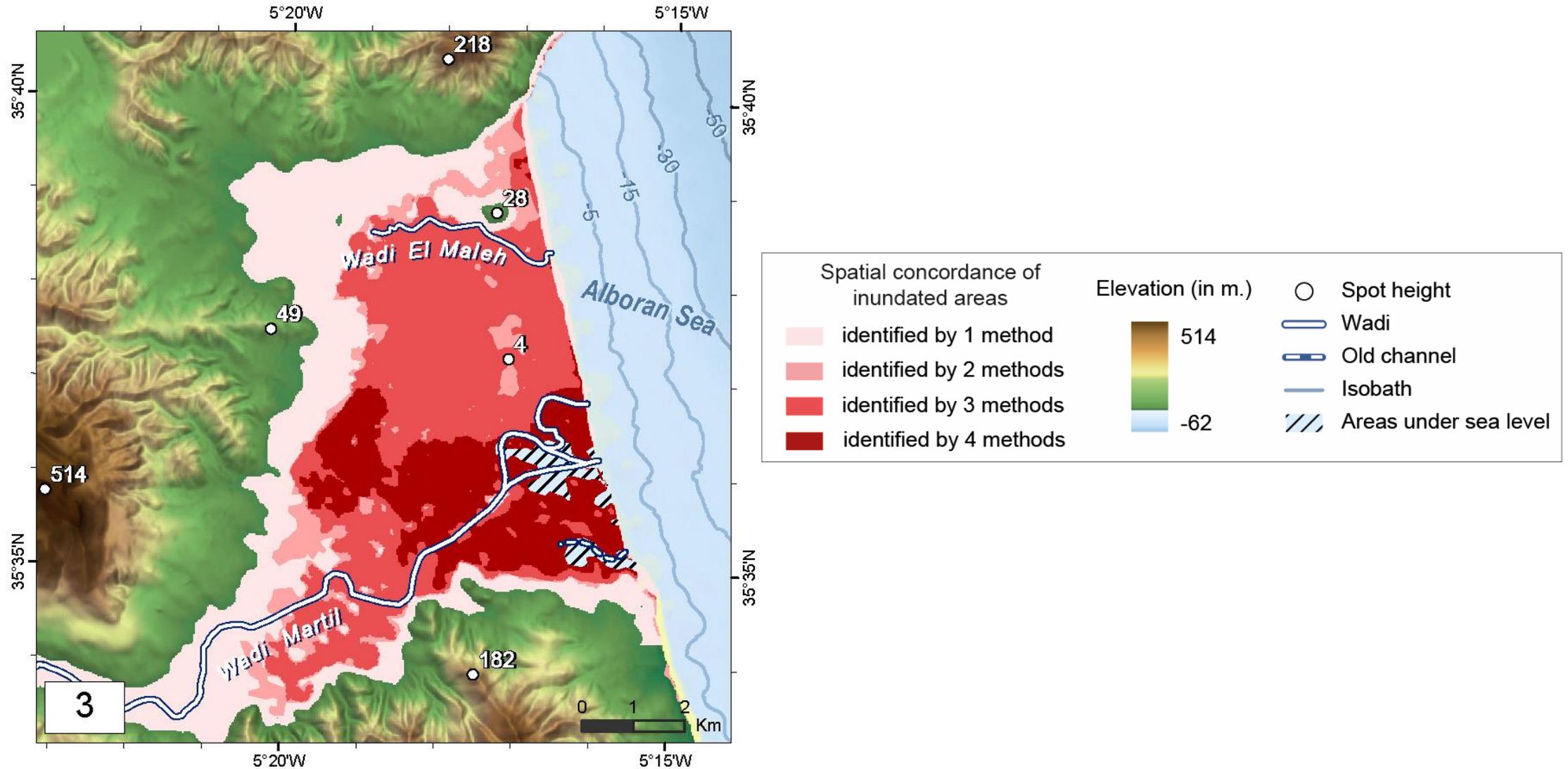
Elevation (in m.)

514

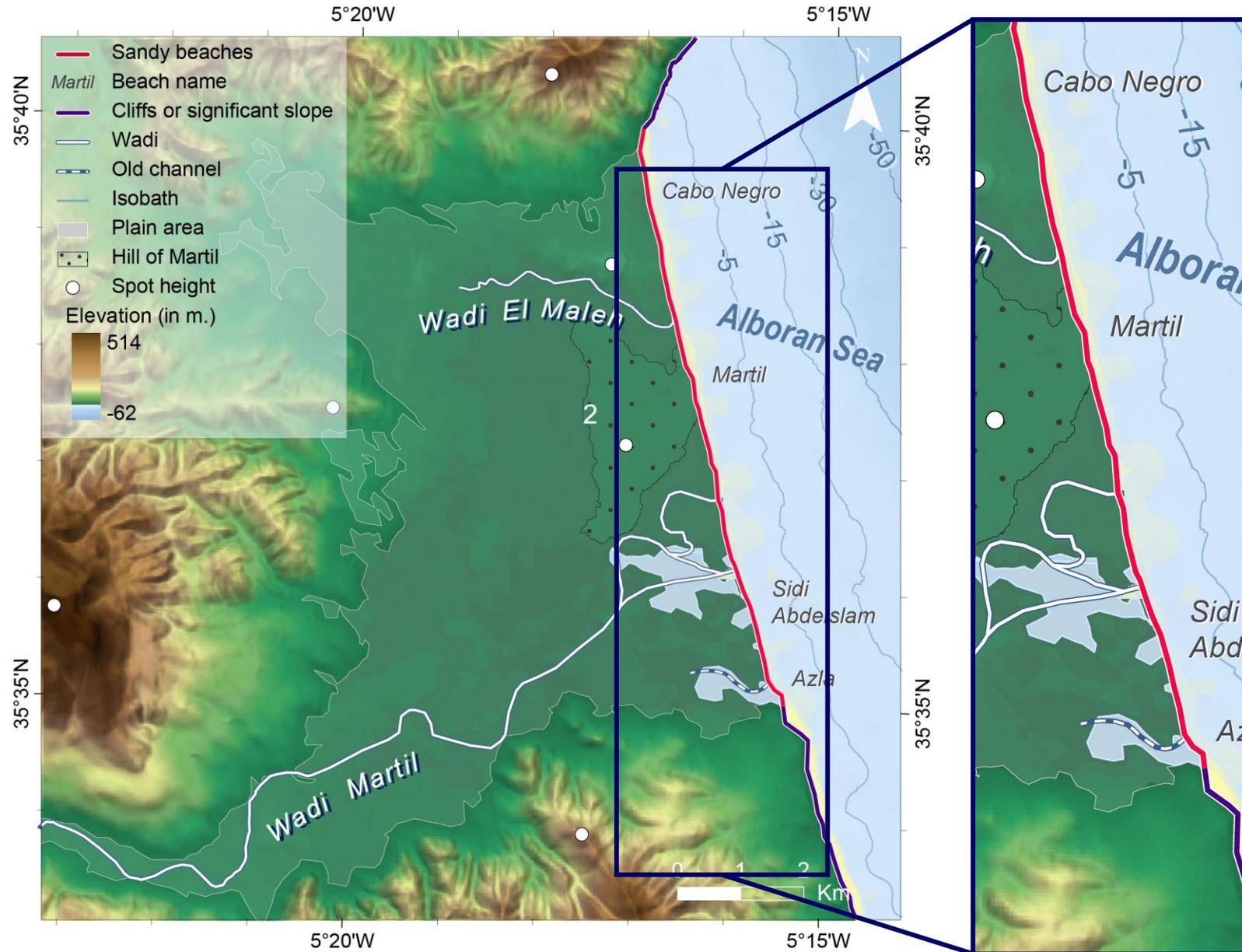
-62

# Exposition de la plaine de Martil

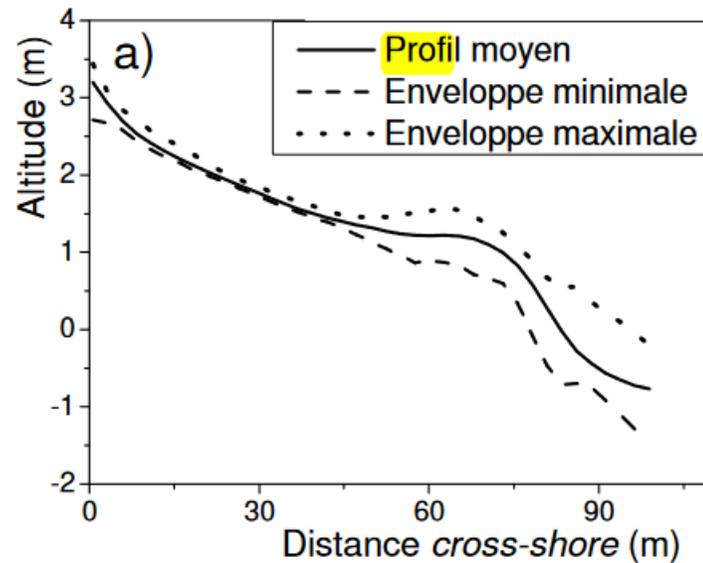
Glissement sous-marin de 9 km<sup>3</sup>



# Exposition de la plaine de Martil



## Profil topographique de la plage de Martil



Source: A. El Mrini (2011)

## Présence de barres subtidales

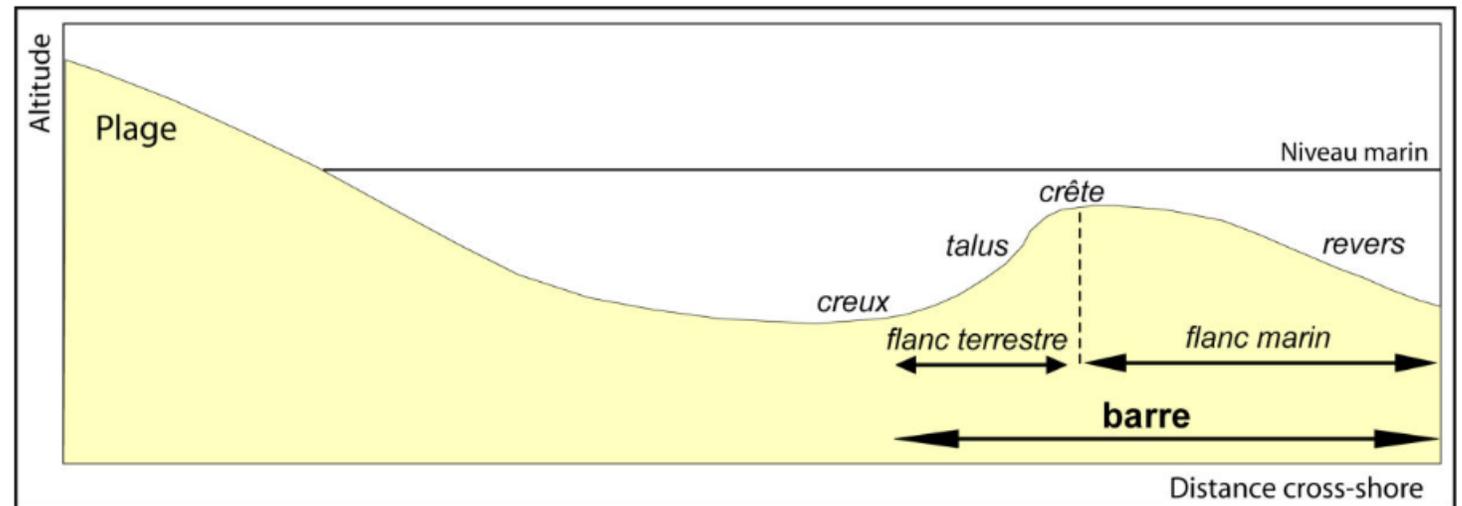
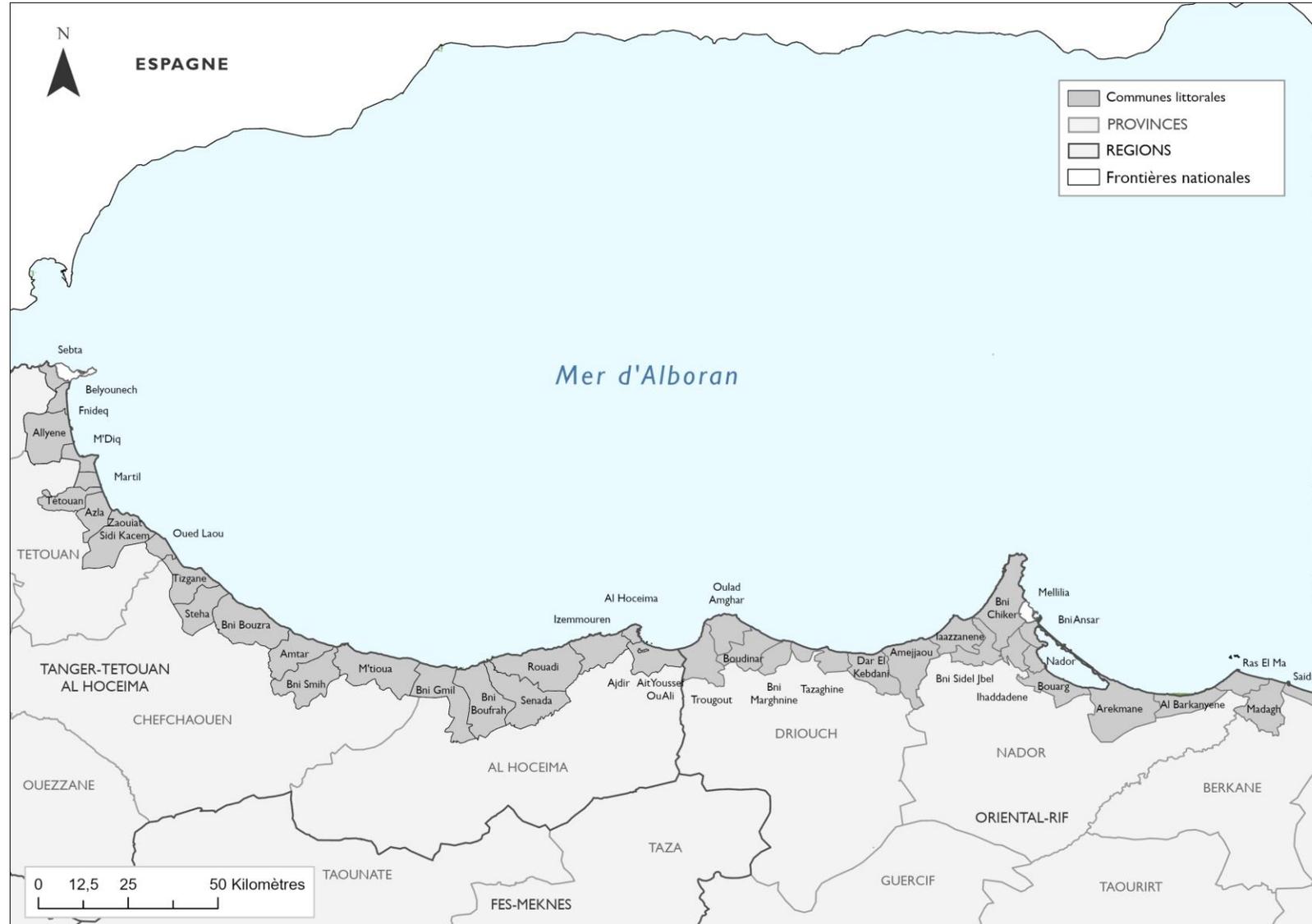


Figure I. 34 - Vue transversale d'une barre littorale : terminologie morphologique.

Source: A. El Mrini (2011)

### Application des méthodes d'évaluation de l'inondation au littoral marocain



# REJOIGNEZ - NOUS !

Prochaine séance le 28 juin

Les problématiques abordées reflètent projets concrets

Variété des méthodes utilisées et idées (eg parole des experts)  
il faut unir les disciplines et les forces

**FINANCEZ LA RECHERCHE, UTILE A LA SOCIETE**