

17 Janvier 2008

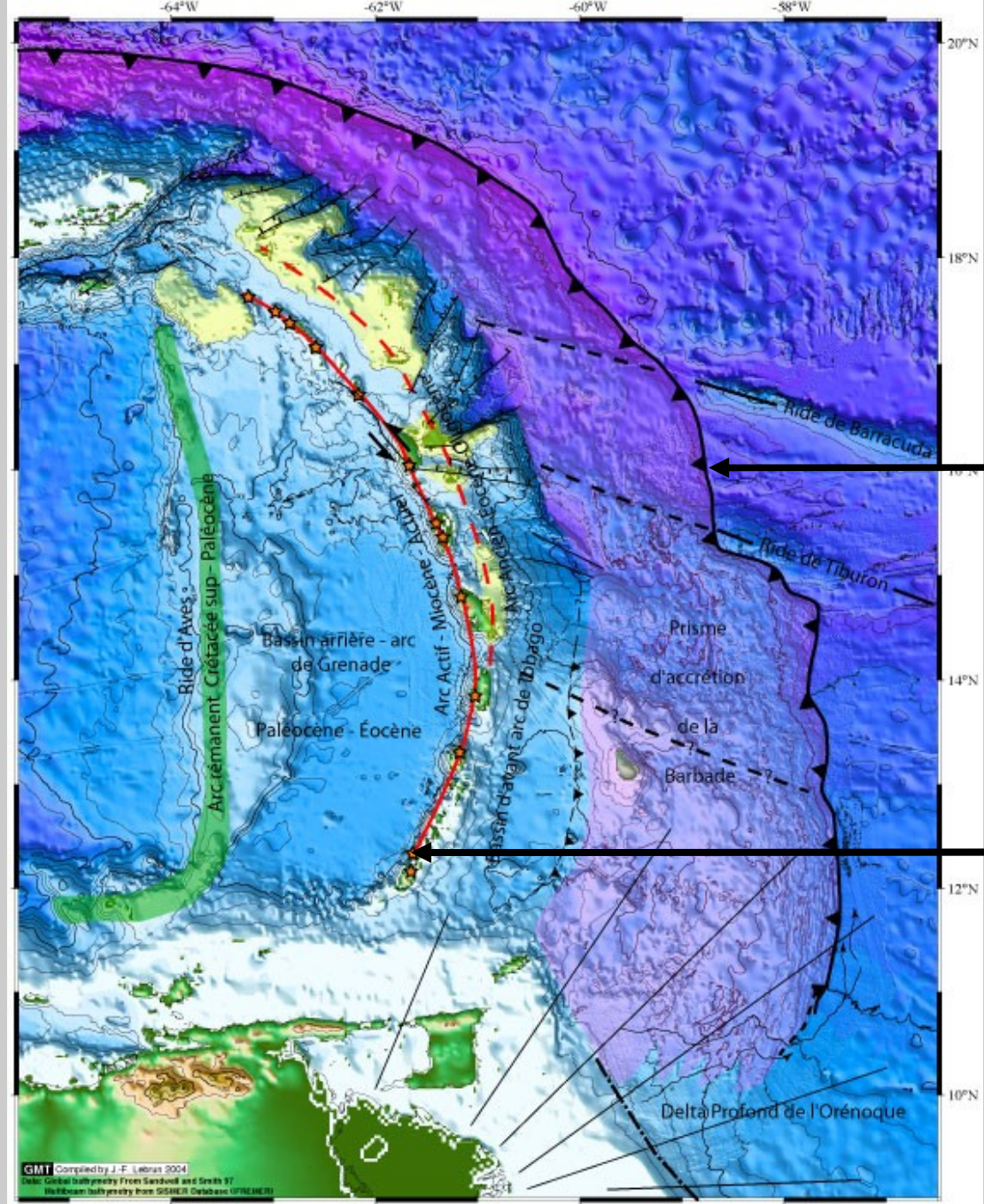


Une Île volcanique nommée Kick 'em Jenny?

Frédéric DONDIN – Doctorant
Université des Antilles et de la Guyane (U.A.G) – Laboratoire
GEOL / Seismic Research Unit (Trinidad)

Directeurs de Thèse : Prof. Auran RANDRIANASOLO – U.A.G / Laboratoire GEOL
Nicolas Fournier – Seismic Research Unit (Trinidad)

**Rappel: Contexte géodynamique
de l'Arc des Petites Antilles**



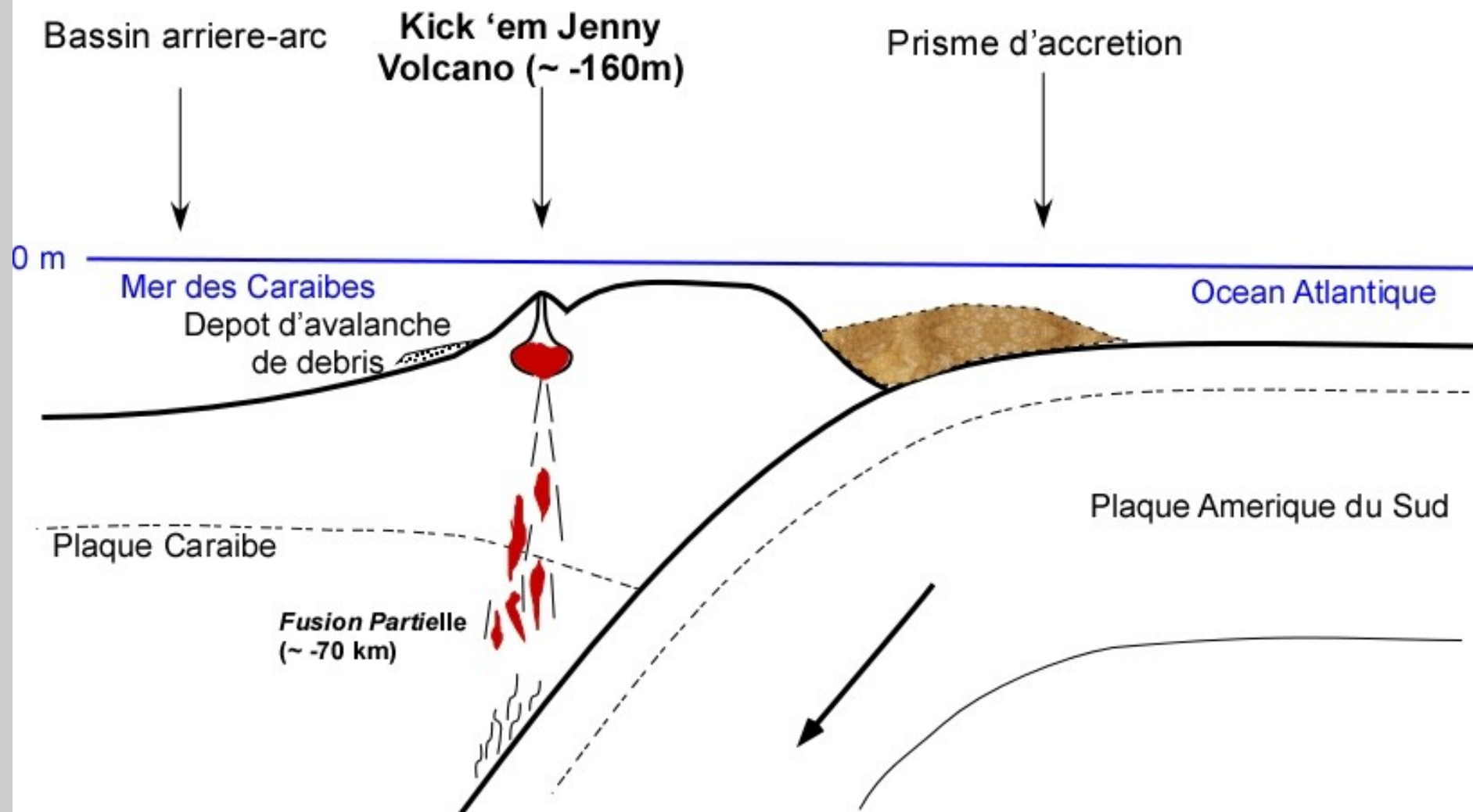
Front de déformation

Kick 'em Jenny volcano

Carte tectonique de l' Arc des Petites Antilles

GMT Compiled by J.-F. Lebrun 2004
 Data: Global bathymetry from Sandwell and Smith 97
 Caribbean bathymetry from GEBCO Database (1998, 2002)

Schema de la Subduction de l'Arc des Petites Antilles

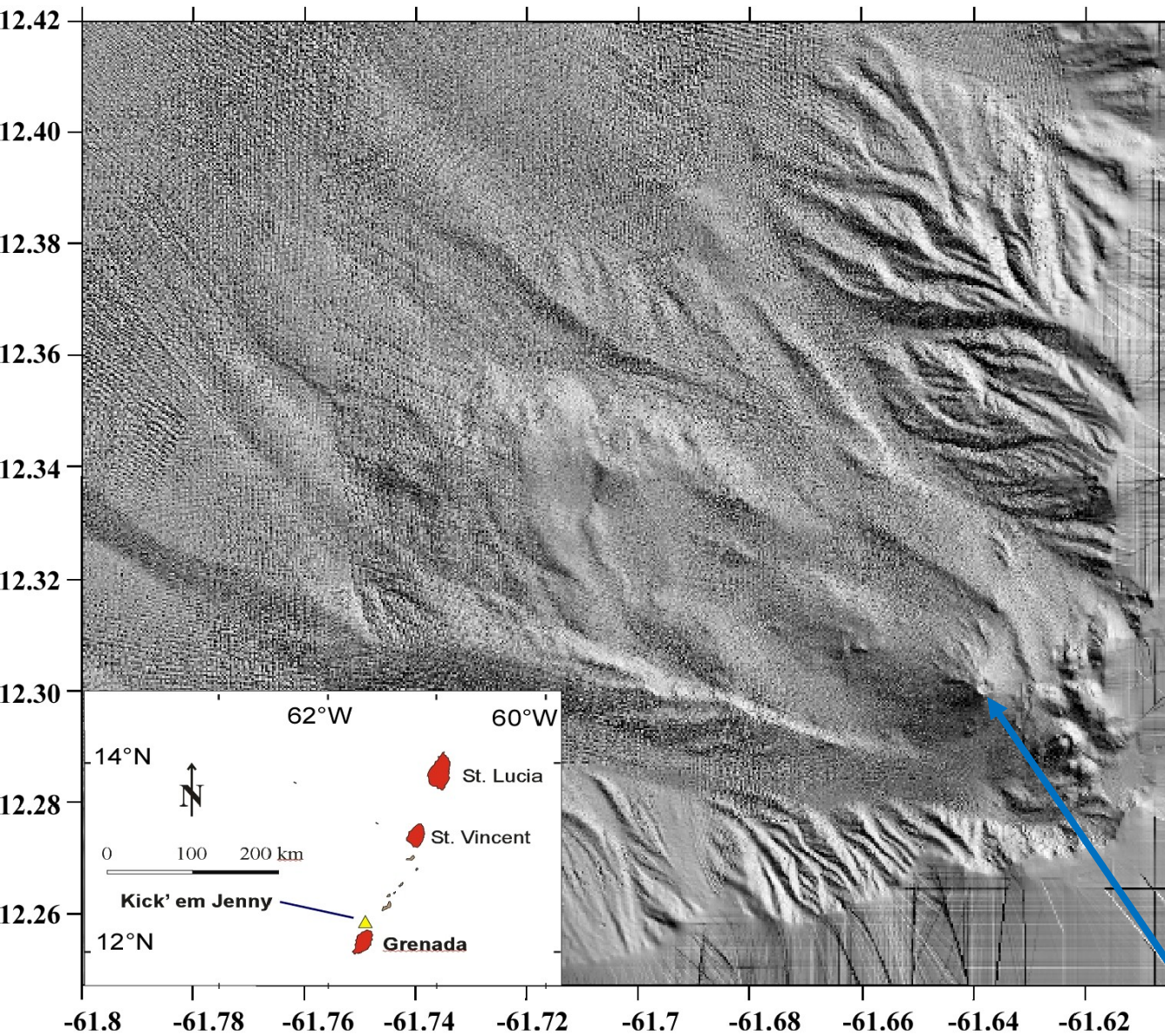


INTRODUCTION

- Les **Avalanche de débris** (= écoulements gravitaires denses) sont :
 - déclenchées par des **effondrements de volcans**
 - associées à des **structures en fer à cheval (SFC)**
 - **un risque volcanique majeur pour les Petites Antilles (TSUNAMI)**
- De **nombreuses SFC terrestres** ont été identifiées aux cours de ces derniers 24 ans dans certaines îles des Petites Antilles (Montserrat, **Guadeloupe**, Dominica, Martinique, St-Lucie, St -Vincent, Grenada) — Roobol et al., 1983 ; Le Friant et al., 2003
- **Beaucoup de ces dépôts d'avalanche de debris ont été localisés en mer** (mission Aguadomar, 1999 ; mission Caraval, 2003 ; mission JR123, 2005)

A l'heure actuelle, aucune recherche n'a été publiée concernant un cas d'effondrement de volcan sous-marin des Petites Antilles

**Et le volcan sous-marin
Kick 'em Jenny (KeJ) ?**



Sommet à ~ - 160m
(WHOI – SRU croise, 2007)

**KeJ = unique volcan sous-
marin actif des Petites
Antilles au cours des
derniers 500 ans**

Dernière éruption : 2001

**Principaux produits émis:
pillows lavas et dépôts
pyroclastiques de basaltes
riches en amphiboles à des
basaltes andésitiques**
(Sigurdsson and Shepherd, 1974)

Cone actuel

Topographie de la zone du Kick 'en Jenny, 2003 (shaded-relief – résolution 10 m)

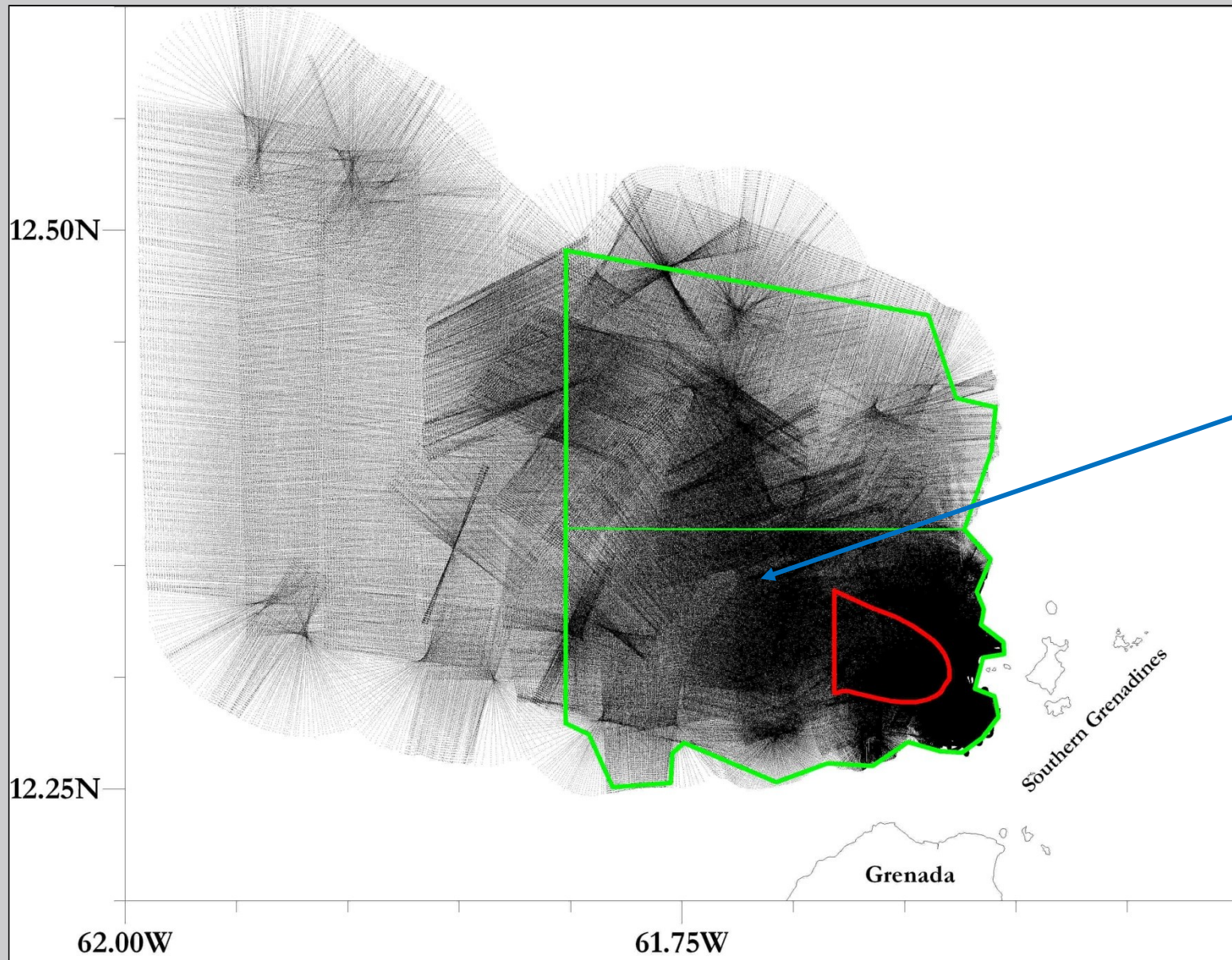
La campagne en mer de 2002 (S.R.U – Université du Rhode Island) a révélé que :

- le **Kick ‘em Jenny** est localisé dans une structure en fer à cheval
- le cone actuel est plus gros que prévu

La campagne en mer de 2003 (S.R.U – Université du Rhode Island) a permis :

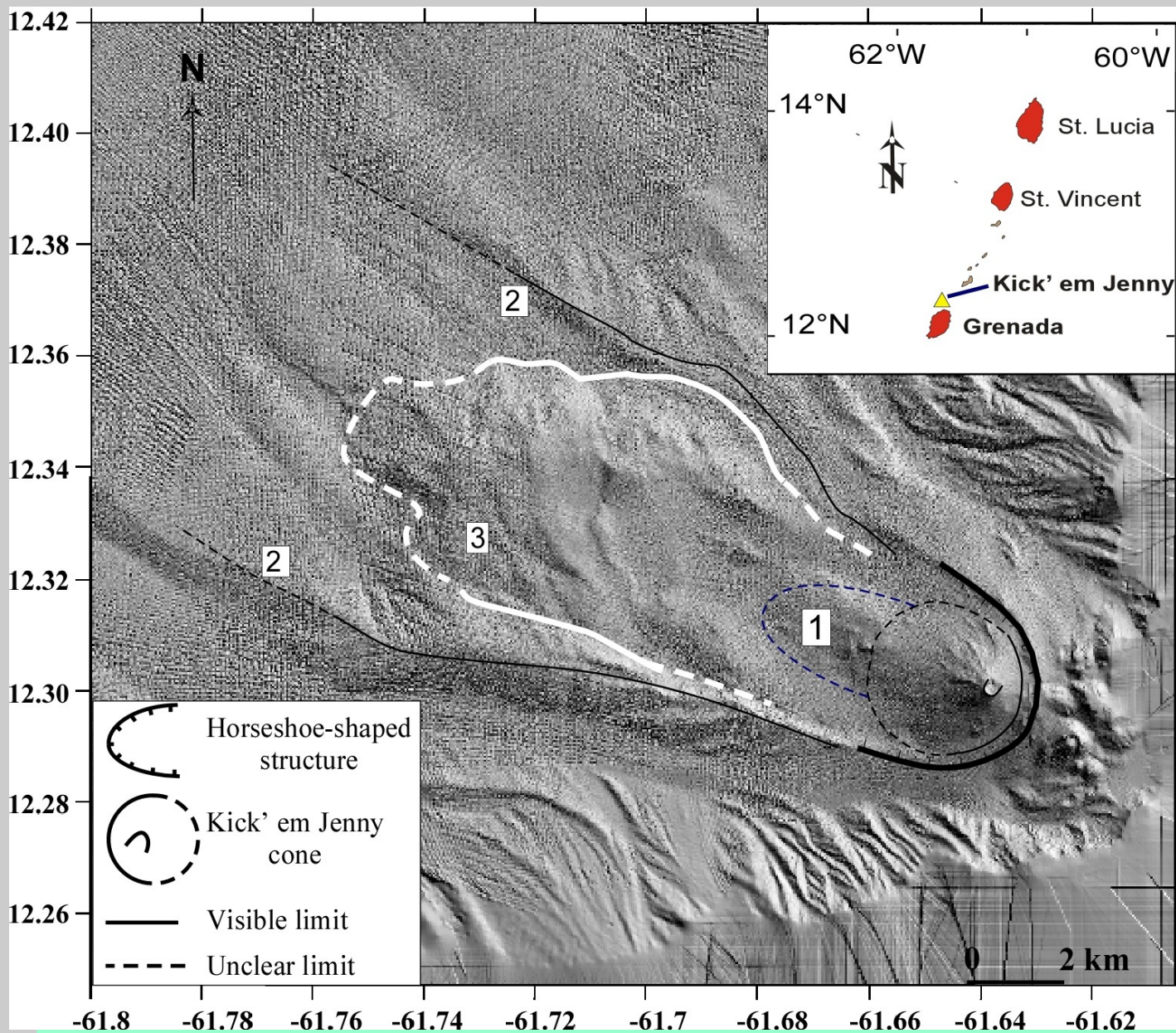
- d'identifier les dépôts d'avalanche de débris
 - d'obtenir de meilleures données bathymétriques de la zone du cone
 - d'observer en direct le dégassage dans le cratère
- sonar
SeaBeam 2112

Pas de données sismiques disponibles à la fin de la campagne



Espacement entre
chaque mesure ≤ 5 m

Carte des relevés bathymétriques, Mars 2003



1 : Nouveaux dépôts
2 : Levées (dépôts anciens)
3 : Principal dépôt d'avalanche de debris (MDAD)
MDAD couvre ~ 45 km²

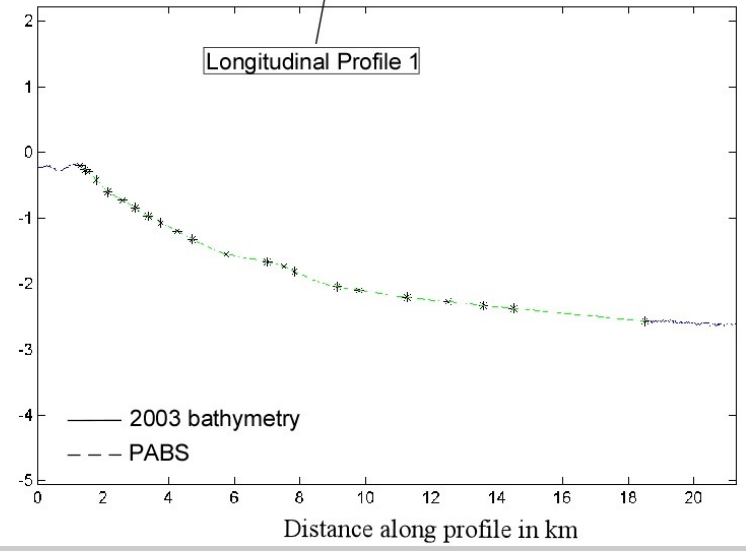
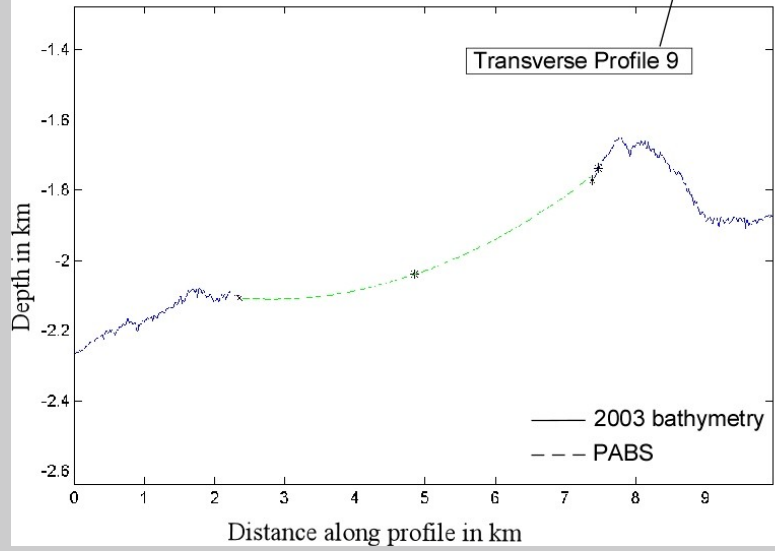
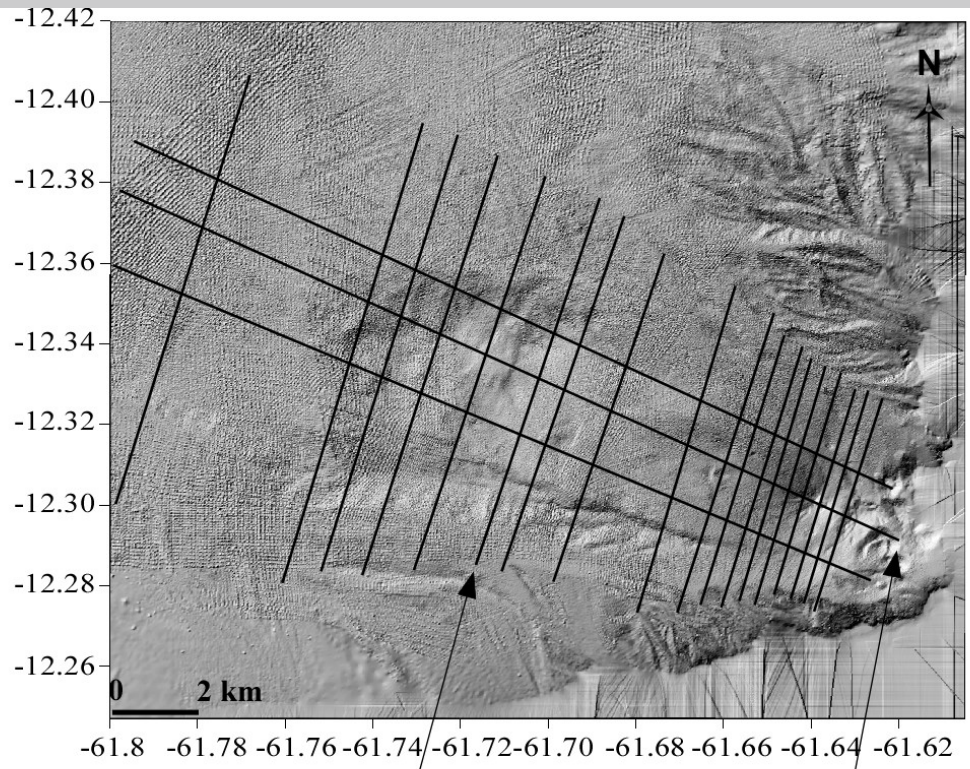
Bathymetrie de la zone du Kick 'em Jenny, 2003 – interpolation 15 m (Dondin et al., 2007, in prep.)

Problématique

- **Estimation du volume des dépôts d'avalanche de débris et associés au dernier épisode majeur d'effondrement ?**
- **A quelle altitude culminait le proto - Kick 'em Jenny?**

Estimation du Volume

Etape 1:
**Générer la surface
avant effondrement
(PABS)**



Etape 2 :

Générer 2 grilles de la MDAD à l'aide d'une interpolation 2D (méthode de triangulation)

$$\mathbf{GRID}(\Delta Z) = \mathbf{GRID}(Z \text{ bathymetrie 2003}) - \mathbf{GRID}(Z \text{ bathymetrie pre-avalanche})$$

Etape 3 : **Intégrer GRID (ΔZ)** / méthode : double intégration trapézoïdale

$$\mathbf{Volume} = 6 \text{ km}^3$$

Estimation des erreurs

Erreurs sur le volume =

Incertitude résolution verticale de la bathymétrie $\ll 10$ % vol.

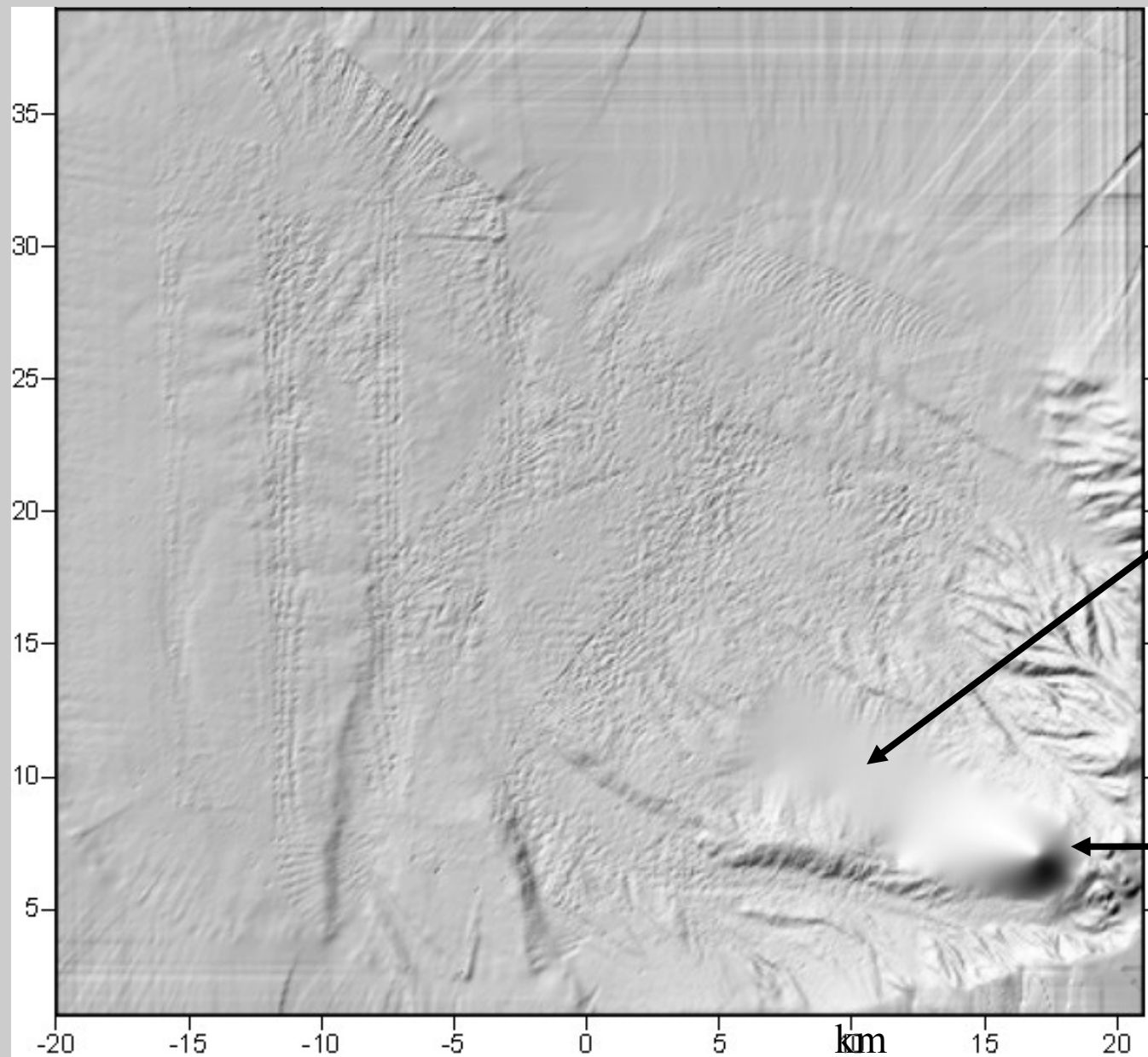
Estimation de l'extension des dépôts < 10 % vol.

Erreur liée à l'interpolation est minimale dû à haute résolution de la bathymetrie et au faible gradient topographique

Erreur topographie pré-effondrement $< 10\%$ vol

Erreur liée à l'espacement utilisée pour l'intégration $< 1\%$ (spacing 50 m et 100 m)

Erreurs sur volume ~ 10 %



**Surface avant
effondrement**

Proto-Kick'em Jenny

Topographie de la zone du proto-Kick 'em Jenny (interpolation = 100m)

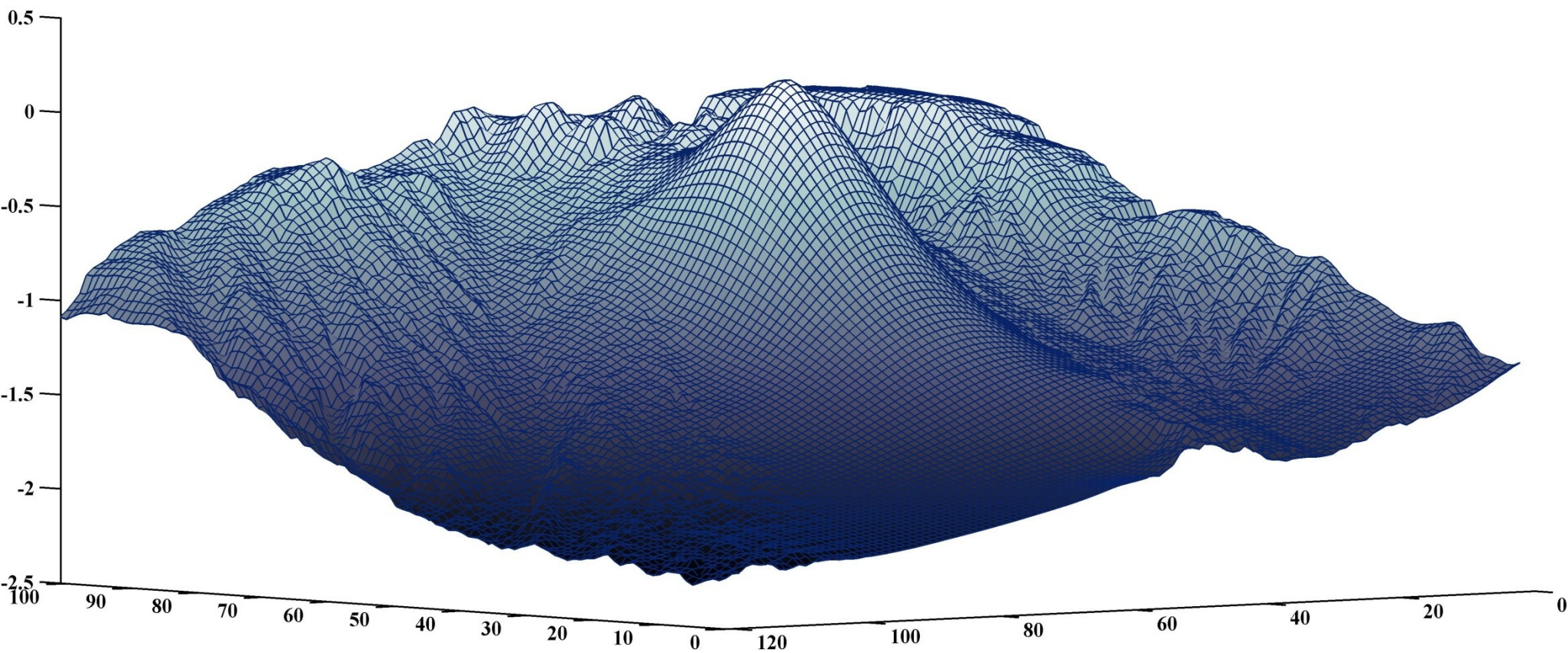


Image 3D (mesh) du proto-Kick 'em Jenny ; Sommet à + 150 m

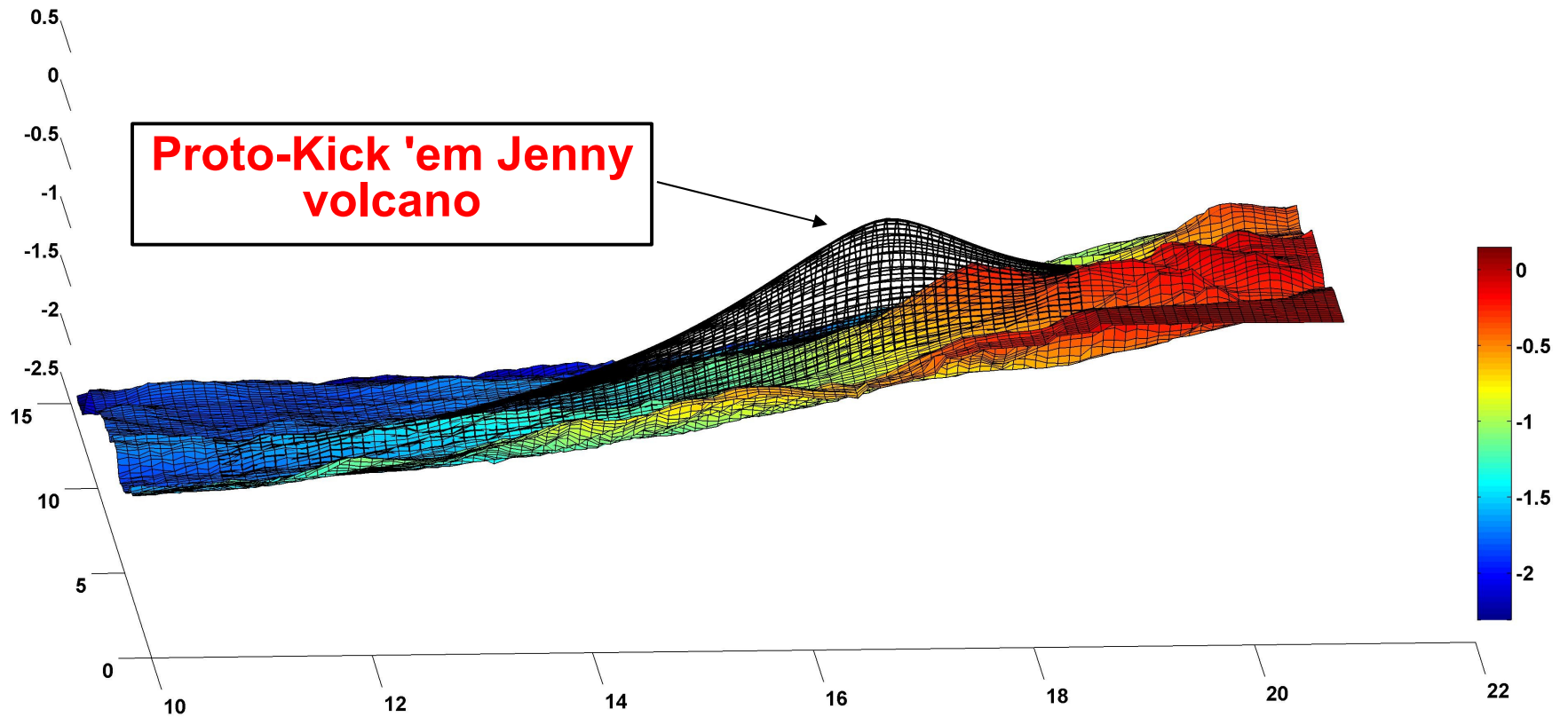
Conclusion

1)

- **Volume du MDAD = 6 km³**
- Erreur sur le Volume < 10% ; estimation raisonnable du volume du MDAD
- Le volume est comparable à certains volumes estimés pour d'autres dépôts d'avalanche de débris identifiés dans le bassin de Grenade (A. Le Friant et al. 2002)

2)

- Le proto-Kick 'em Jenny a très probablement formé une île volcanique avant de s'effondrer (> 1 km de large et environ à **150 m** au dessus du niveau de la mer)



Modèle numérique de terrain du Kick 'em Jenny (2003) – spacing =100m

Etape suivante

2 principes physiques sont principalement utilisés pour simuler les écoulements gravitaires denses :

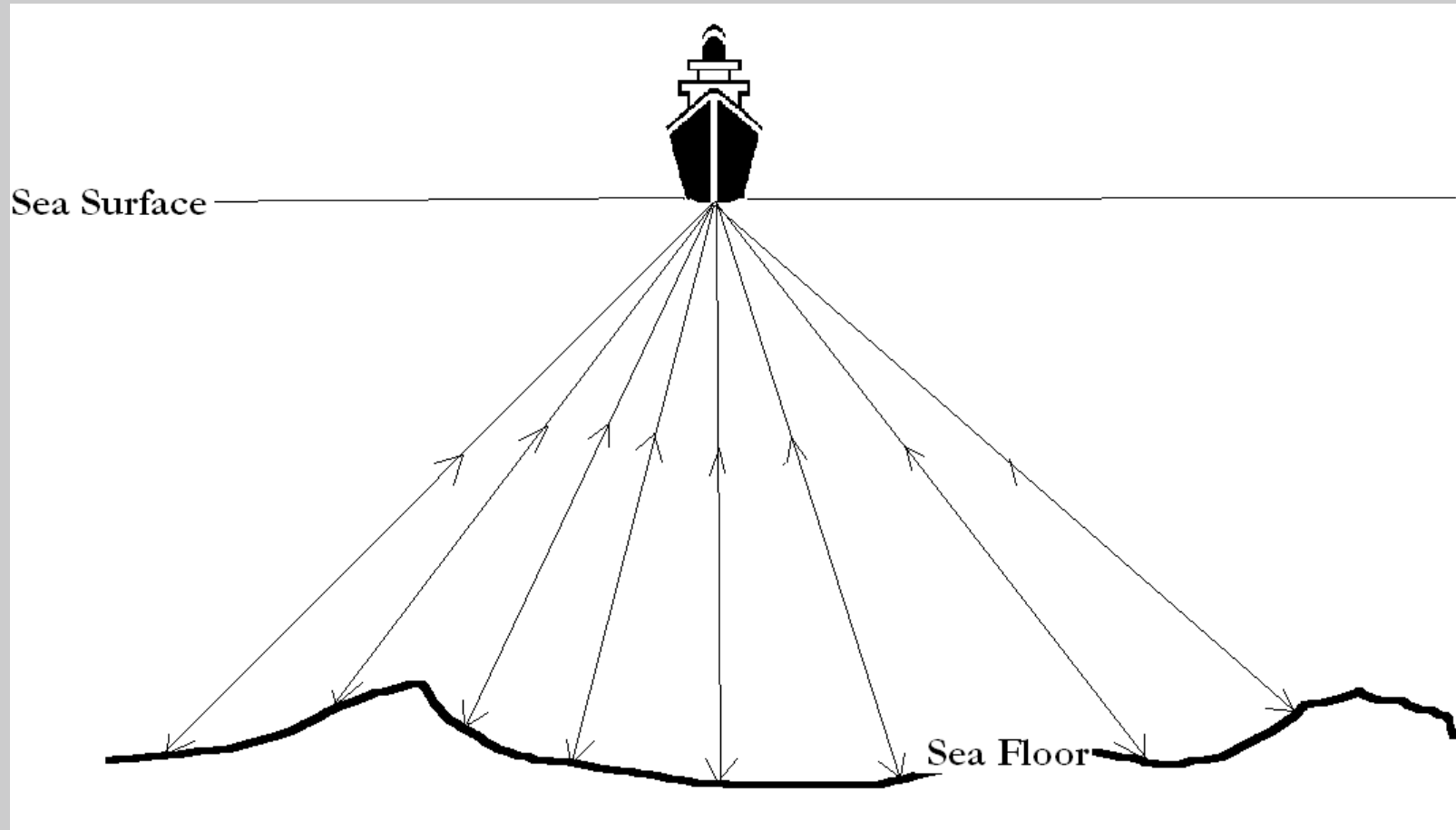
- **Loi de Viscosité** si l'écoulement considéré comme visco-plastique (Voight et al., 1983)
- **Loi de Friction** si l'écoulement considéré comme un écoulement granulaire (Heinrich et al., 2001; Kelfoun et al., 2005)

Paramètres importants : angles friction interne et de friction basale

**Modélisation de l'effondrement du Socompa
(Chili) , K. Kelfoun and T. Druitt (2005)**

animation

FIN



**Illustration of multi-beam depth sounding
Up to 134 depth soundings for the echo-sounder of the Ronald H. Brown**

Viscous Law

For debris avalanche a realistic model commonly used is to consider the dense gravity current as a **Bingham fluid** (e.g visco-plastic fluid)

Bingham model equation for a two dimensional-parallel flow :

$$\delta u / \delta y = 0 ; \tau \leq k$$

$$\tau / \rho = \gamma + \nu_b (\delta u / \delta y) ; \tau > k$$

Motion is initiated and driven by viscosity when $\tau > k$

u = velocity in flow direction (x axis)

y = coordinate normal to the flow direction

$\delta u / \delta y$ = strain rate

τ = shear stress

P = density

$\gamma = k/\rho$ = shear strength parameter

ν_b = Bingham (yield) kinematic viscosity

k = yield strength

Friction law

- The fluid must be considered as a **solid mass in motion**
- Most of the fragmentation and deformation is assumed to be **concentrated in a layer near the bed surface**
- In the body flow, energy dissipation is **small compared to the energy loss in at the boundary layer**
- Use of a **constant** profile of slope parallel velocity over the thickness of the slide mass

❖ **Simple Coulomb law** : basal friction angle Φ is **constant**

$$\tau = -g.h.\cos\theta.\tan \Phi.u/|u|$$

Φ = constant basal apparent friction angle

θ = local slope

u = velocity

h = thickness of flow

❖ **Pouliquen's friction law**:

$$\mu = \tan \Phi_1 + (\tan \Phi_2 - \tan \Phi_1) .\exp (-\gamma.((g.h)^{-0.5} / u))$$

μ = basal friction coefficient

Φ_1 and Φ_2 are empirical and characteristic of the material

Constant Retarding Stress

For a dry frictional material, the retarding stress (**T**) is of the form:

$$T_x = -\rho \cdot h \cdot (g \cdot \cos\theta + (u^2/r)) \cdot \tan \phi_{\text{bed}} \cdot (u/|u|)$$

h = thickness

θ = ground slope

u = velocity

r = radius of curvature of the ground

φ_{bed} = angle of dynamic friction between the avalanche and the ground surface

The use of this law is justified even for rapid granular flow by *Savage and Hutter* [1989]