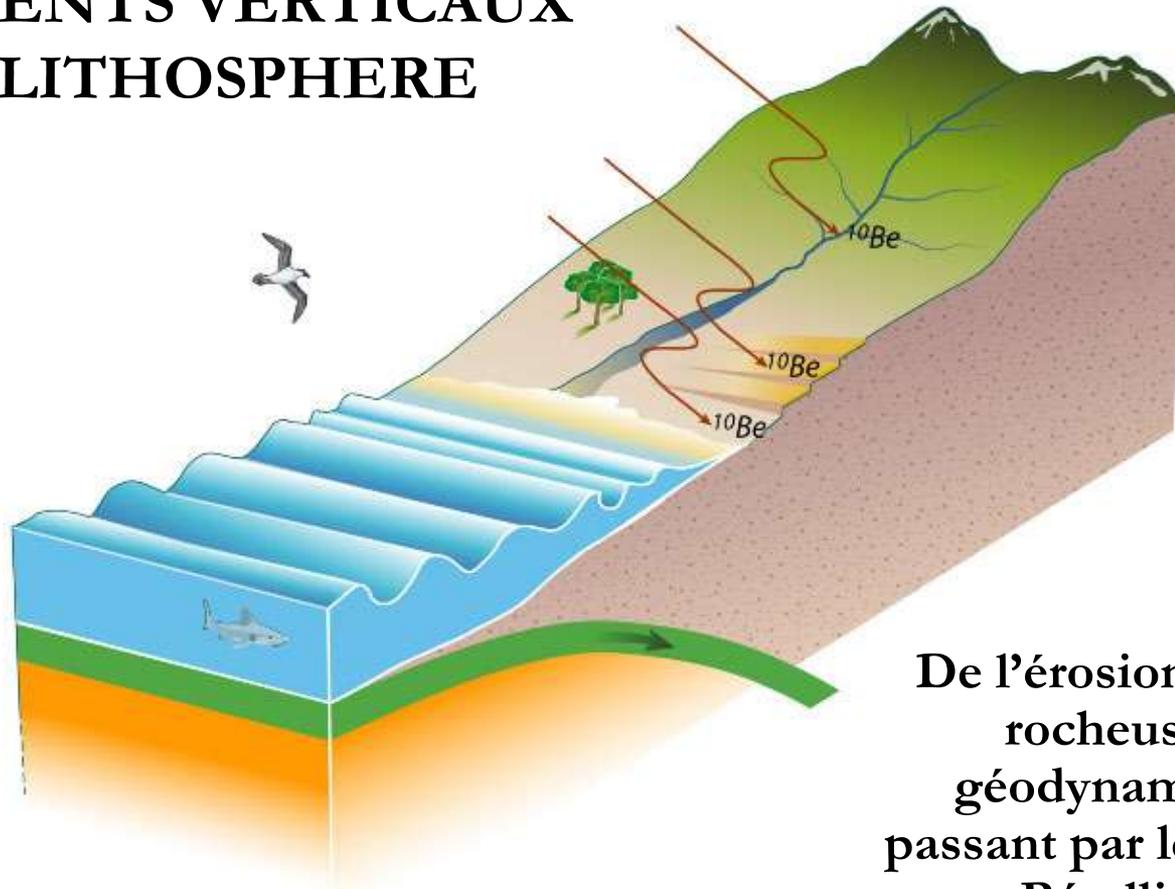
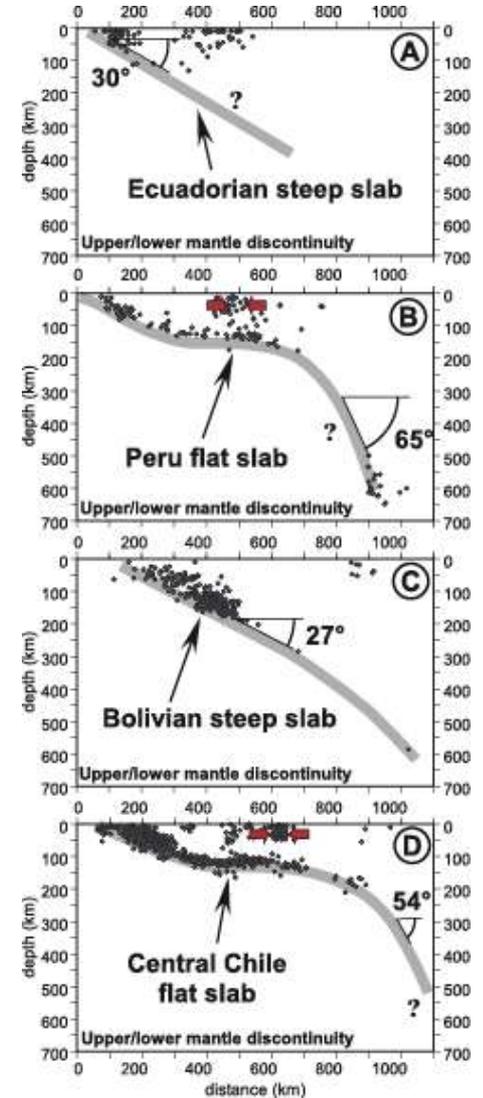
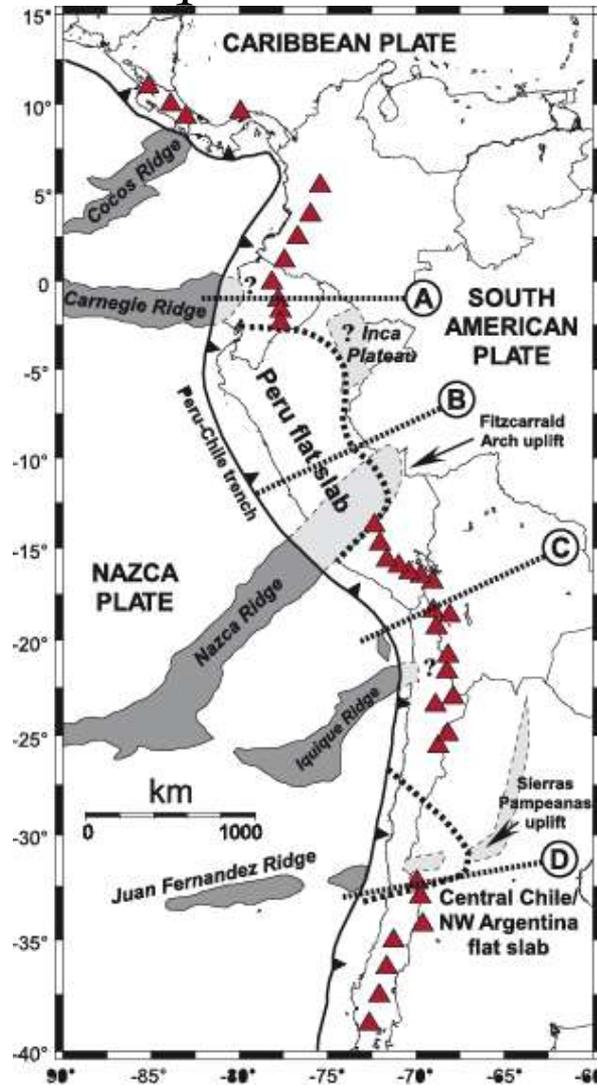
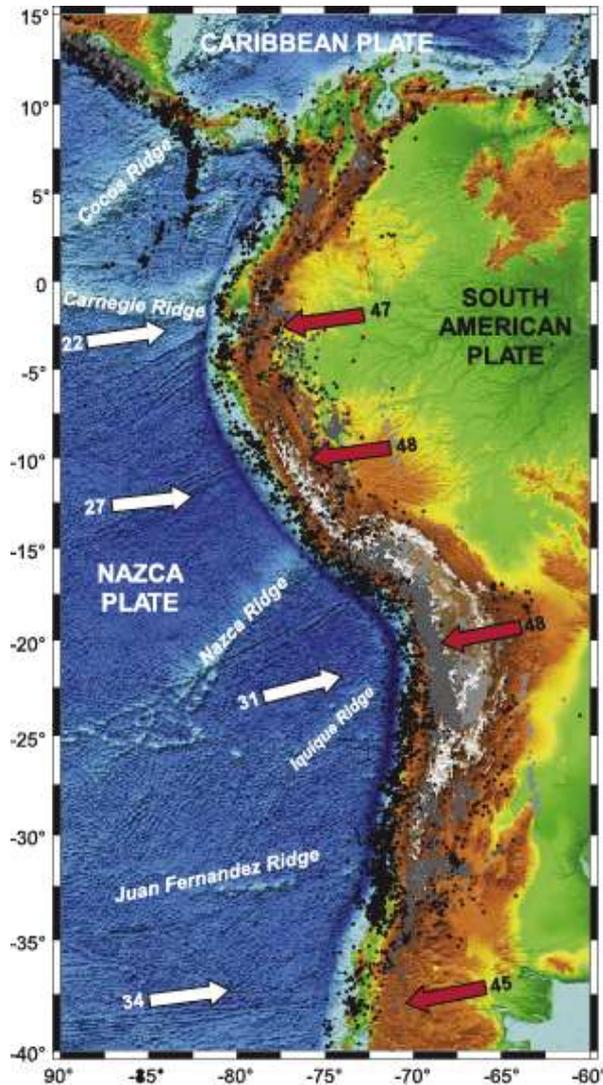


MESURE ET INTERPRÉTATION DES MOUVEMENTS VERTICAUX DE LA LITHOSPHERE



De l'érosion des côtes
rocheuses à la
géodynamique, en
passant par les datations
Béryllium-10

Problème posé par la subduction de Nazca sous l'Amérique du Sud



PLAN

1- Mouvements verticaux de la subduction : terrasses et rasas

1a terrasses/rasas

* prérequis : niveau de la mer

1b autres significations des terrasses ?

2- Mise en place actuelle des terrasses marines

2a observations

2b modélisation

3- Utilisation du ^{10}Be

* Introduction sur le ^{10}Be

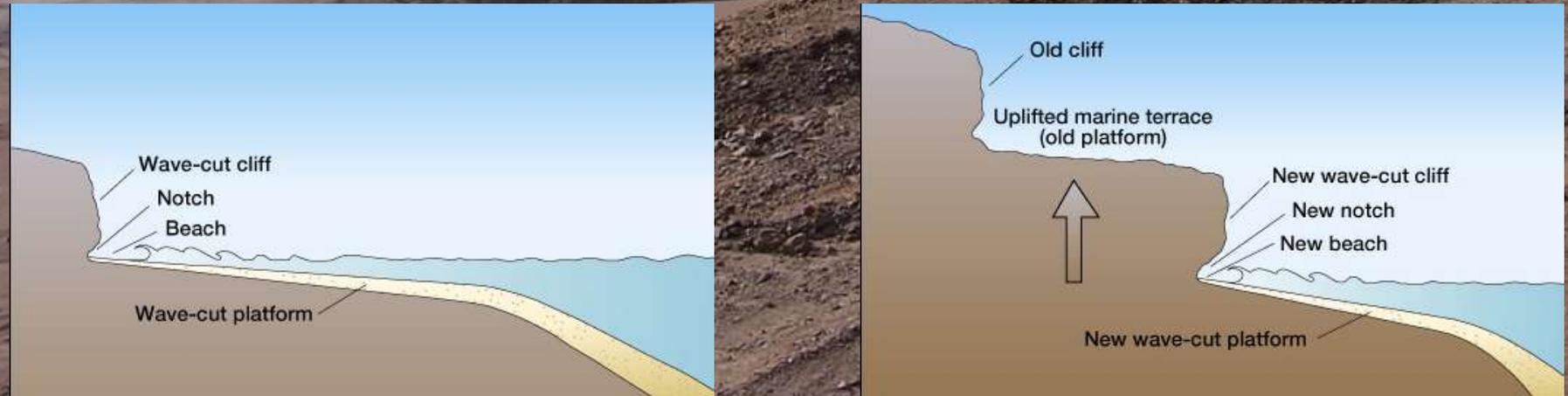
3a érosion Andes

3b en Normandie

Exemple des terrasses du Pérou

Plateformes, chacune représentative d'un niveau interglaciaire différent

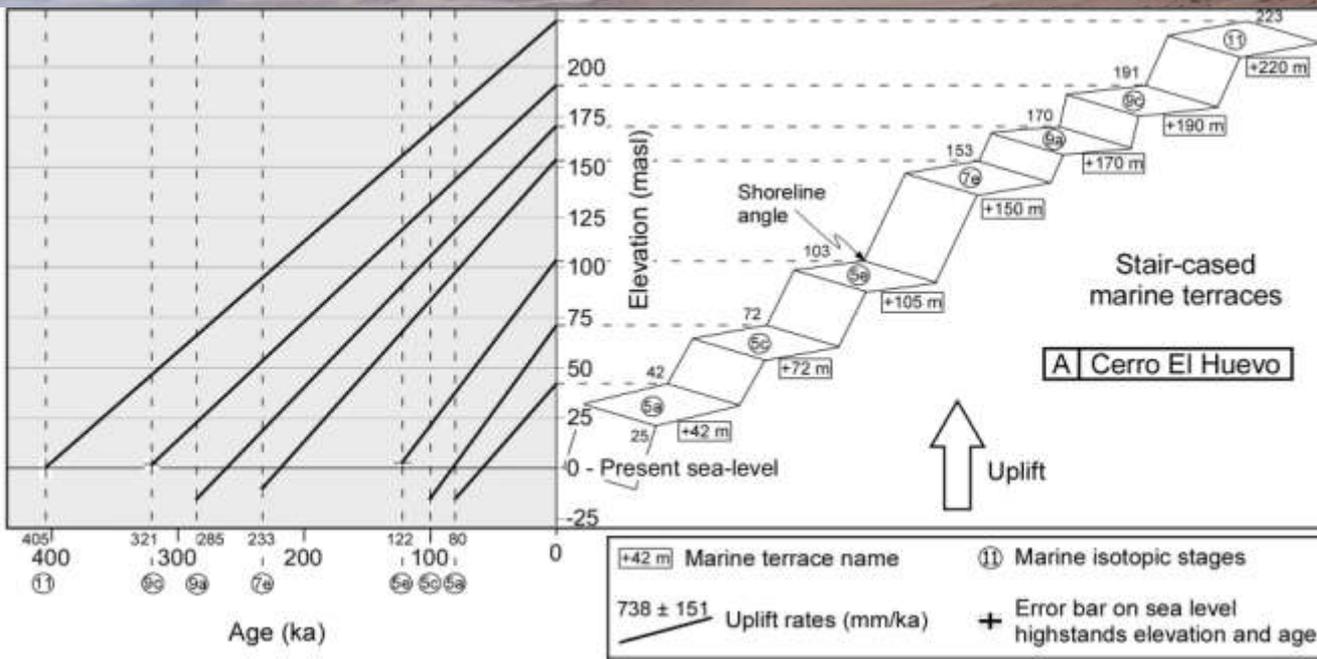
400 m



Exemple des terrasses du Pérou

Plateformes, chacune représentative d'un niveau interglaciaire différent

400 m

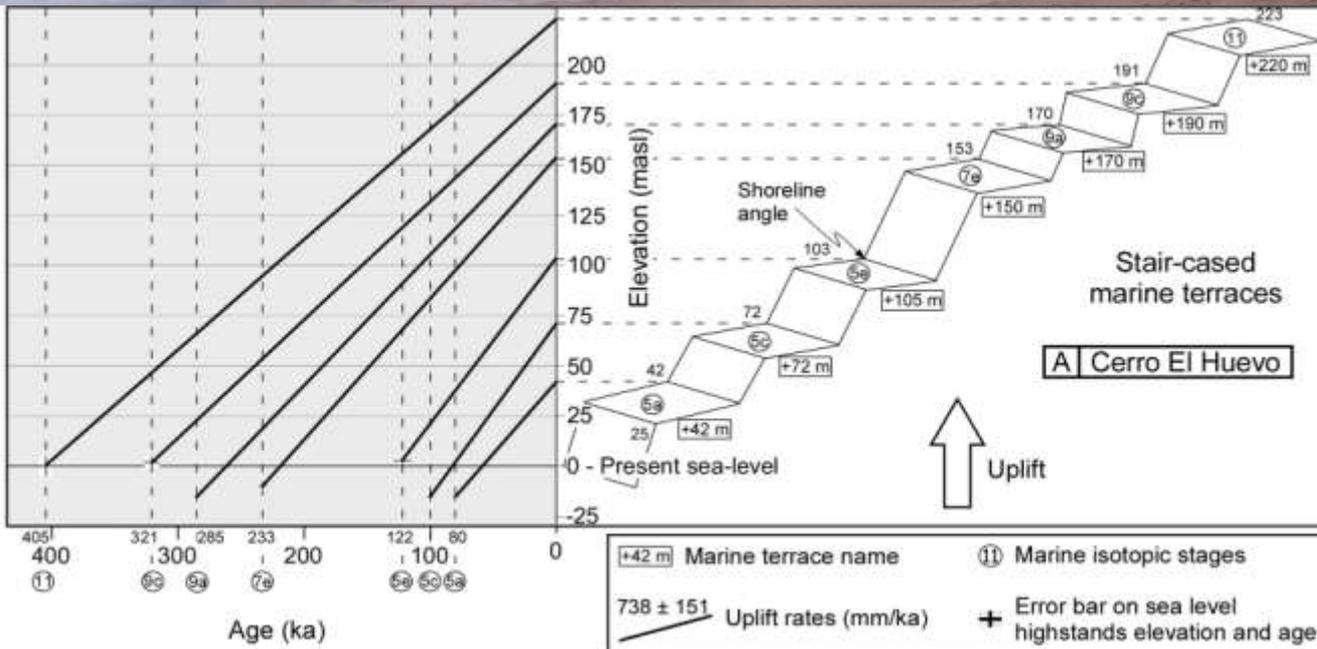


Utilisation : vitesses de soulèvement

Equation générale

$$U = \frac{dz - e}{t}$$

↑ Vitesse de soulèvement
 ↑ Altitude du pied de falaise
 ↑ Niveau de la mer au moment de la formation de la terrasse
 ↑ Âge de la terrasse



Utilisation : vitesses de soulèvement

Comment donner un âge ?

→ Calages temporels (datations)

→ Chronostratigraphie

Quel niveau de la mer ?

Equation générale

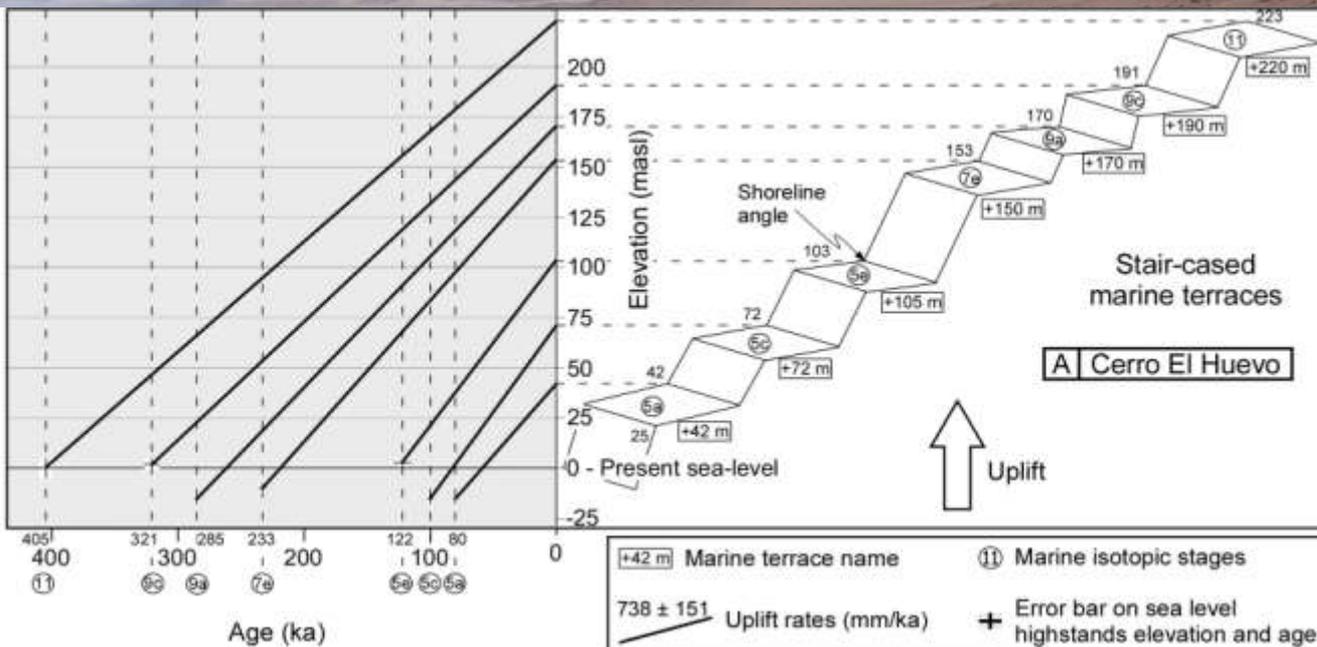
$$U = \frac{dz - e}{t}$$

Altitude du pied de falaise

Niveau de la mer au moment de la formation de la terrasse

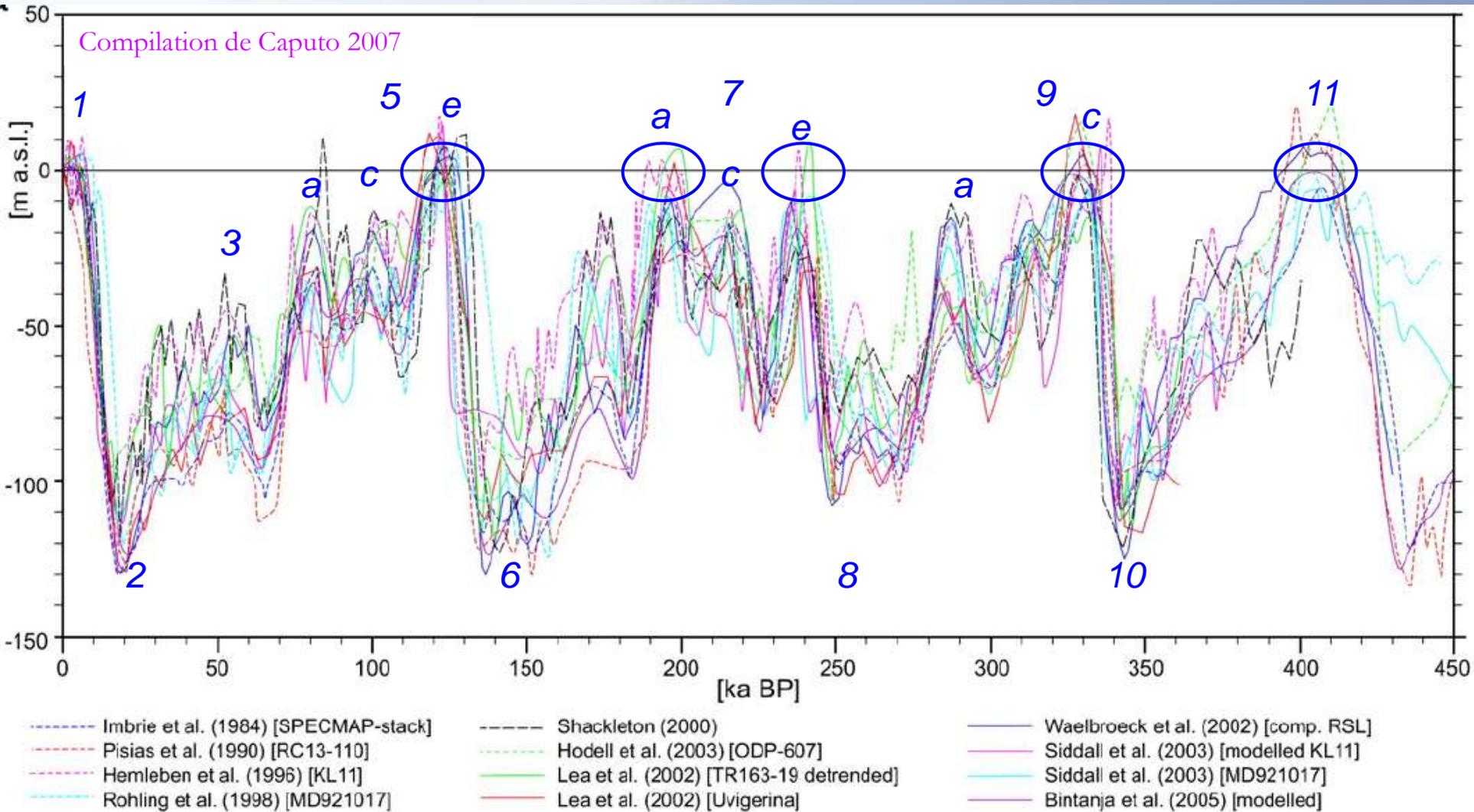
Âge de la terrasse

Vitesse de soulèvement



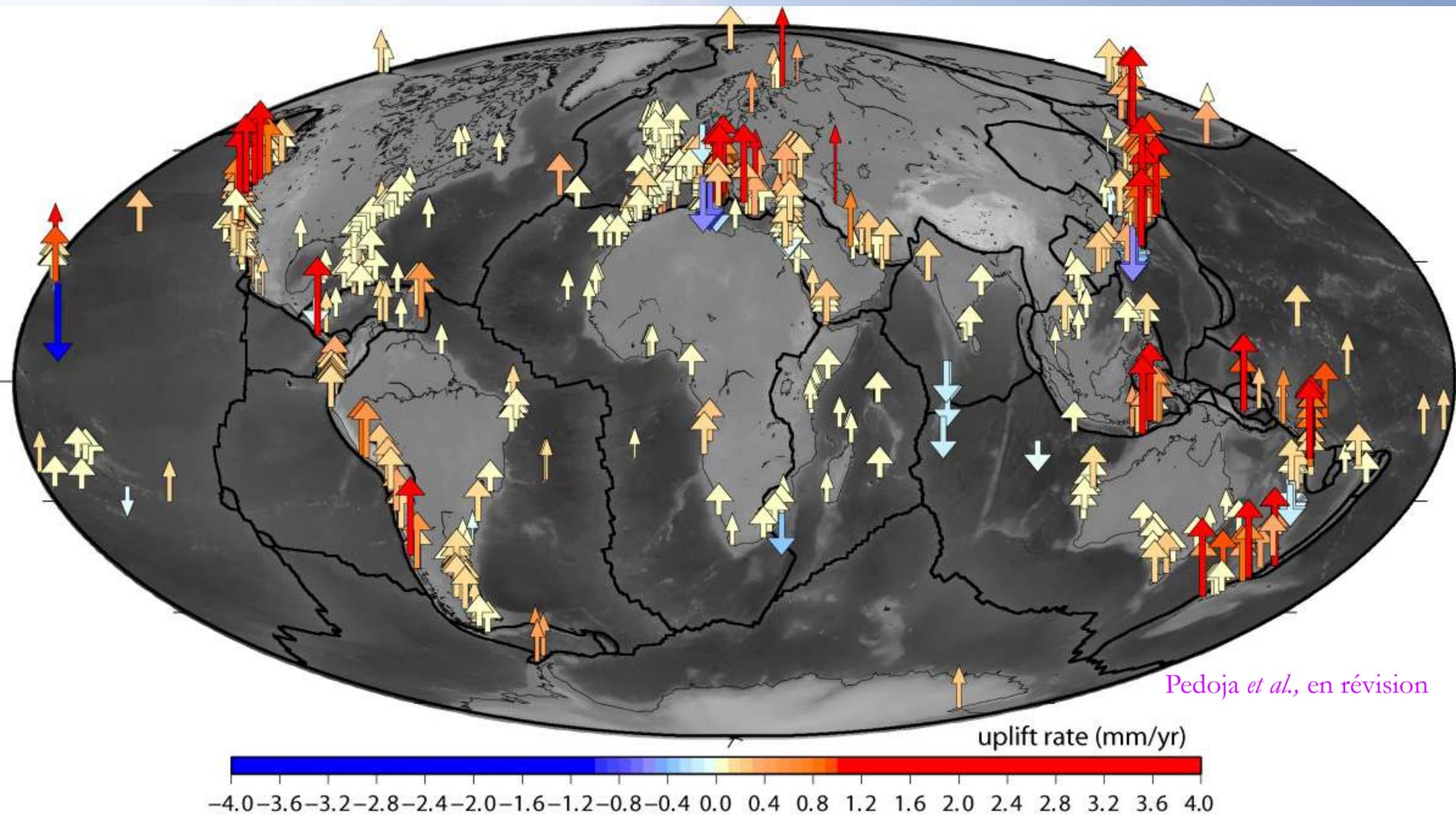
Niveau de la mer

Courbe(s) du niveau eustatique

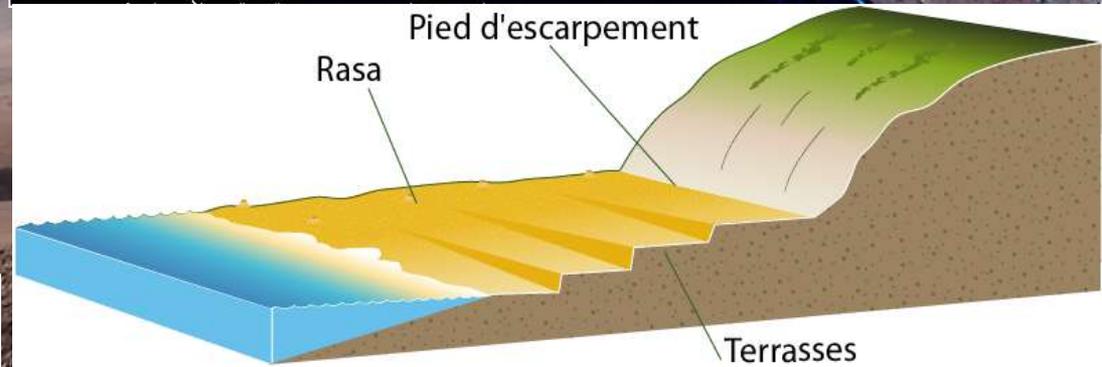
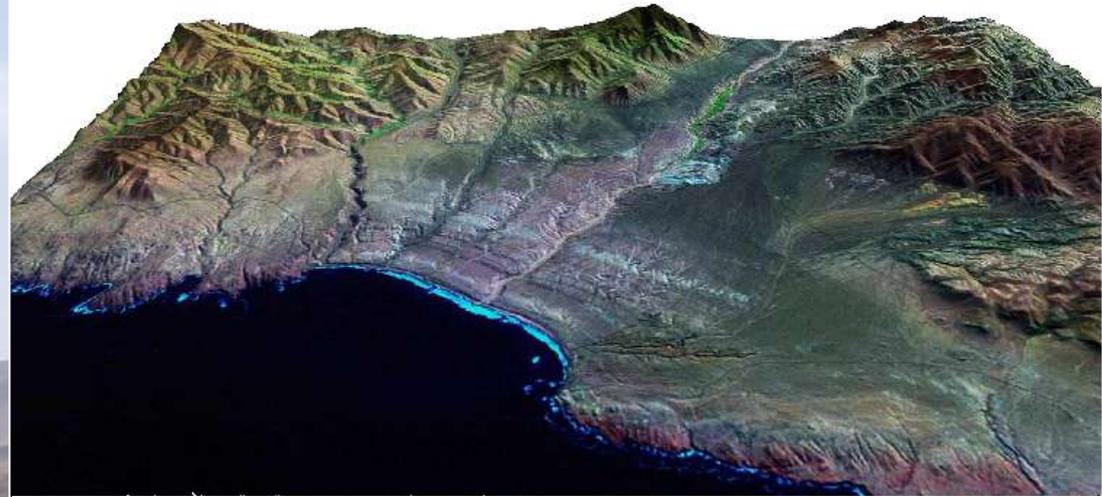
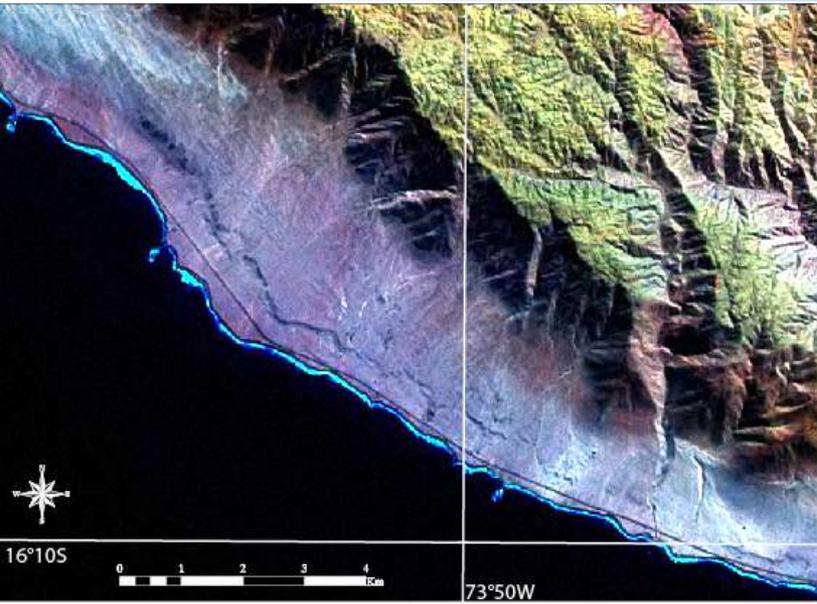


Terrasses MIS5(e)

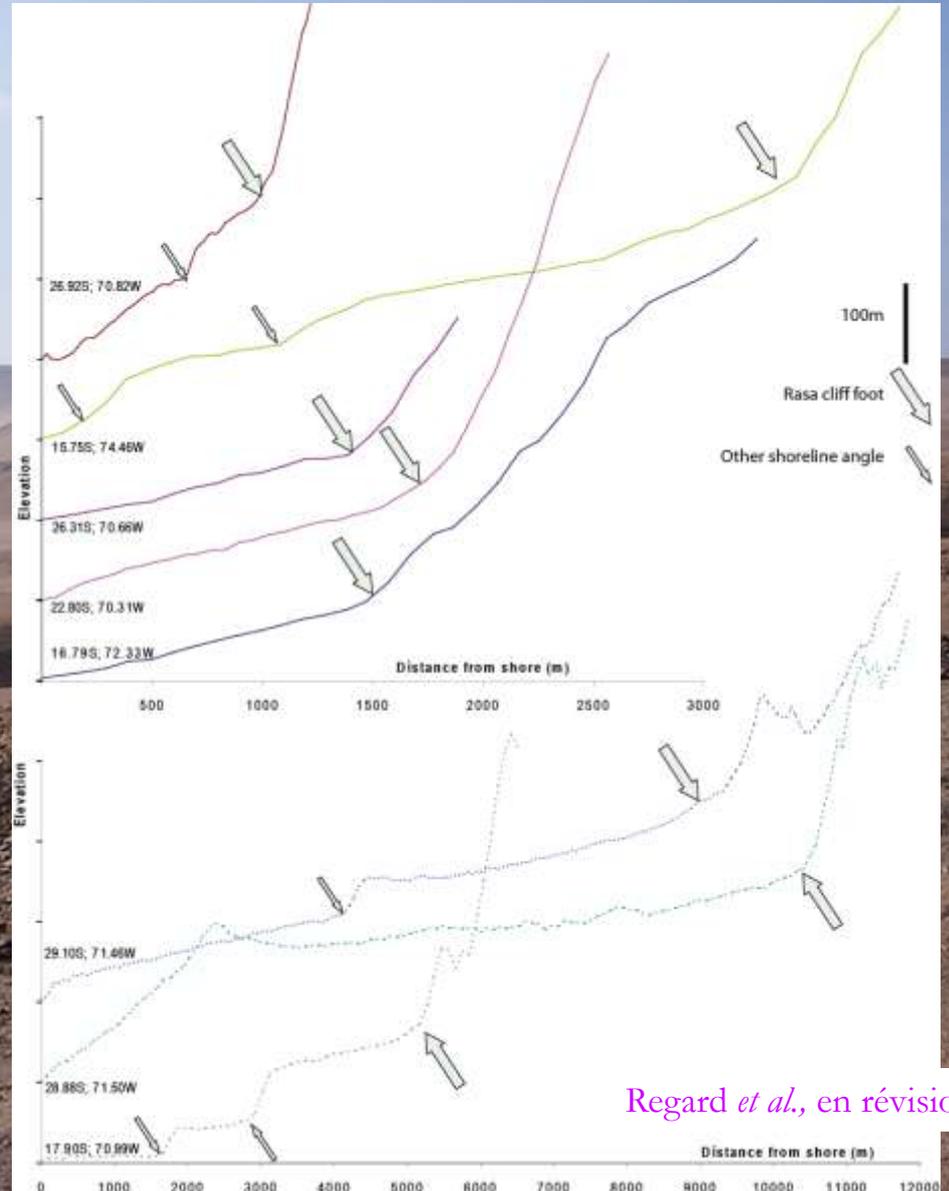
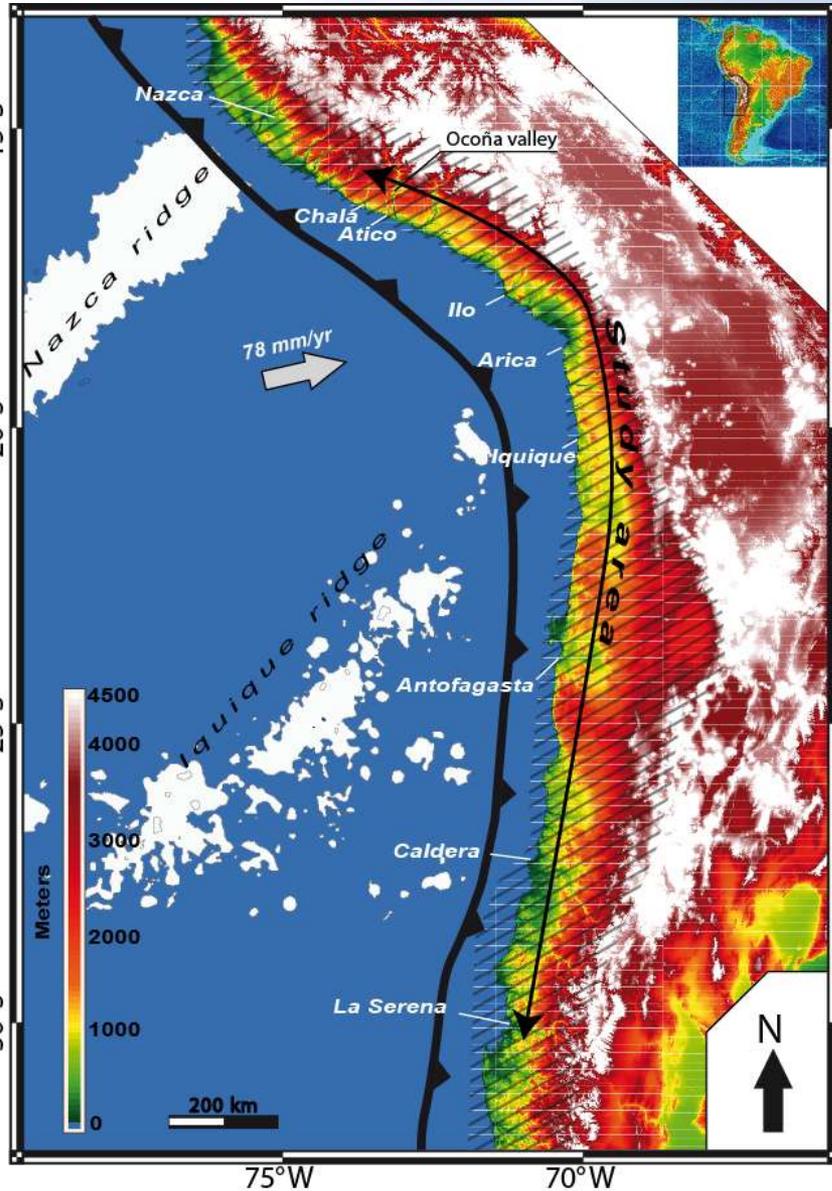
125 ka



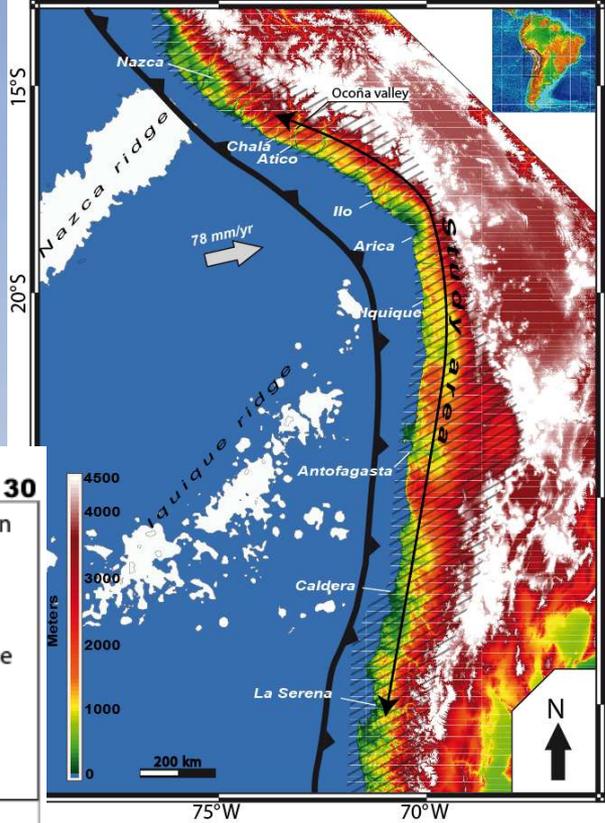
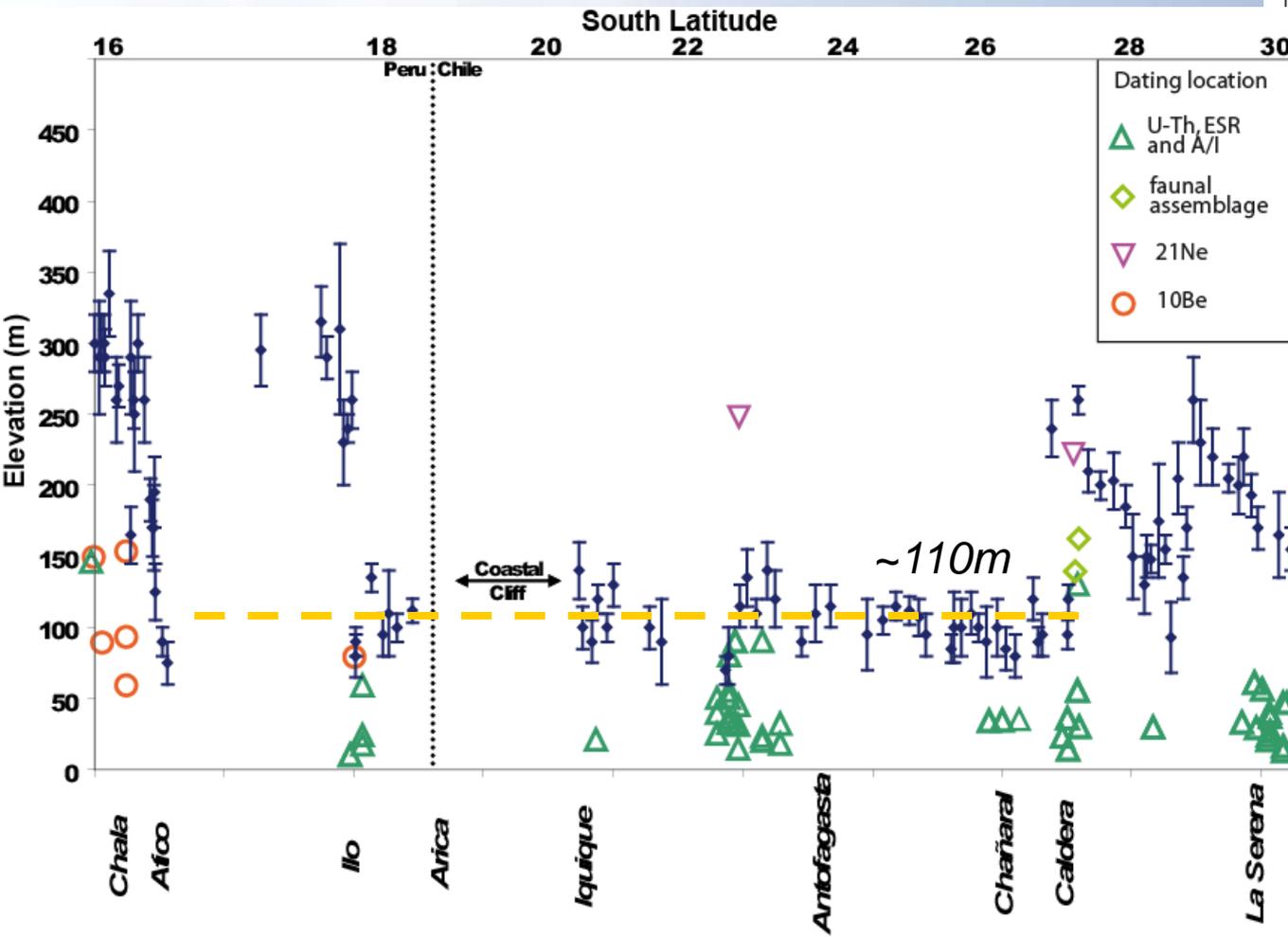
Autre morphologie côtière soulevée : les rasas



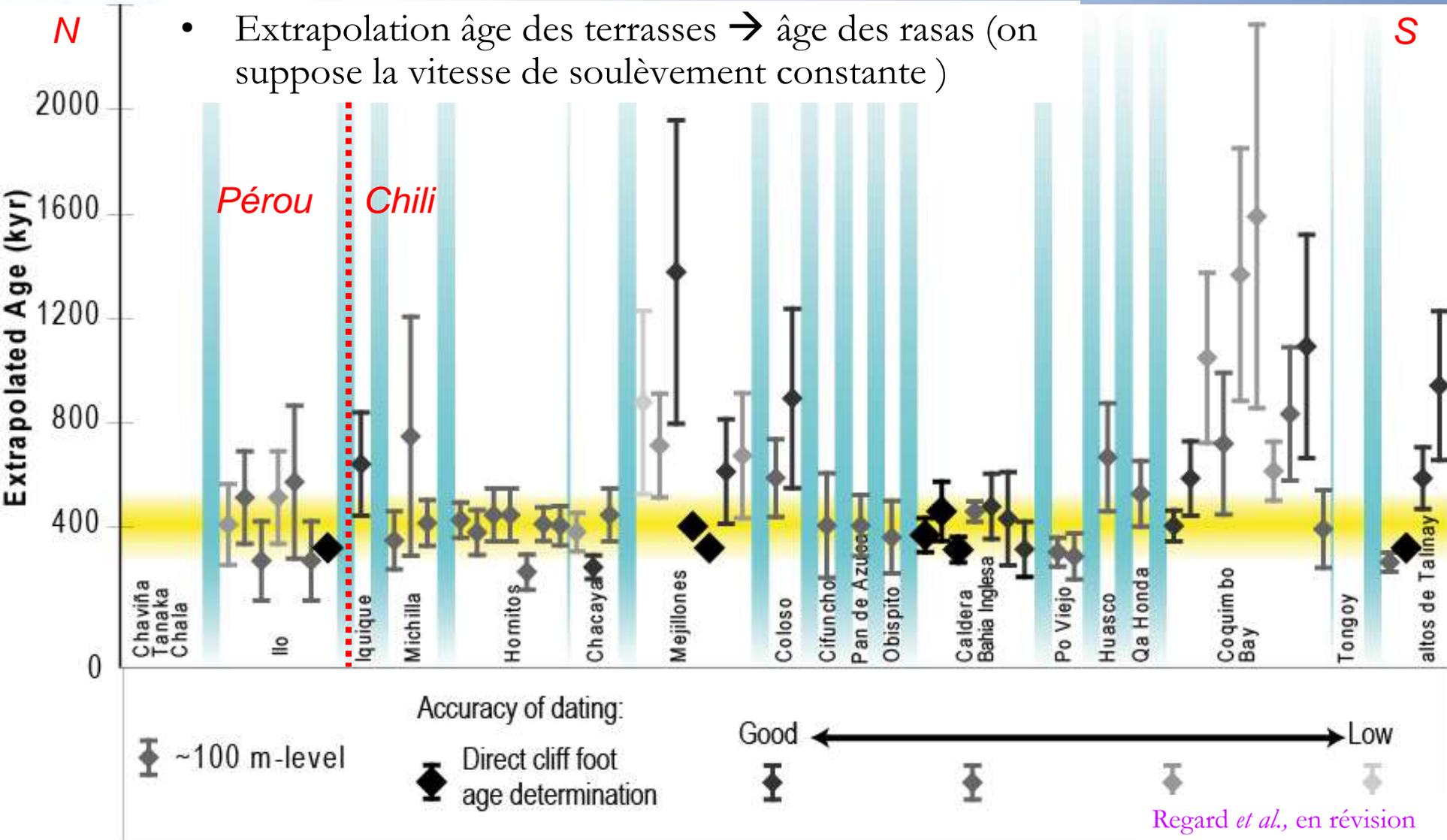
Autre morphologie côtière soulevée : les rasas



Altitude des rases



Âges des raras

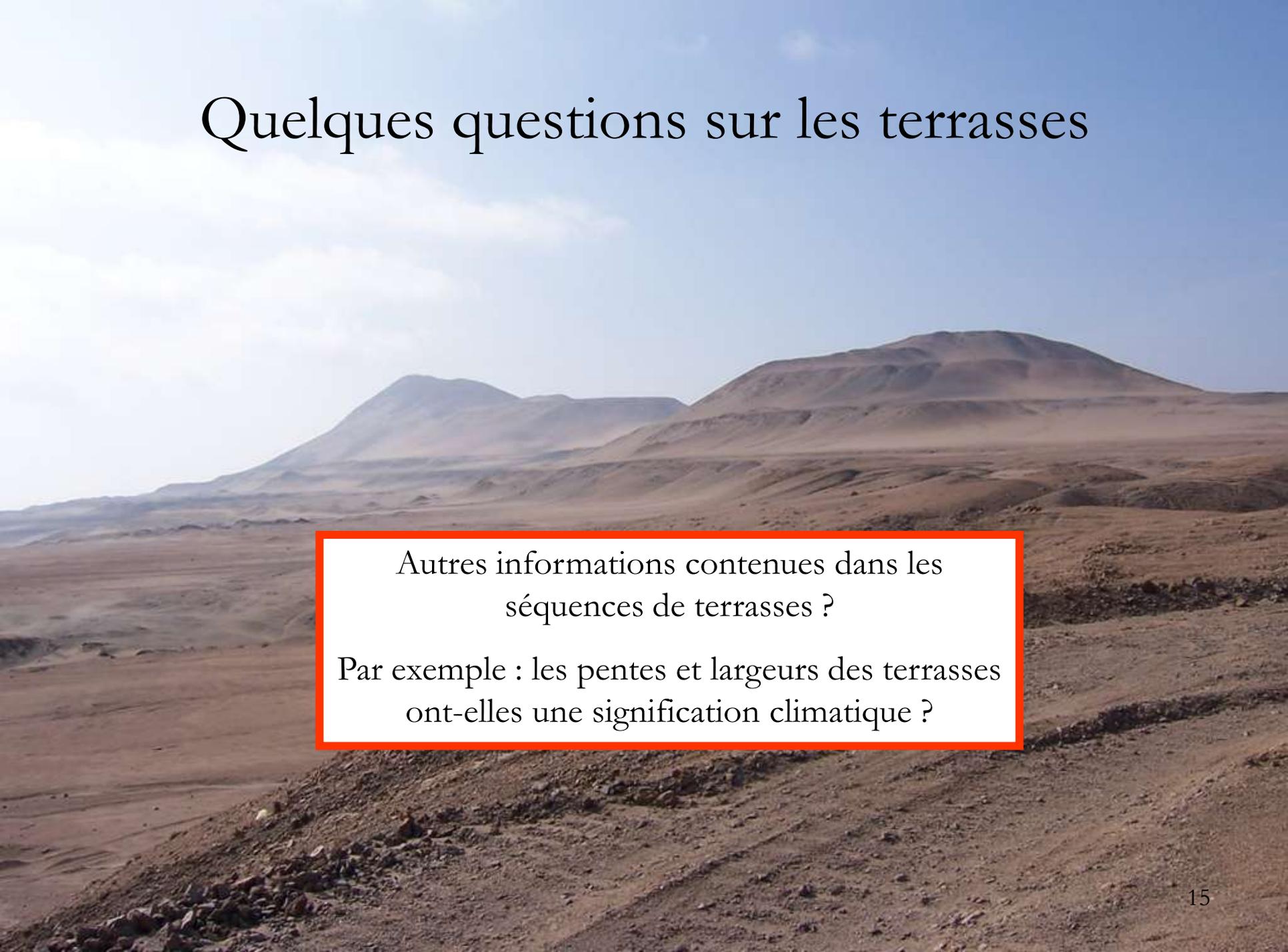


Implications

- Soulèvement important (1000 m) de l'avant-arc (Pérou, Chili) depuis le Miocène moyen.
- Avant-arc était à peu près au niveau actuel il y a 2-3 Ma
→ Nos données indiquent une **reprise de soulèvement** au Quaternaire **après une période de quiescence**.

- Homogénéité du comportement de l'avant-arc : phénomène grande longueur d'onde : subduction de la plaque de Nazca ?
- Comportement particulier des péninsules (*cf. Saillard et al. 2009*)

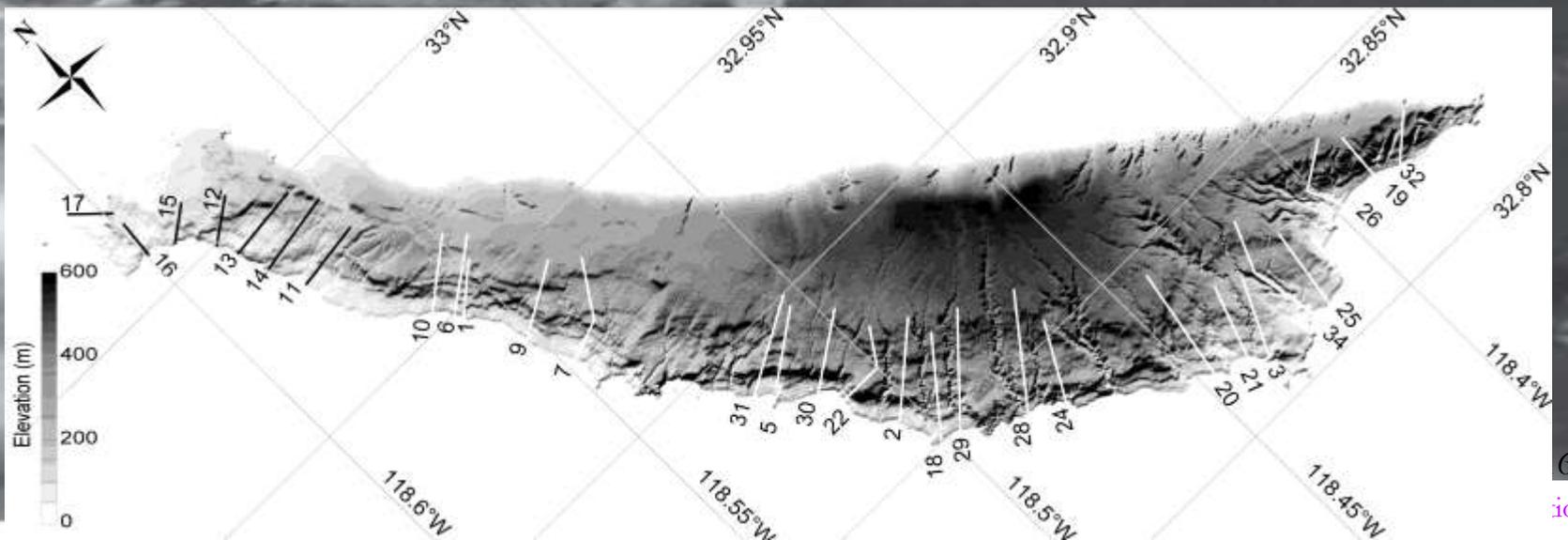
Quelques questions sur les terrasses



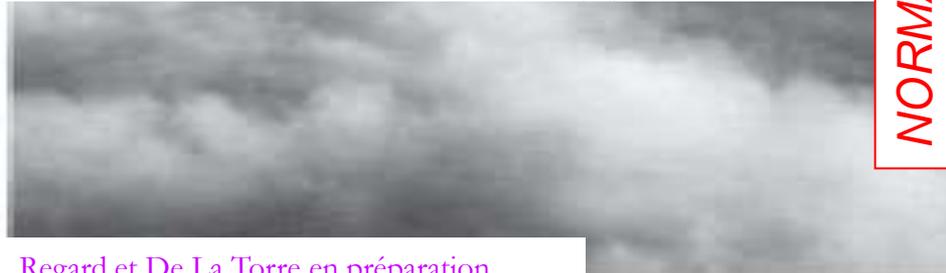
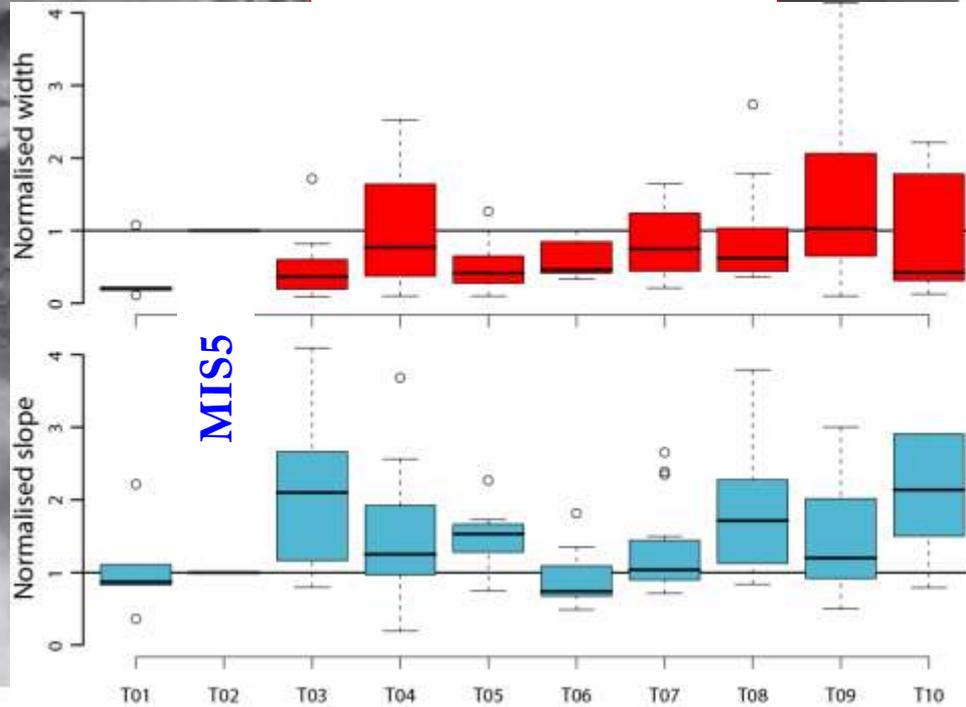
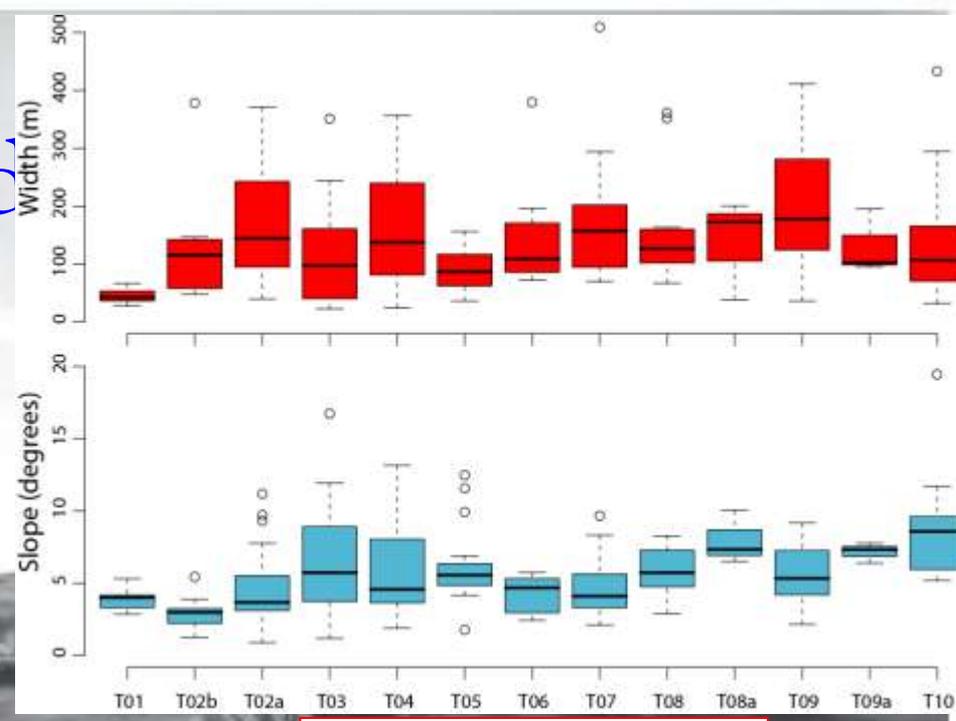
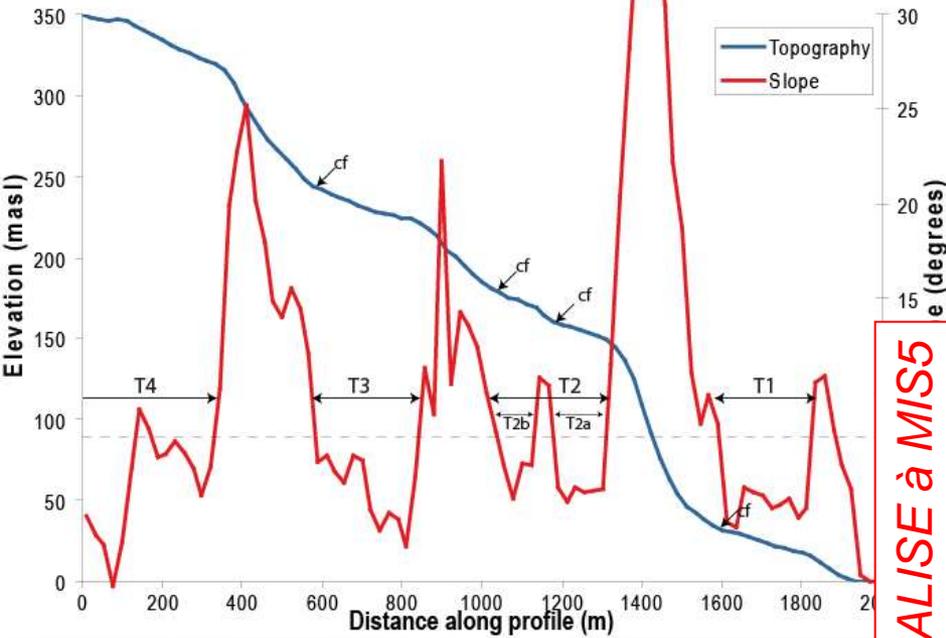
Autres informations contenues dans les
séquences de terrasses ?

Par exemple : les pentes et largeurs des terrasses
ont-elles une signification climatique ?

San Clemente



Extraction of



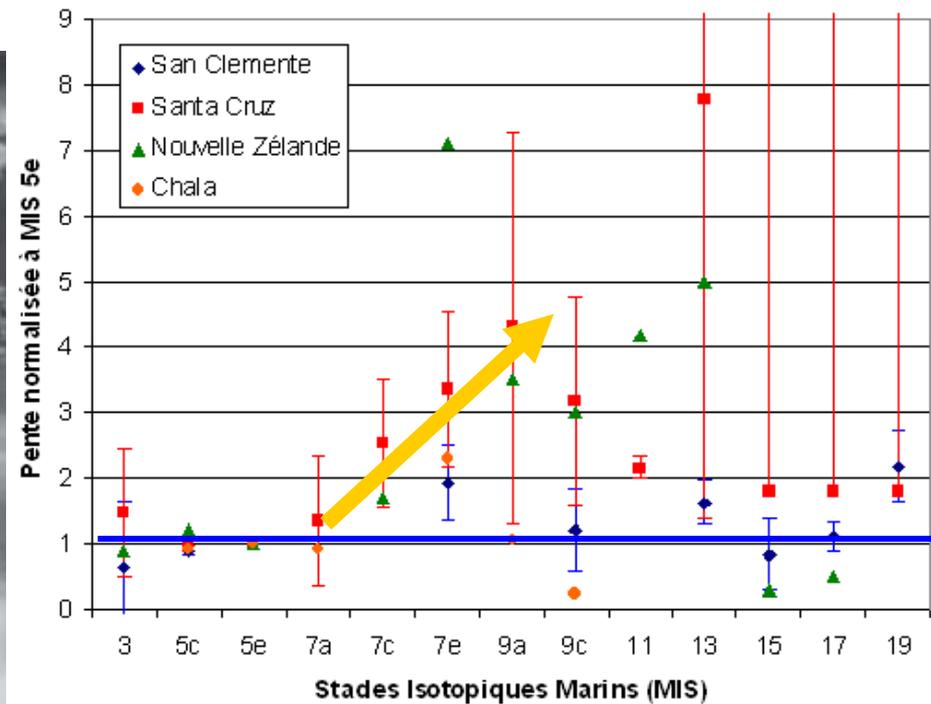
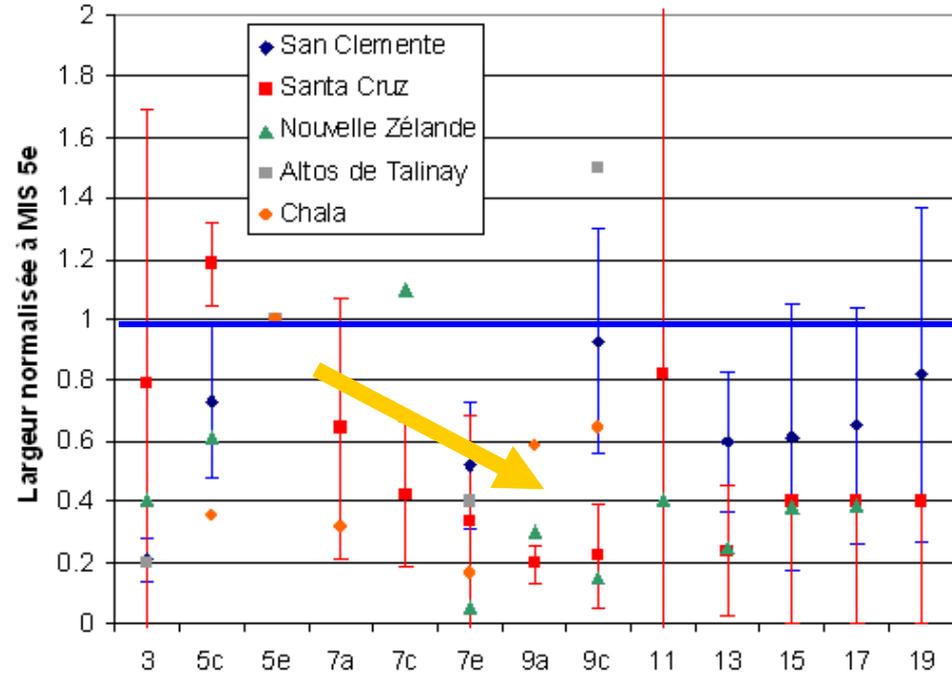
Autres données

La largeur diminue

La pente augmente

Problèmes de datation...

(Travail en cours)



Prospectives

- Extrapoler le travail de San Clemente : exploiter le signal temporel afin de voir s'il n'y a pas une signification climatique de la morphologie des terrasses
- Exploiter les données sur les terrasses du MIS5e en termes de géodynamique
- ➔ Regarder les plateformes actuelles



PLAN

1- Mouvements verticaux de la subduction : terrasses et rasas

1a terrasses/rasas

* prérequis : niveau de la mer

1b autres significations des terrasses ?

2- Mise en place actuelle des terrasses marines

2a observations

2b modélisation

3- Utilisation du ^{10}Be

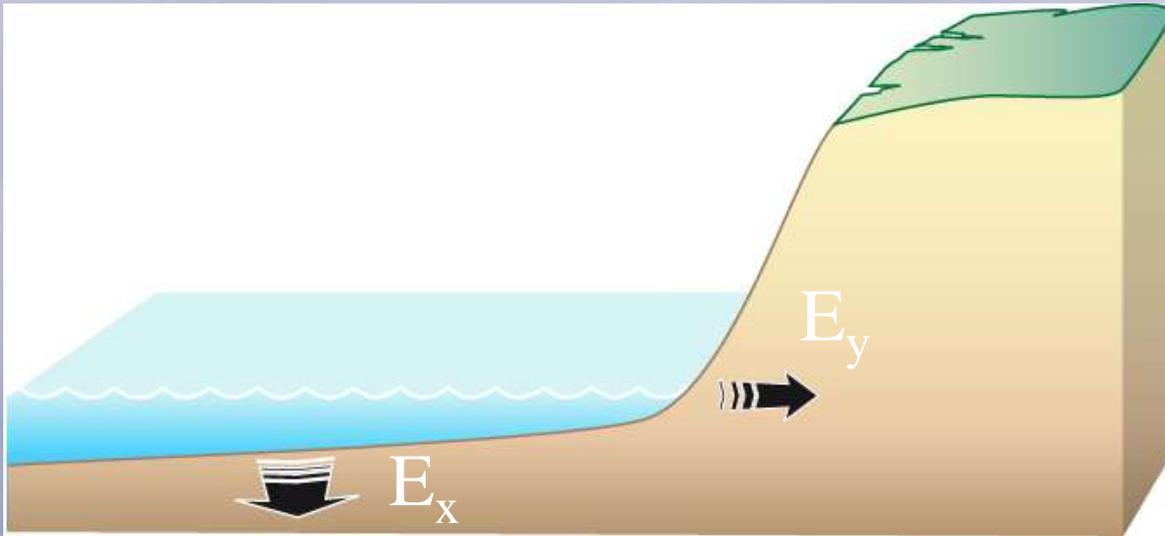
* Introduction sur le ^{10}Be

3a érosion Andes

3b en Normandie

Erosion des côtes rocheuses

- Implication dans l'étude de plateformes/falaises actuelles
- Utilisation du site de Mesnil-Val (PROTECT, ROCC, EVOLGEO), en se focalisant sur la plateforme plutôt que la falaise.

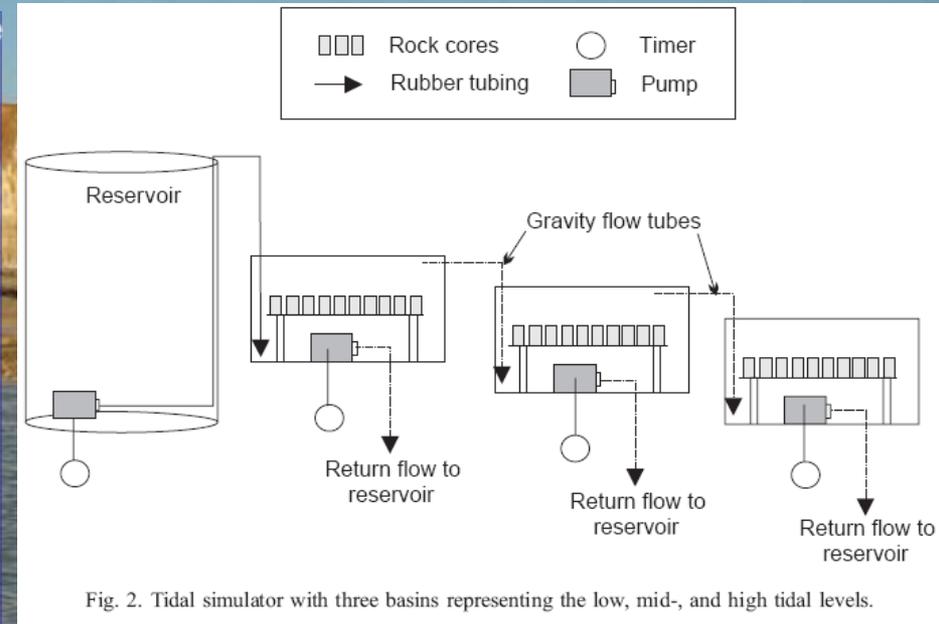
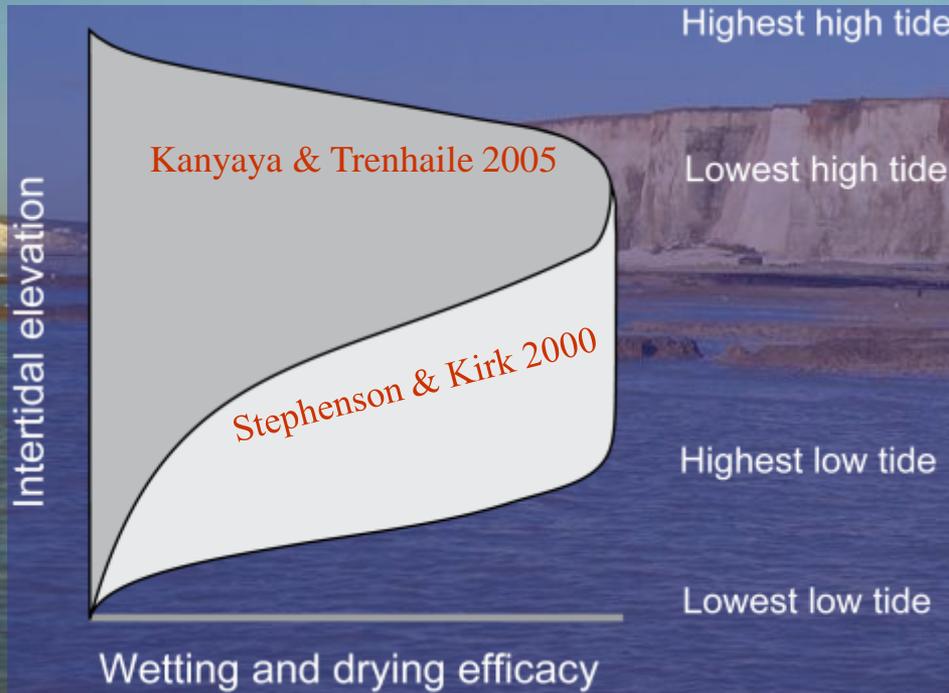


L'érosion de la
plateforme se fait par :
1) la houle



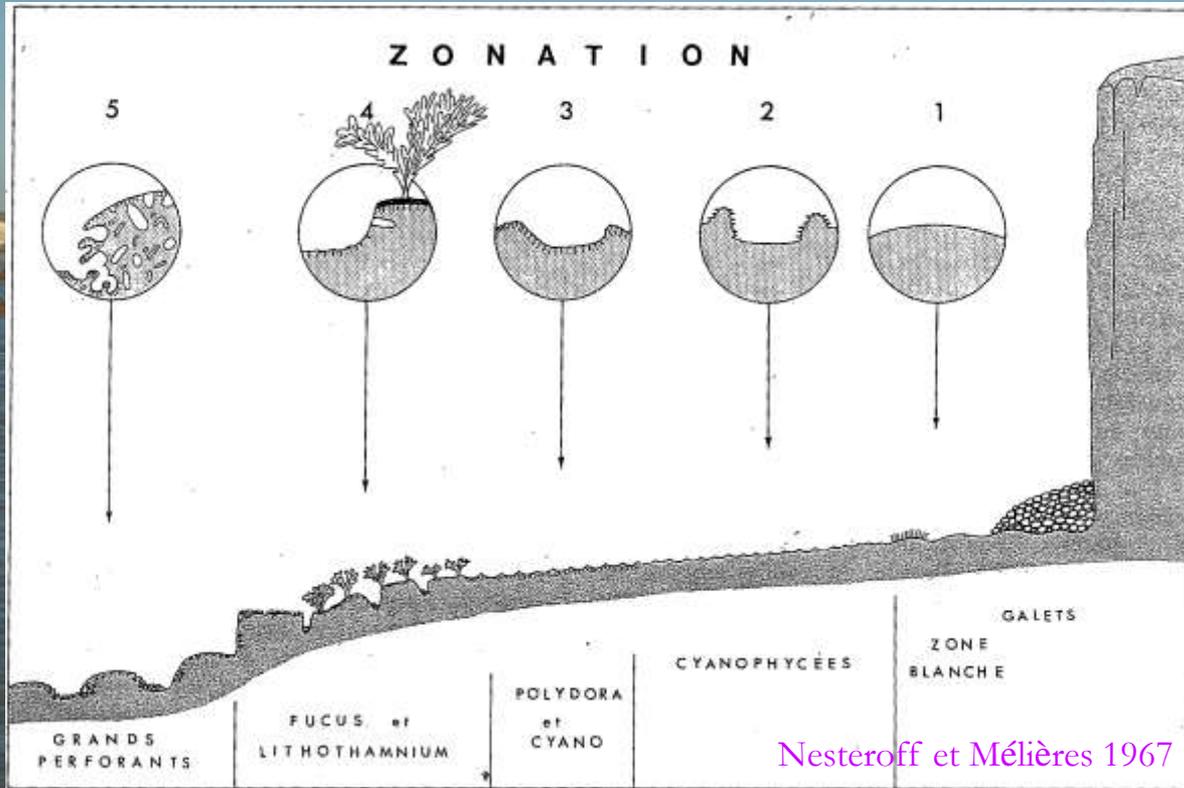
L'érosion de la plateforme se fait par :

2) l'altération au cours des cycles tidaux



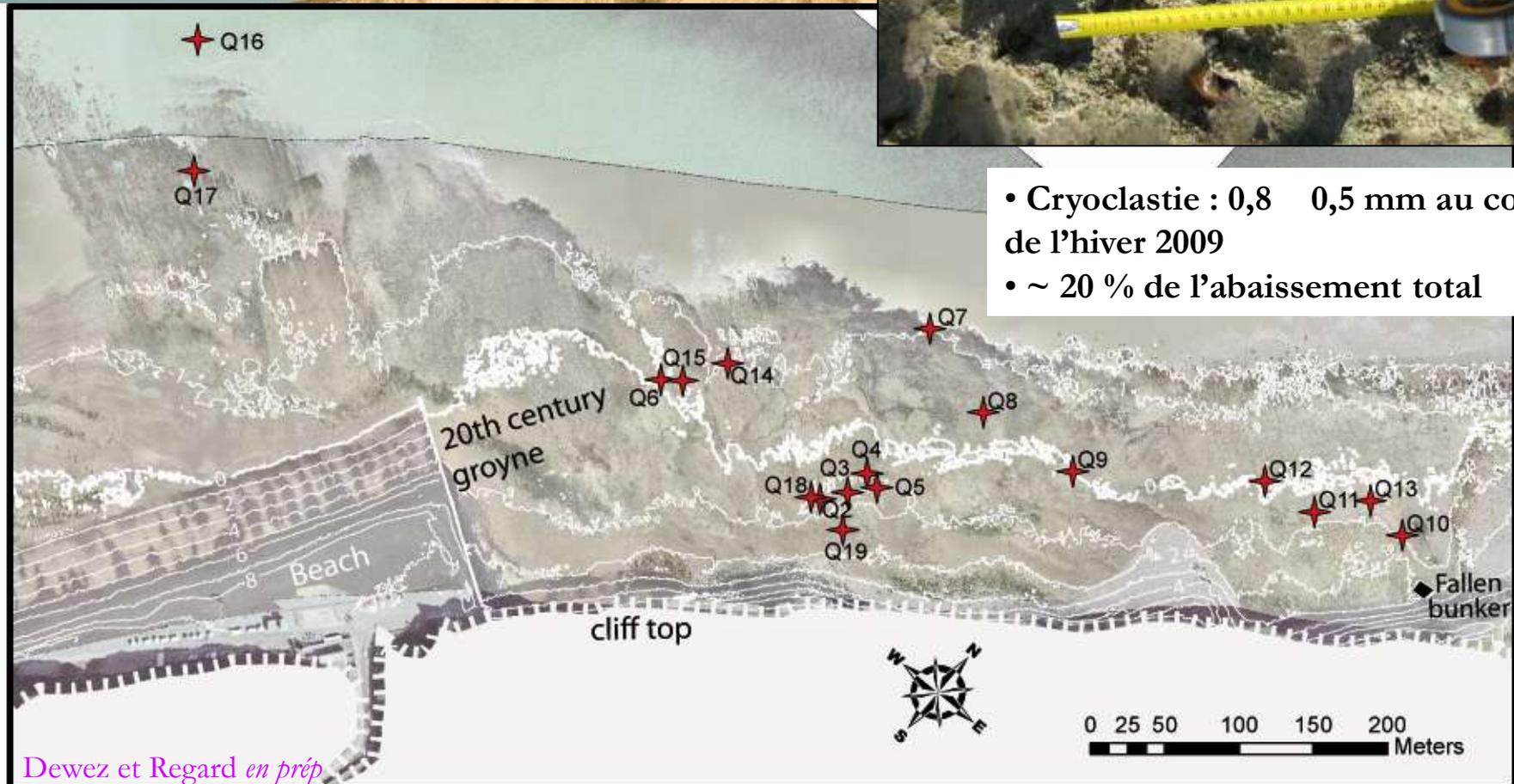
L'érosion de la plateforme se fait par :

3) l'effet des organismes



Expériences d'Andrews and Williams, 2005 : estimation de l'abrasion par les patelles → 0,15-0,5 mm/an sur un autre site dans la Manche

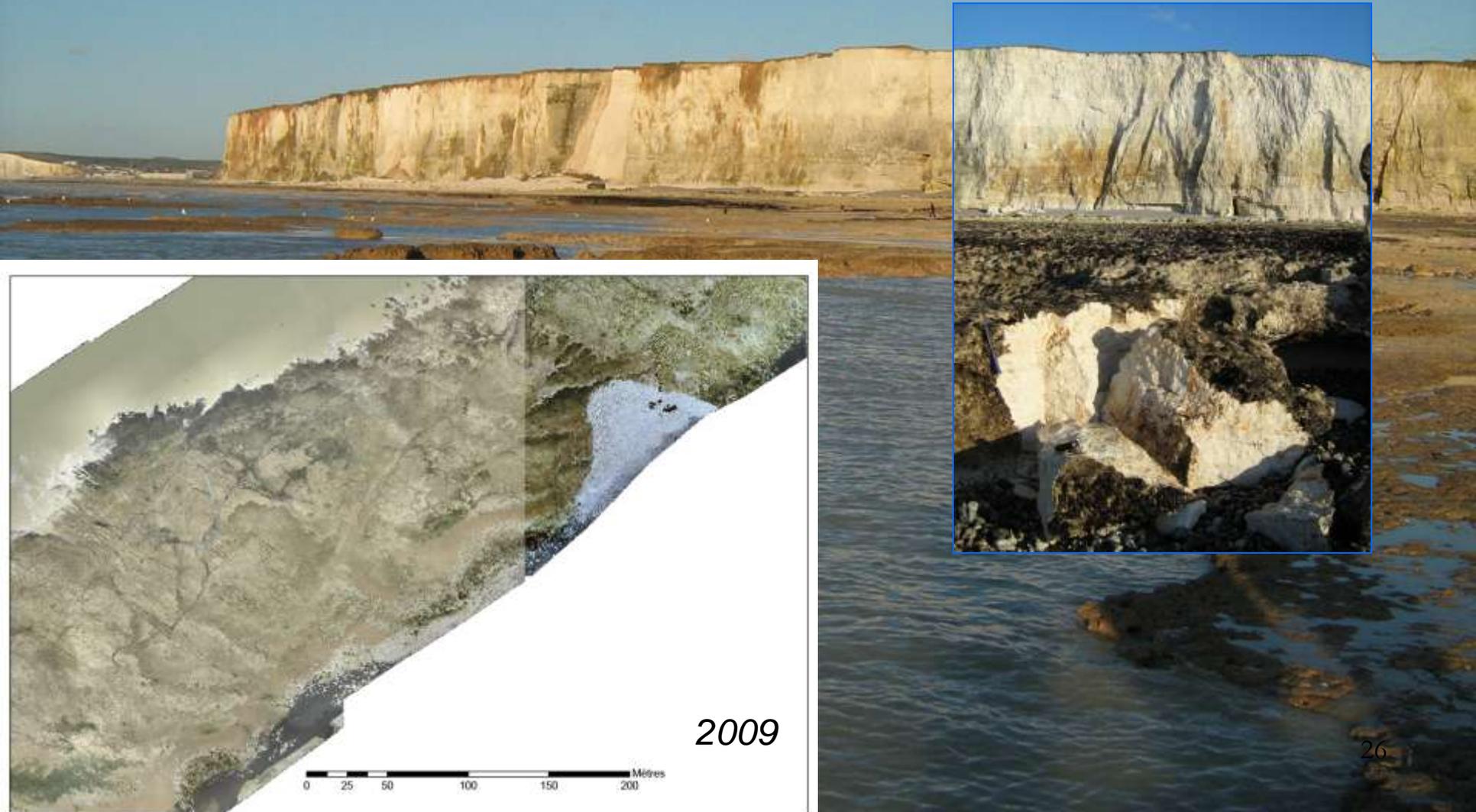
L'érosion de la plateforme se fait par :
4) la cryoclastie



- Cryoclastie : 0,8 - 0,5 mm au cours de l'hiver 2009
- ~ 20 % de l'abaissement total

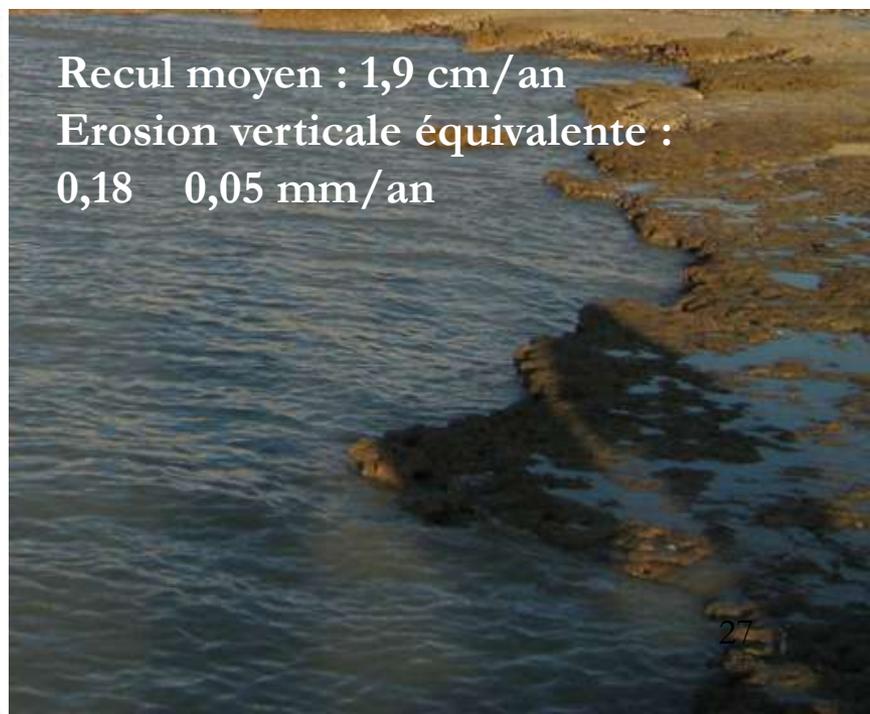
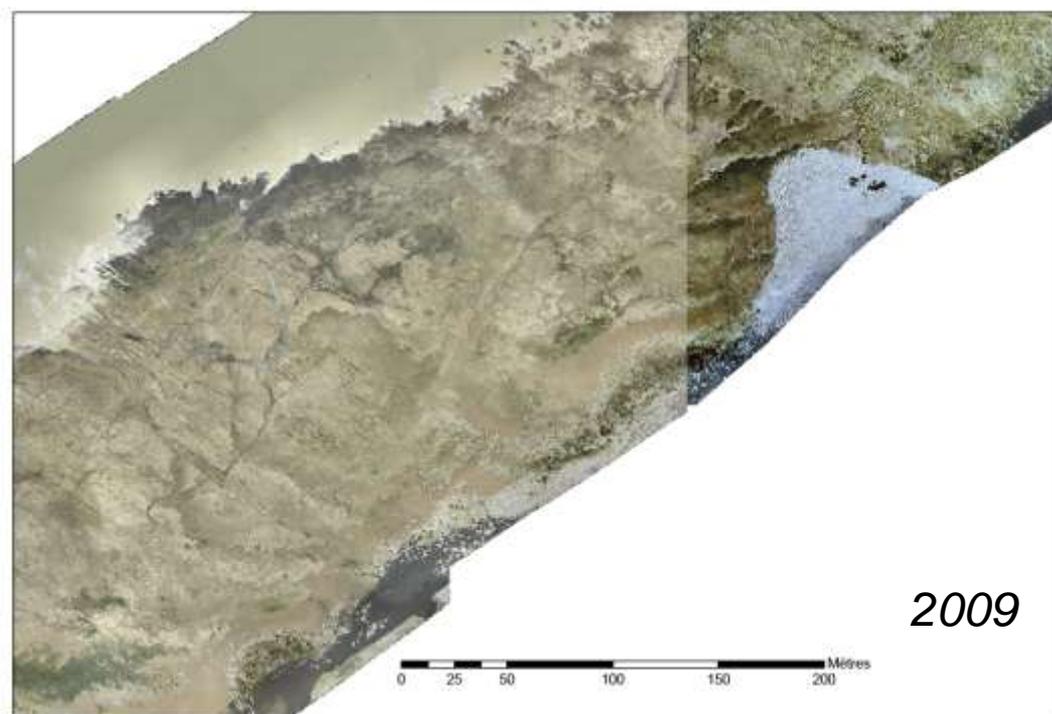
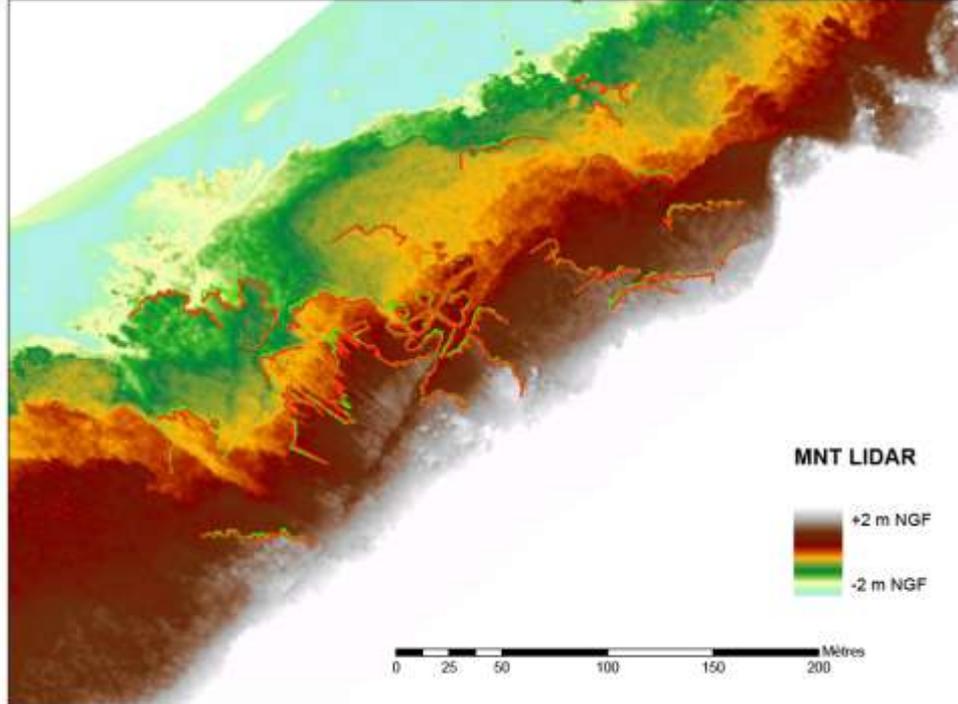
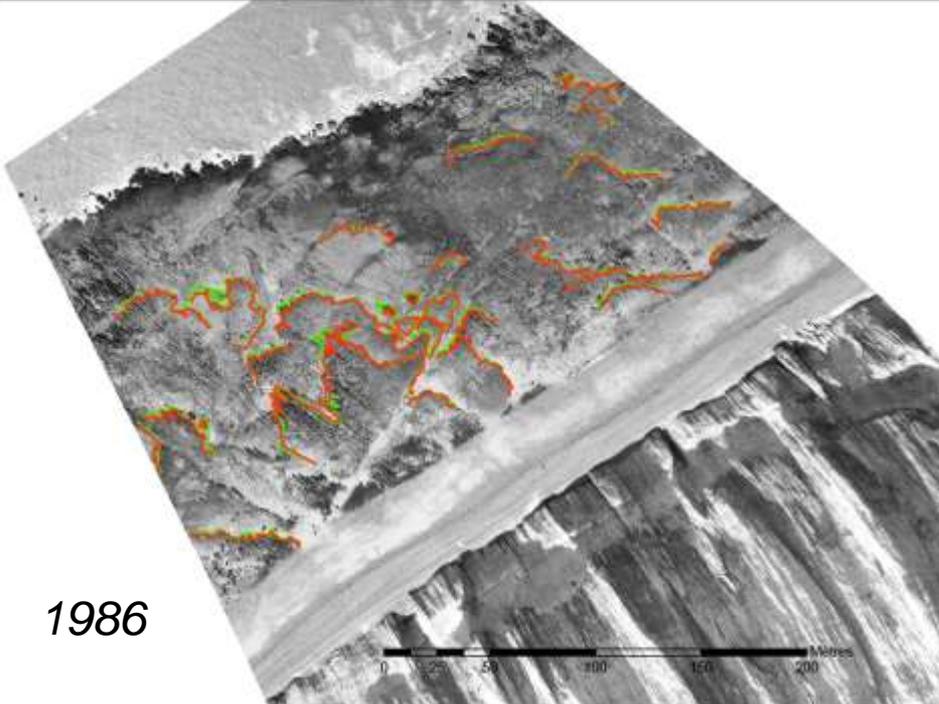
L'érosion de la plateforme se fait par :

5) le délogement de blocs



2009

0 25 50 100 150 200 Mètres



Recul moyen : 1,9 cm/an
 Erosion verticale équivalente :
 0,18 0,05 mm/an

L'érosion de la plateforme

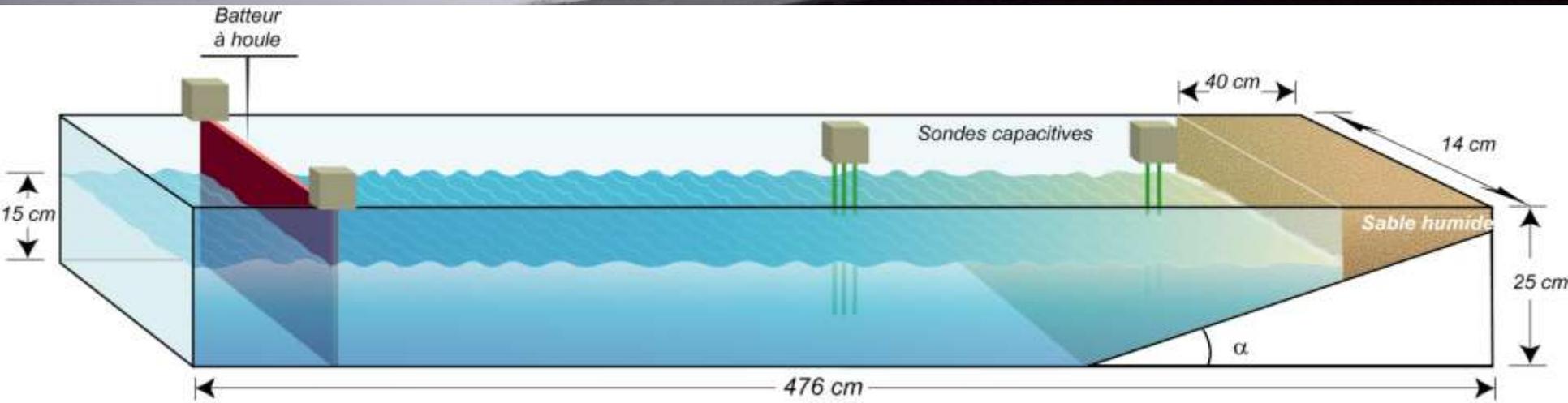
Finalement, ma contribution s'axe autour :

- de **mesures ponctuelles** pour mieux comprendre les phénomènes (cryoclastie, délogement de blocs);
- de **mesures plus globales** pour **intégrer** les différents phénomènes (comparaison d'images et de MNTs).

Le tout afin de servir de données d'entrée pour les **modèles** (analogiques ou numériques)

Modélisation : le canal à houle

Thèse Bastien Caplain (IMFT/LMTG)



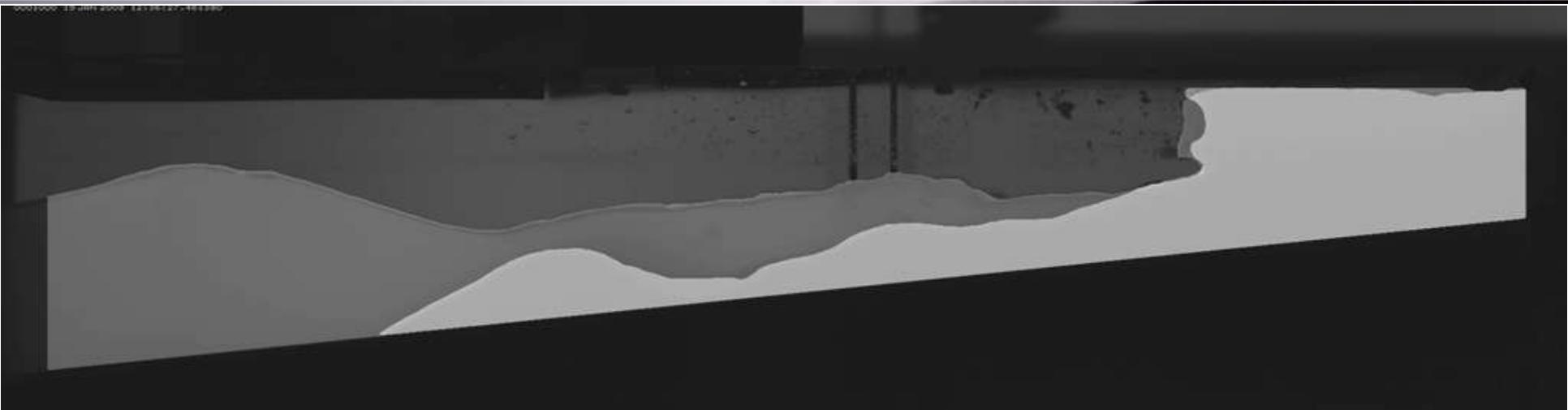
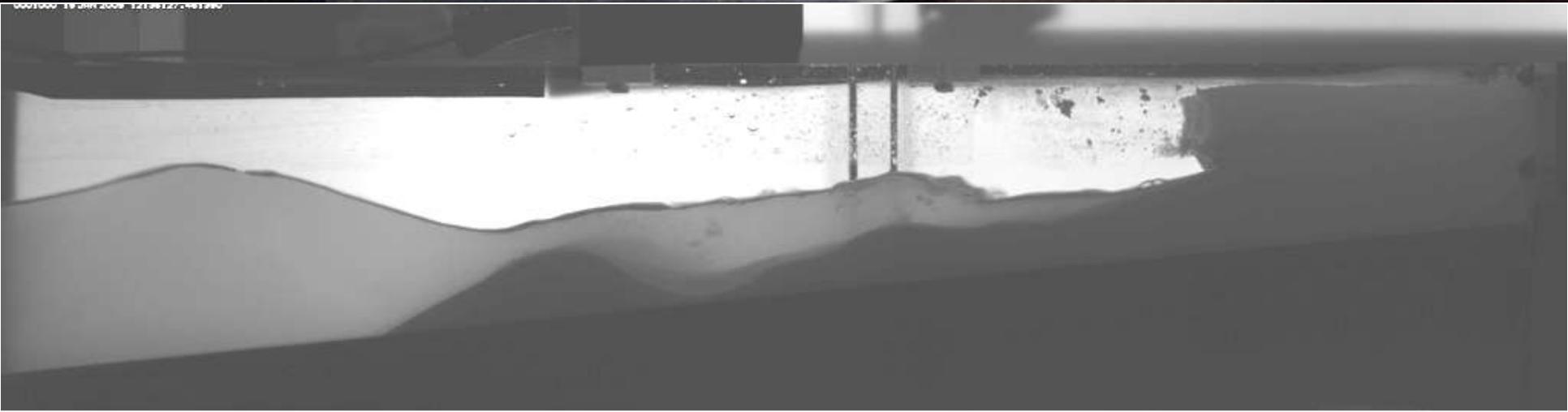
Modélisation : le canal à houle

- Matériaux utilisés : sable $400 \mu\text{m}$.
- Dimensionnement fait d'après *Damgaard & Dong, 2004*
 - Energie d'affouillement (dépend sans doute du déferlement, nombre de surf ξ)
 - Instabilité gravitaire
 - Transport perpendiculaire au rivage
- Paramètres de houle (longueur d'onde et période) ; on les caractérise par:
 - Le flux d'énergie F
 - Le nombre de similitude de surf ξ (appelé parfois nombre d'Iribarren)

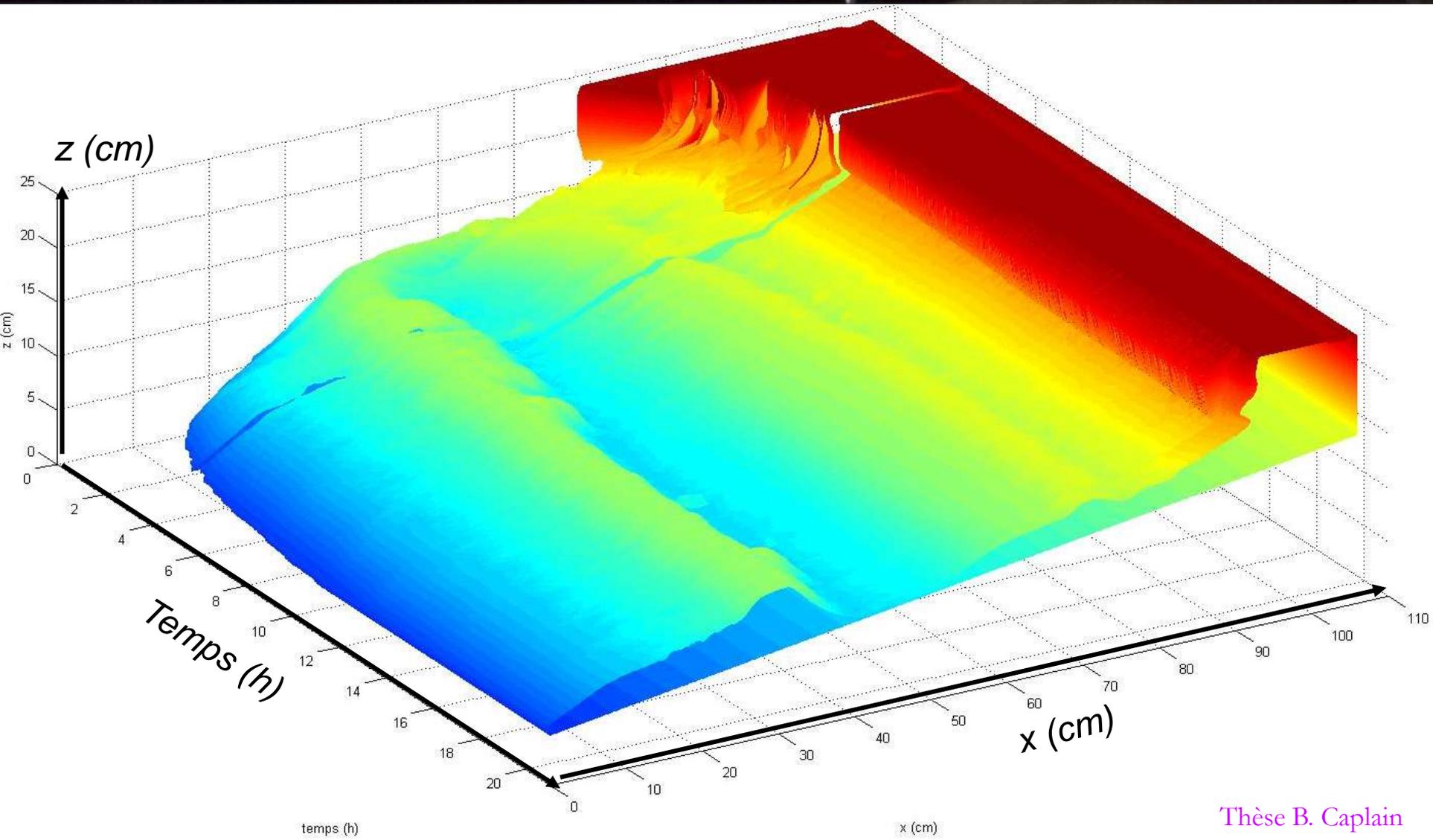
Film (vue latérale)



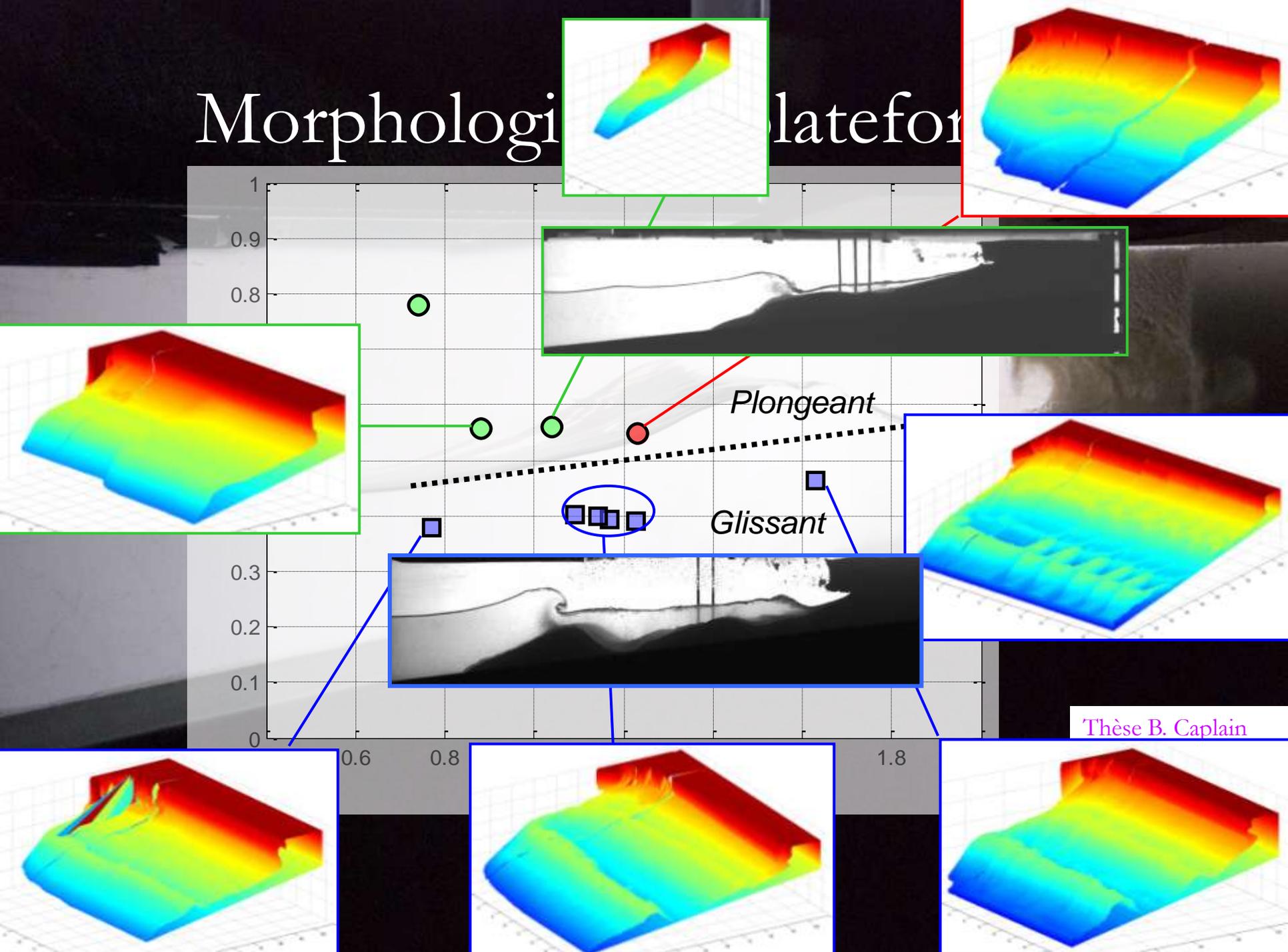
Traitement d'images



Morphologie – manip de référence



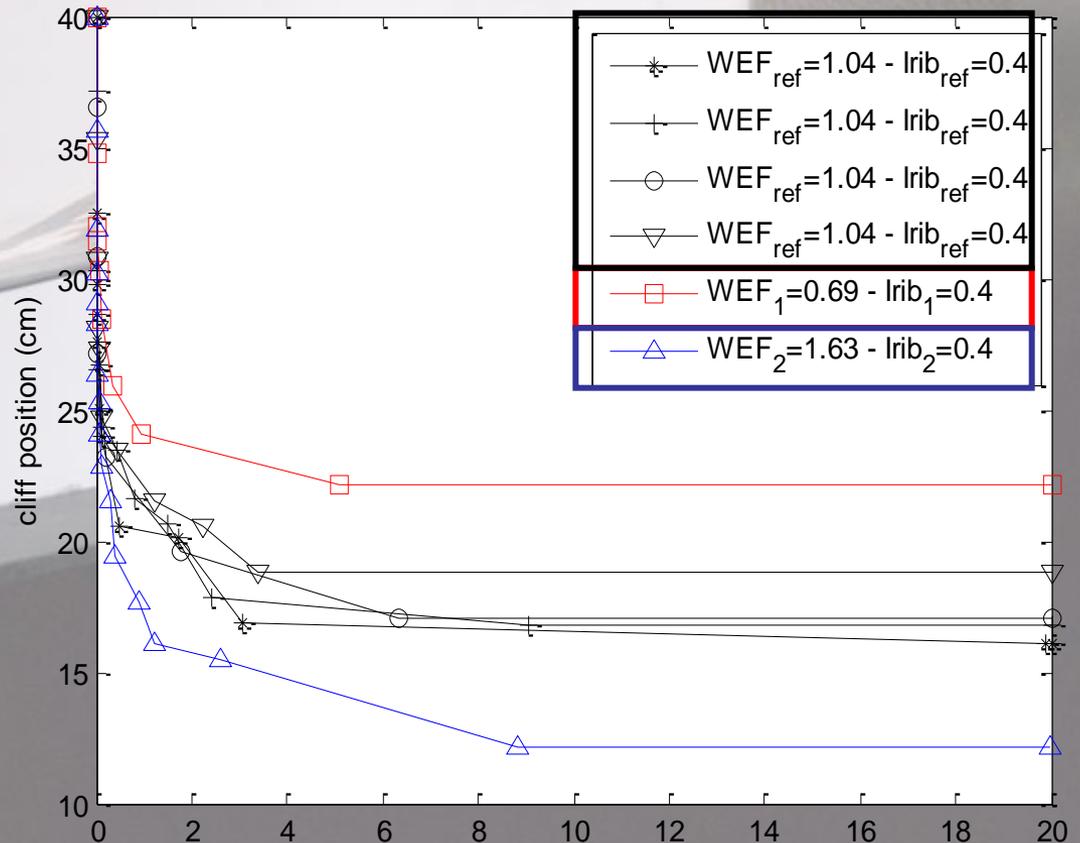
Morphologie plateform



Vitesses de recul

$$X(t) = k1 * \exp(-t/\tau) + k2$$

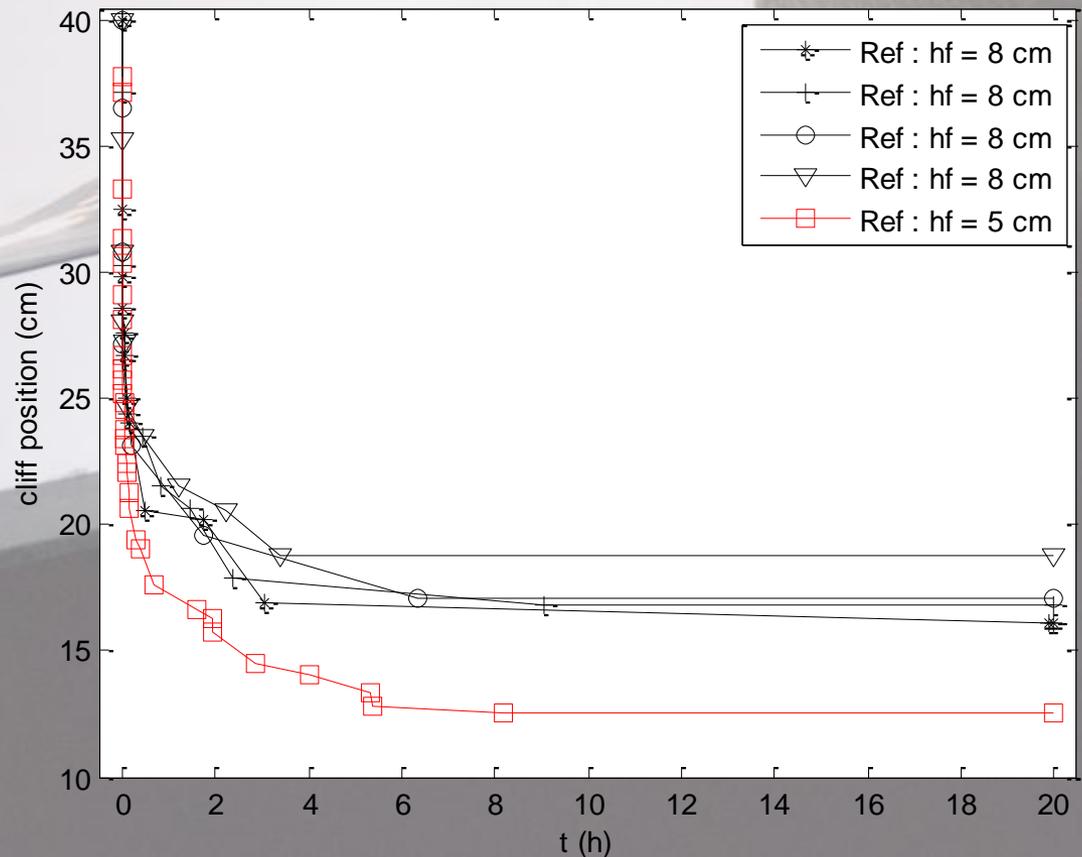
- Répétibilité de l'exp. de référence
- Vitesse de recul augmente avec le flux d'énergie



Vitesses de recul

$$X(t) = k1 * \exp(-t/\tau) + k2$$

- Répétibilité de l'exp. de référence
- Vitesse de recul augmente avec le flux d'énergie
- Elle diminue avec le volume des matériaux à évacuer



Prospectives

- Compilation de données de différentes plateformes
- Marée dans le canal à houle
- Modélisation numérique
- Effet bouclier des blocs en pied de falaise

PLAN

1- Mouvements verticaux de la subduction : terrasses et rasas

1a terrasses/rasas

* prérequis : niveau de la mer

1b autres significations des terrasses ?

2- Mise en place actuelle des terrasses marines

2a observations

2b modélisation

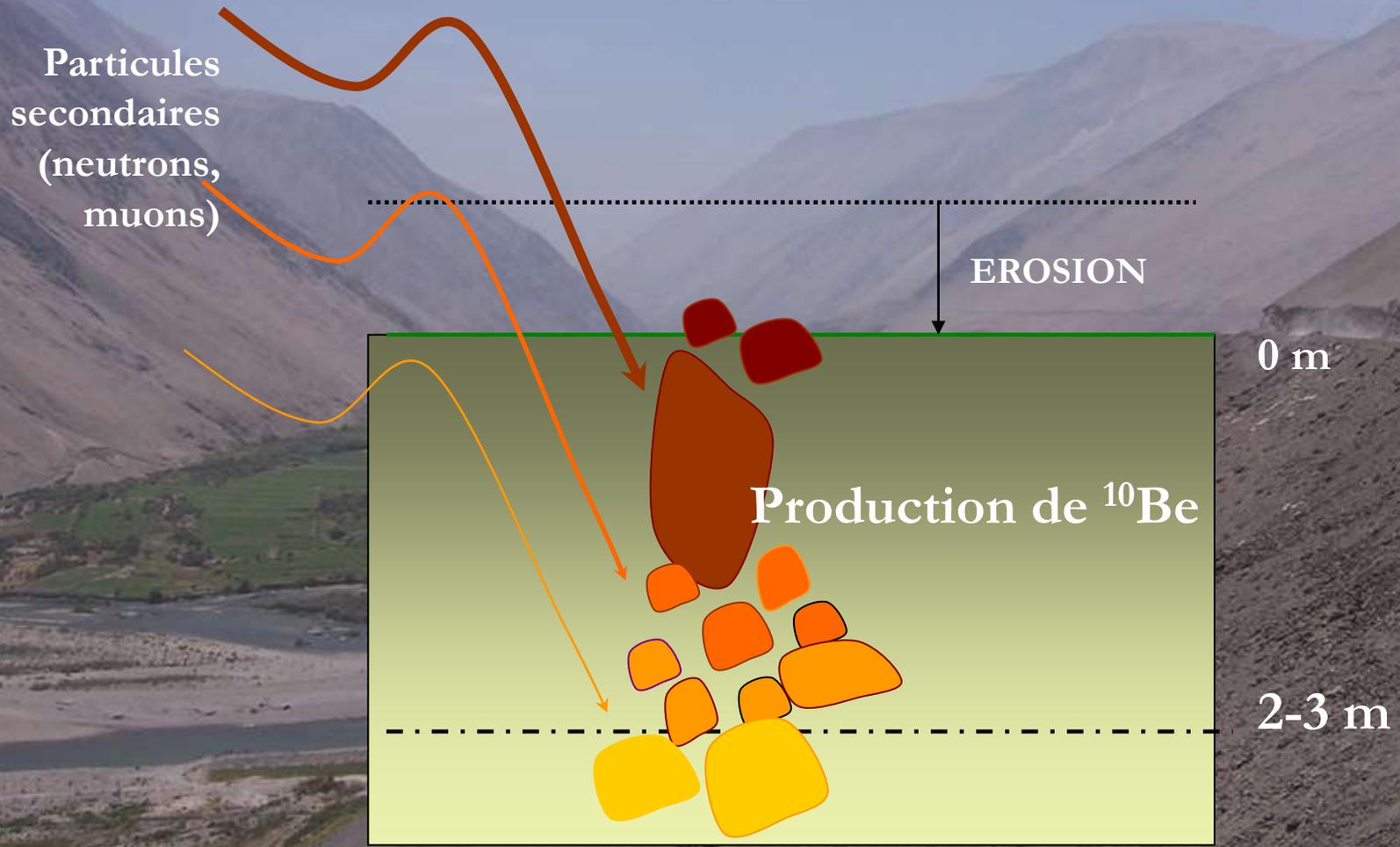
3- Utilisation du ^{10}Be

* Introduction sur le ^{10}Be

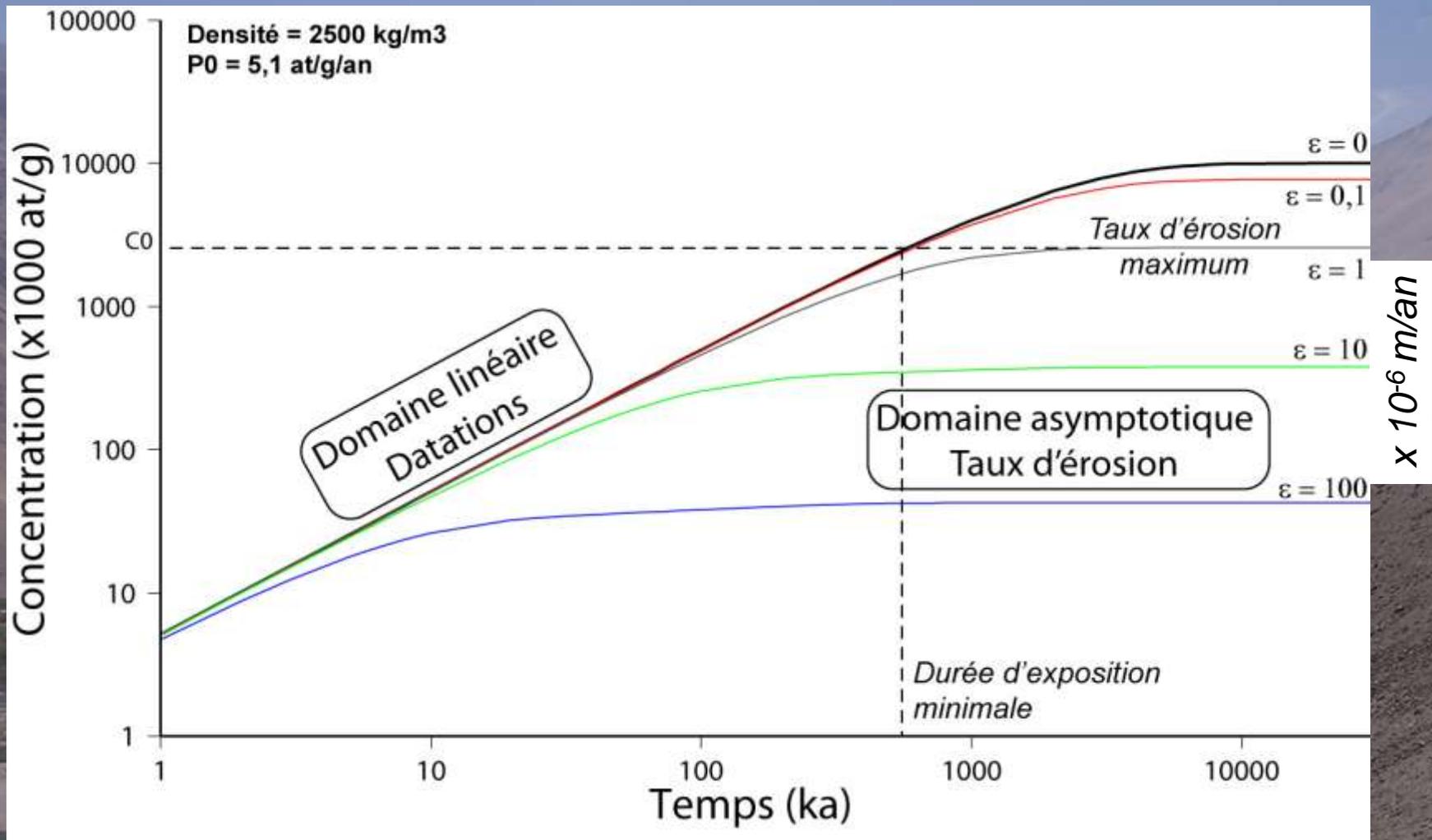
3a érosion Andes

3b en Normandie

Le ^{10}Be cosmogénique produit *in-situ*

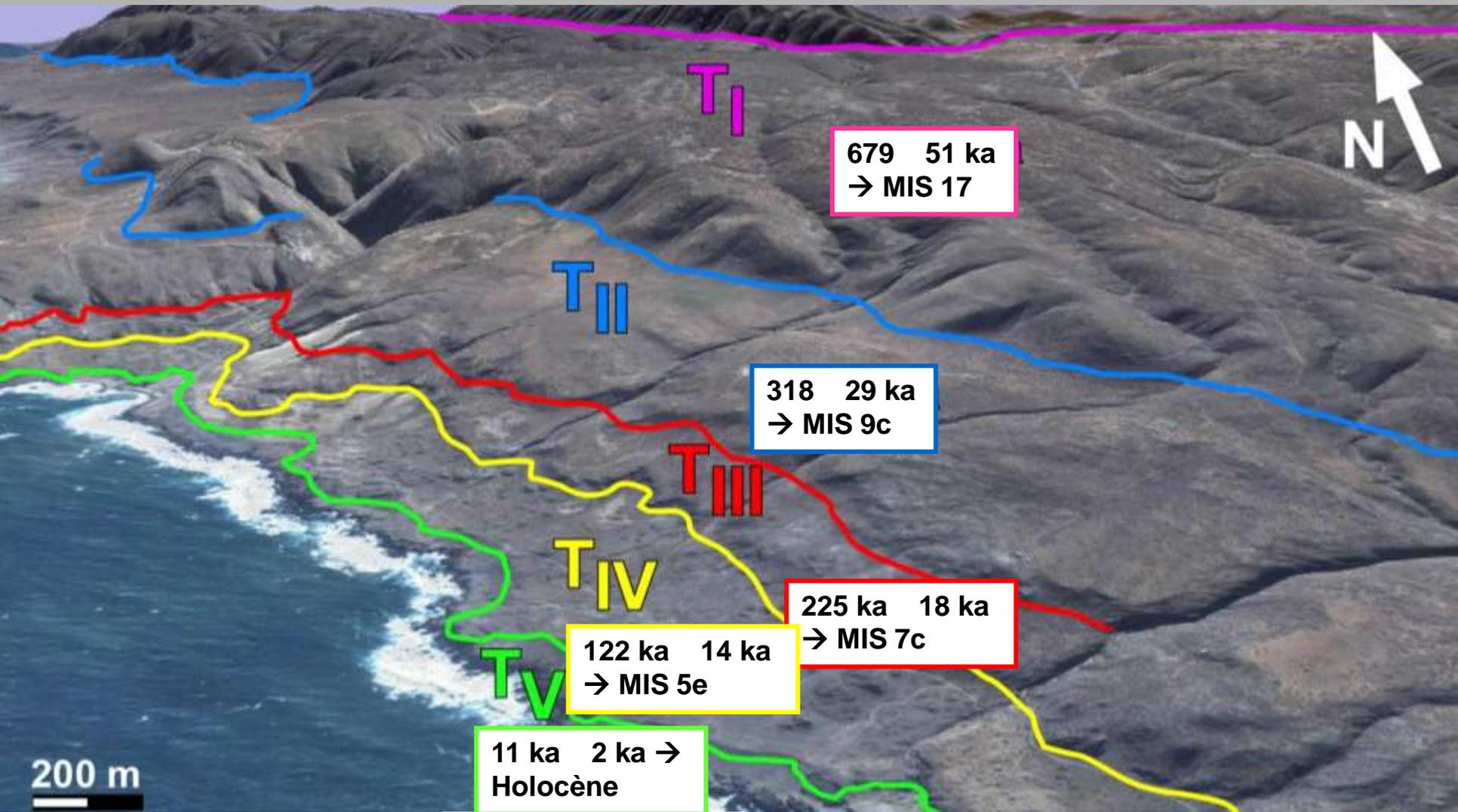


$$[^{10}\text{Be}] = f(\underline{C_0}, \text{taux production}, \underline{\text{taux d'érosion}}, \underline{\text{profondeur}}, \underline{\text{temps}})$$



$$[^{10}\text{Be}] = f(\underline{C_0}, \text{taux production}, \underline{\text{taux d'érosion}}, \underline{\text{temps}})$$

Utilisation-1 datation



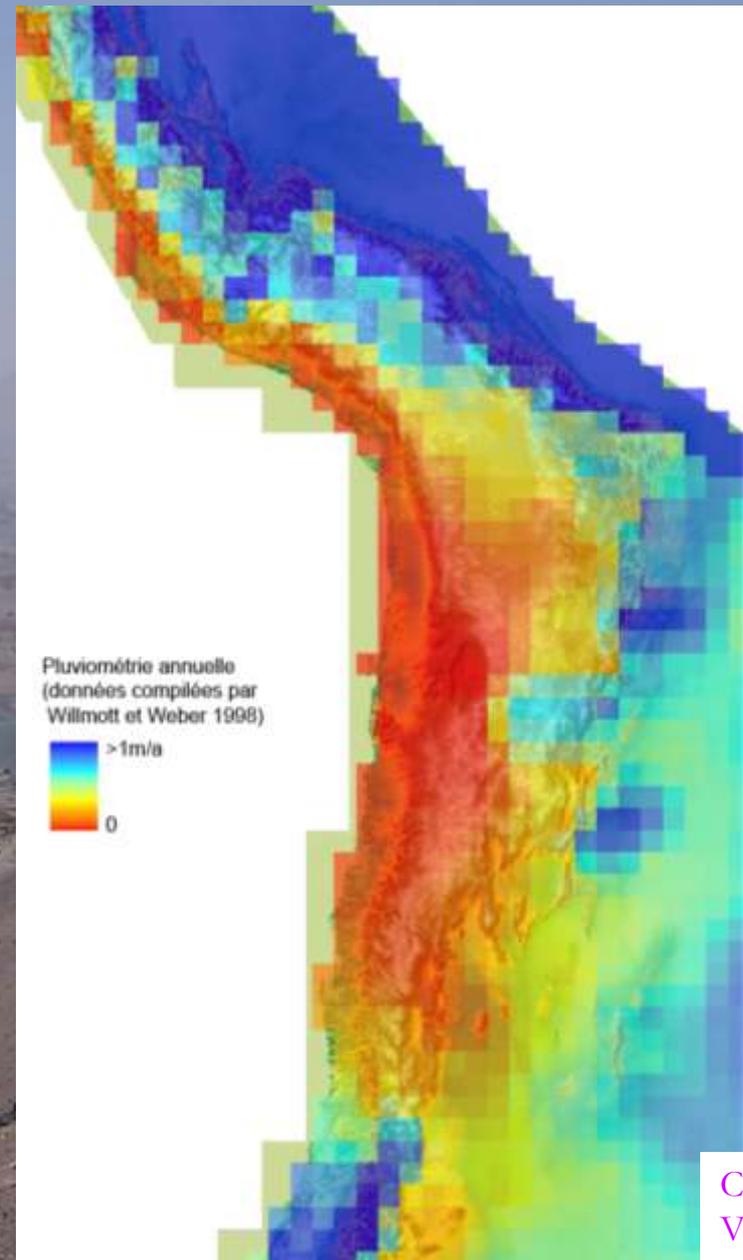
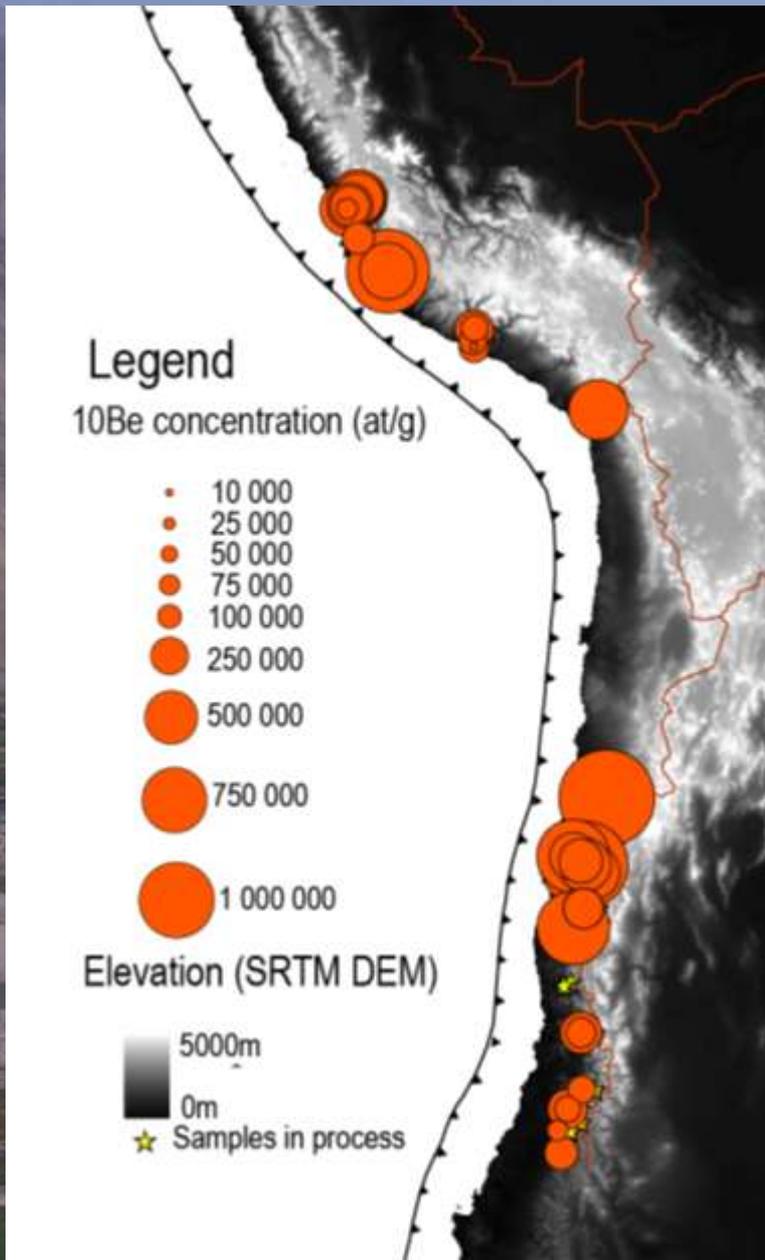
Utilisation-2 érosion des bassins versants

Le taux d'érosion peut être extrapolé à l'échelle du bassin versant par la formule

$$\frac{-}{\varepsilon} = \frac{P_0 \Lambda}{\rho C}$$

C'est-à-dire : les rivières intègrent le signal.

Utilisation-2 érosion des bassins versants



Nouvelle utilisation : mesure des vitesses de recul des falaises



Back to basics : remontée du niveau de la mer à l'Holocène

S.A. Woodroffe, B.P. Horton / *Journal of Asian Earth Sciences* 25 (2005) 29–43

31

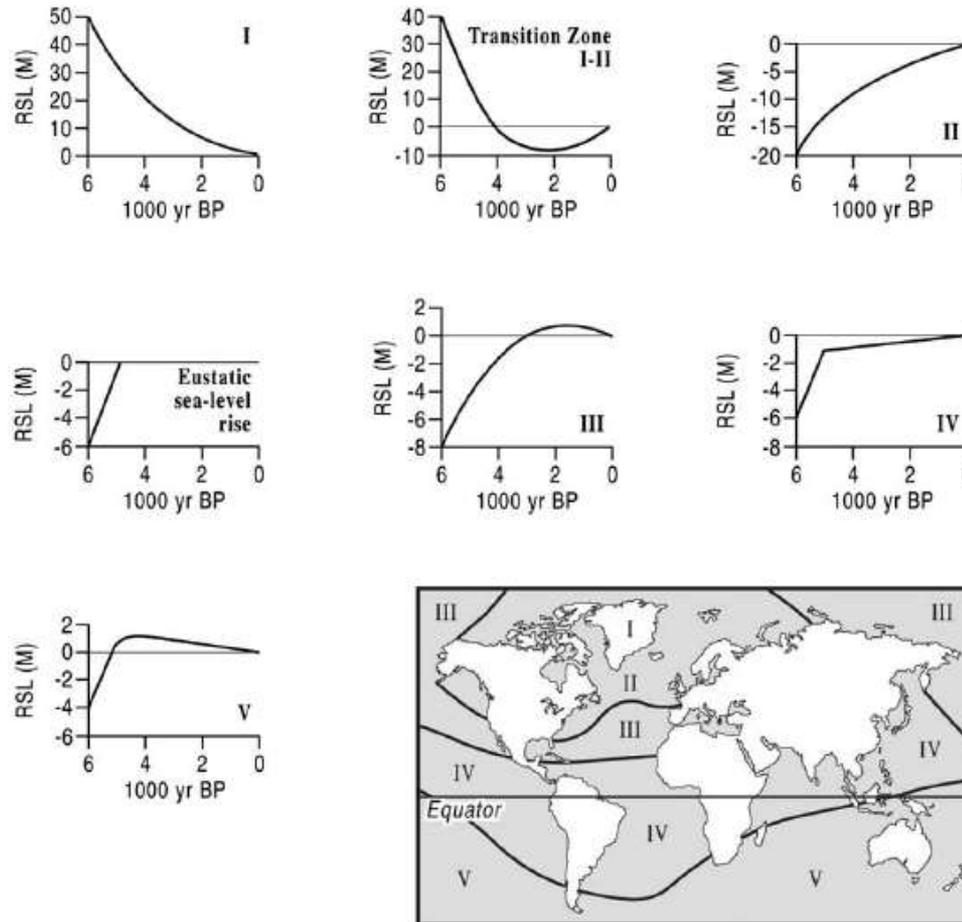


Fig. 2. Sea-level zones and typical relative sea-level curves deduced for each zone by Clark et al. (1978) under the assumption that no eustatic change has occurred since 5 ka BP.

Pour la France

14

K. Lambeck / Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 129 (1997) 1–22

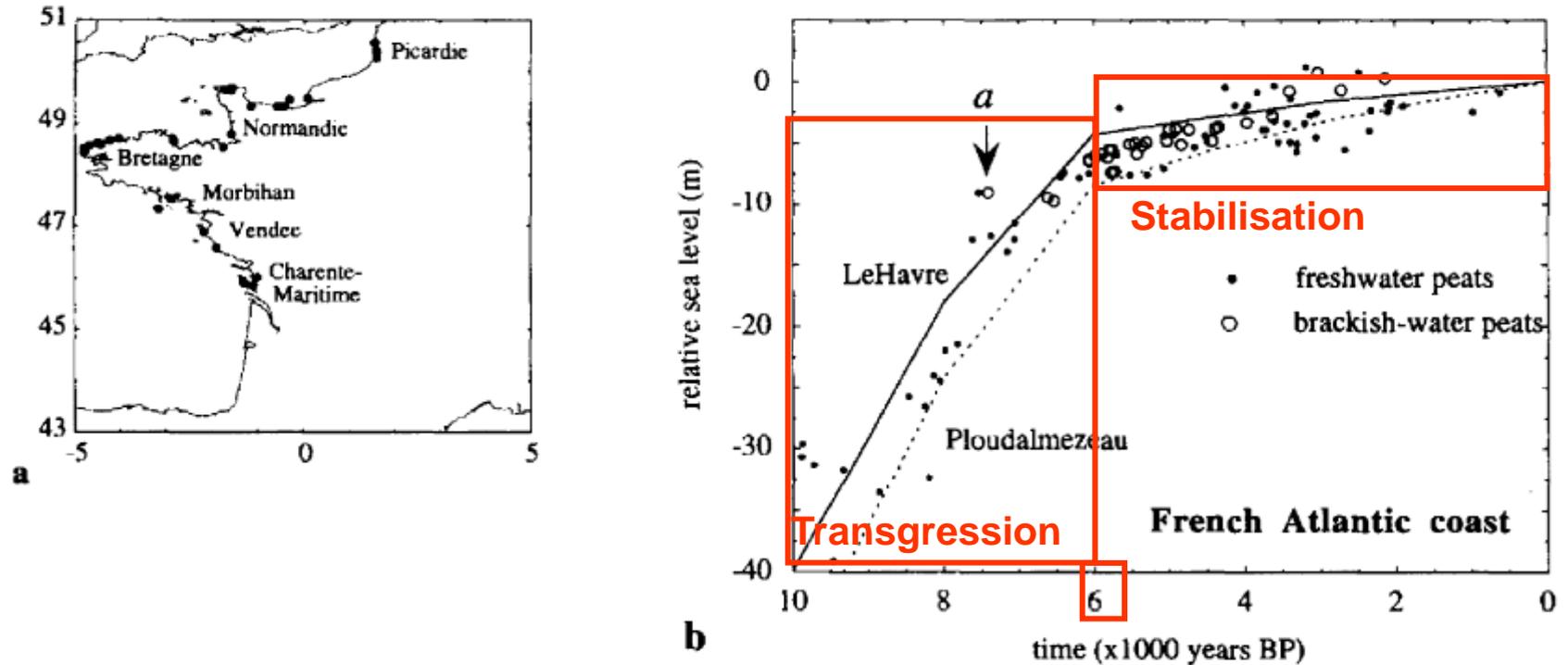
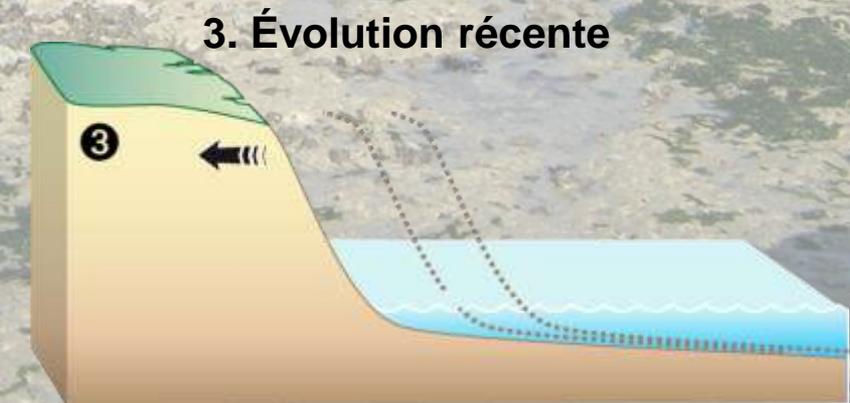
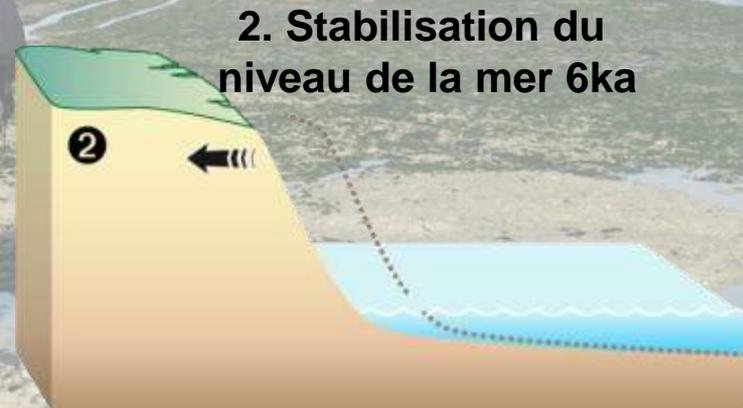
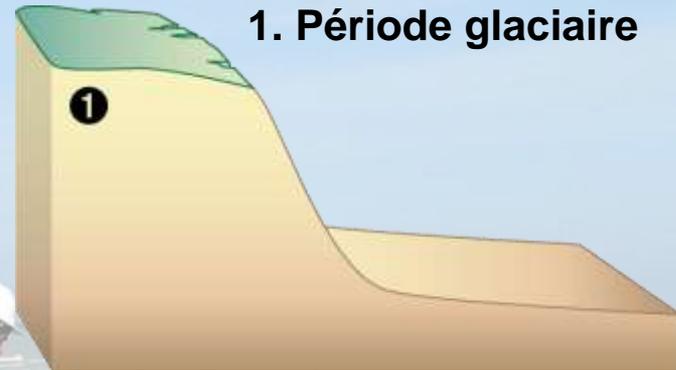
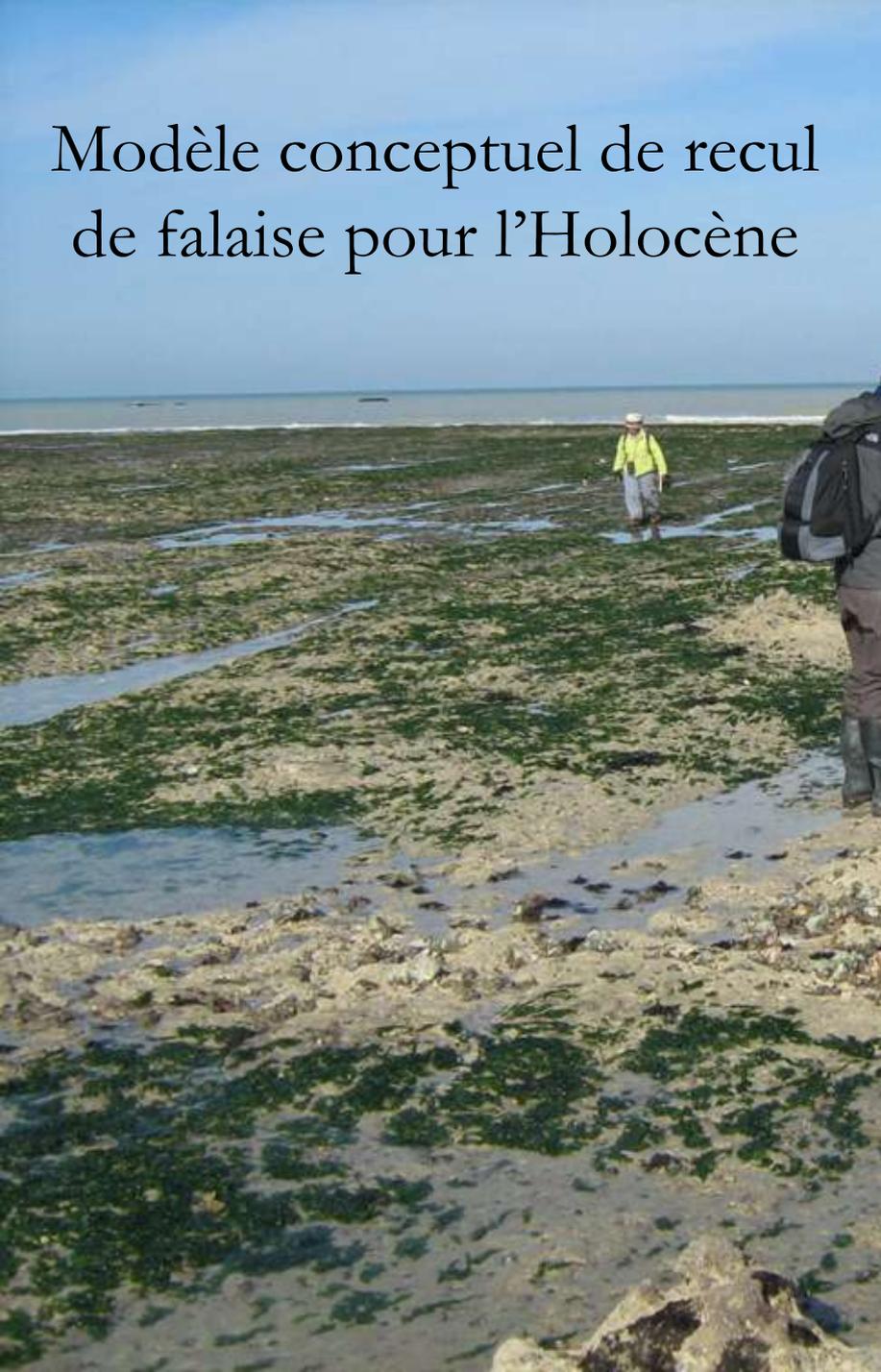


Fig. 8. (a) Location of sites where sea level has been inferred from the positions and ages of peats. (b) age–height relation of freshwater peats (dots) and brackish-water peats (open circles) (Table 2). Typical error bars for the latter range from 1.5 m for the younger peats to about 2.5 m for the peats near 6000 yr B.P. The freshwater peats, in the absence of compaction, define the upper limit of sea level. The predicted sea levels for Le Havre and Ploudalmézeau are also illustrated. Point *a* refers to the data point from Fromentine discussed in the text.

Modèle conceptuel de recul de falaise pour l'Holocène



Modèle d'évolution des concentrations en isotopes cosmogéniques

Rayons cosmiques

surface

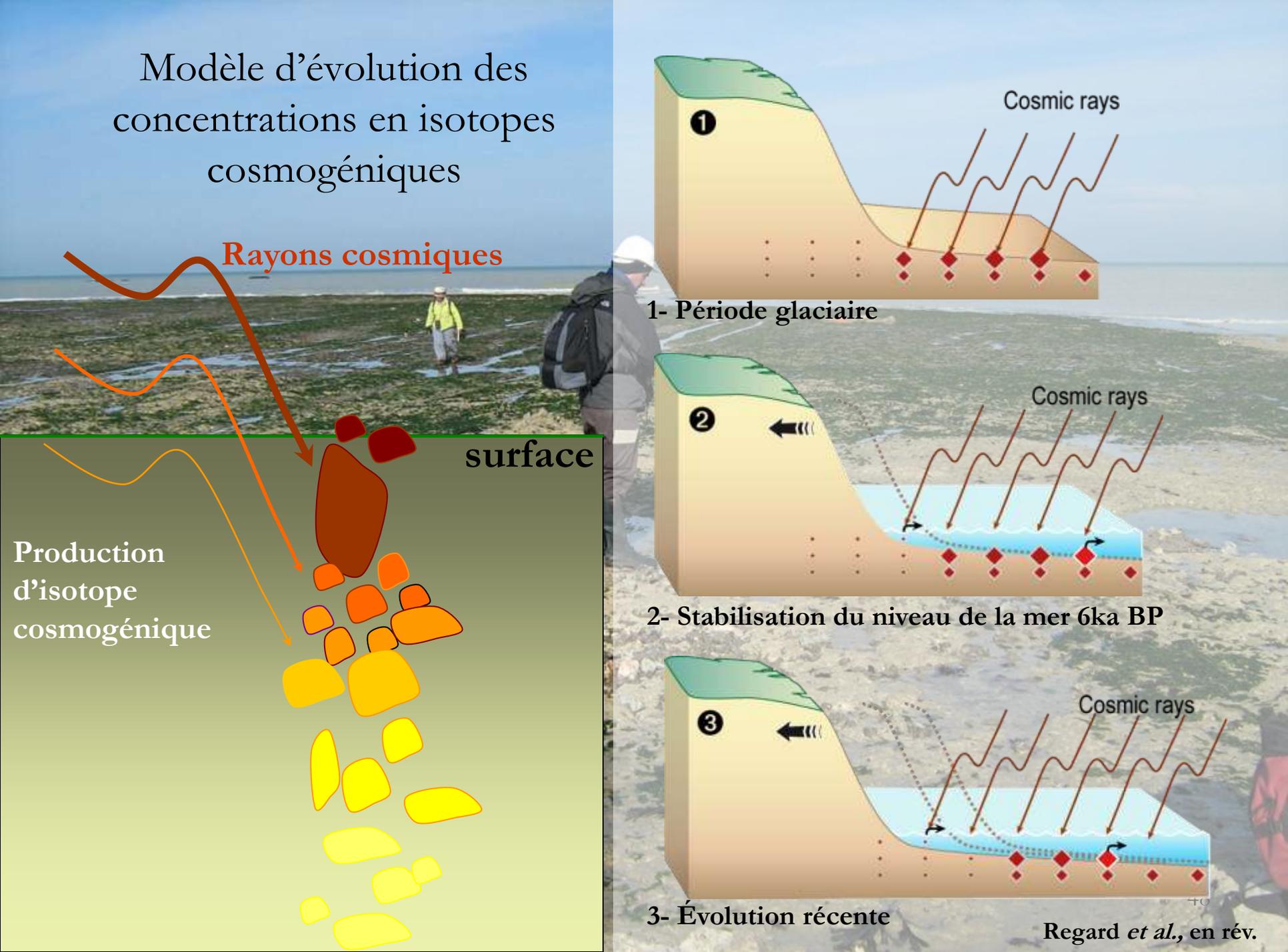
Production d'isotope cosmogénique

1- Période glaciaire

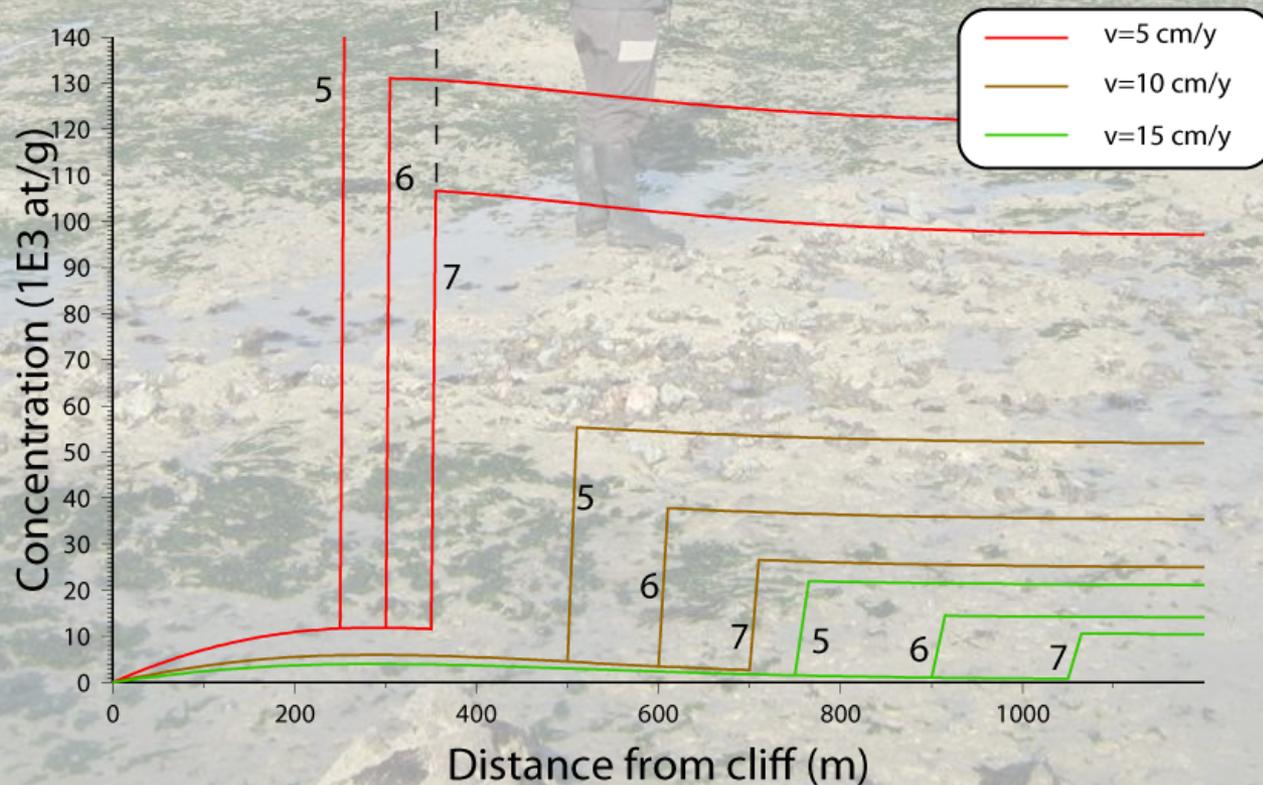
2- Stabilisation du niveau de la mer 6ka BP

3- Évolution récente

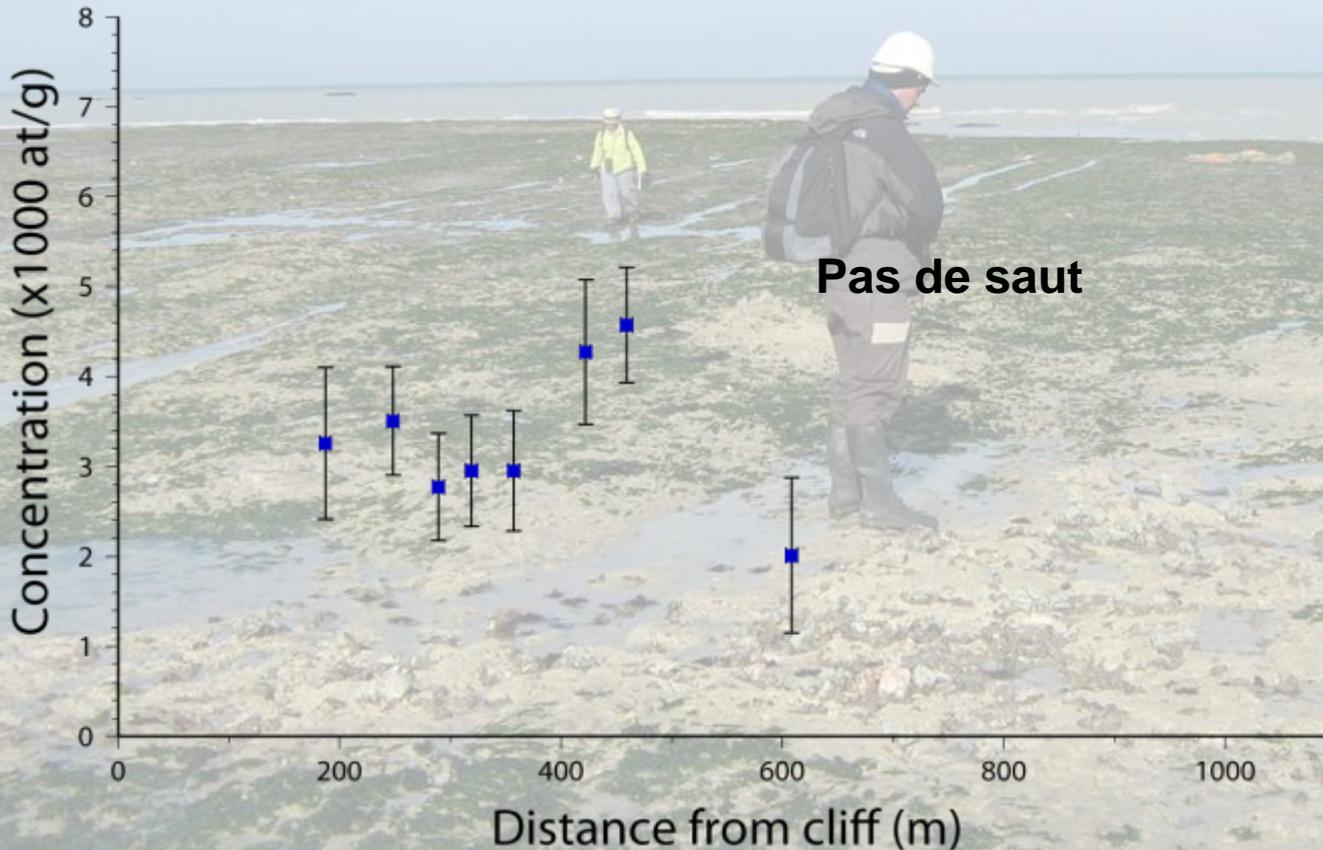
Regard *et al.*, en rév.



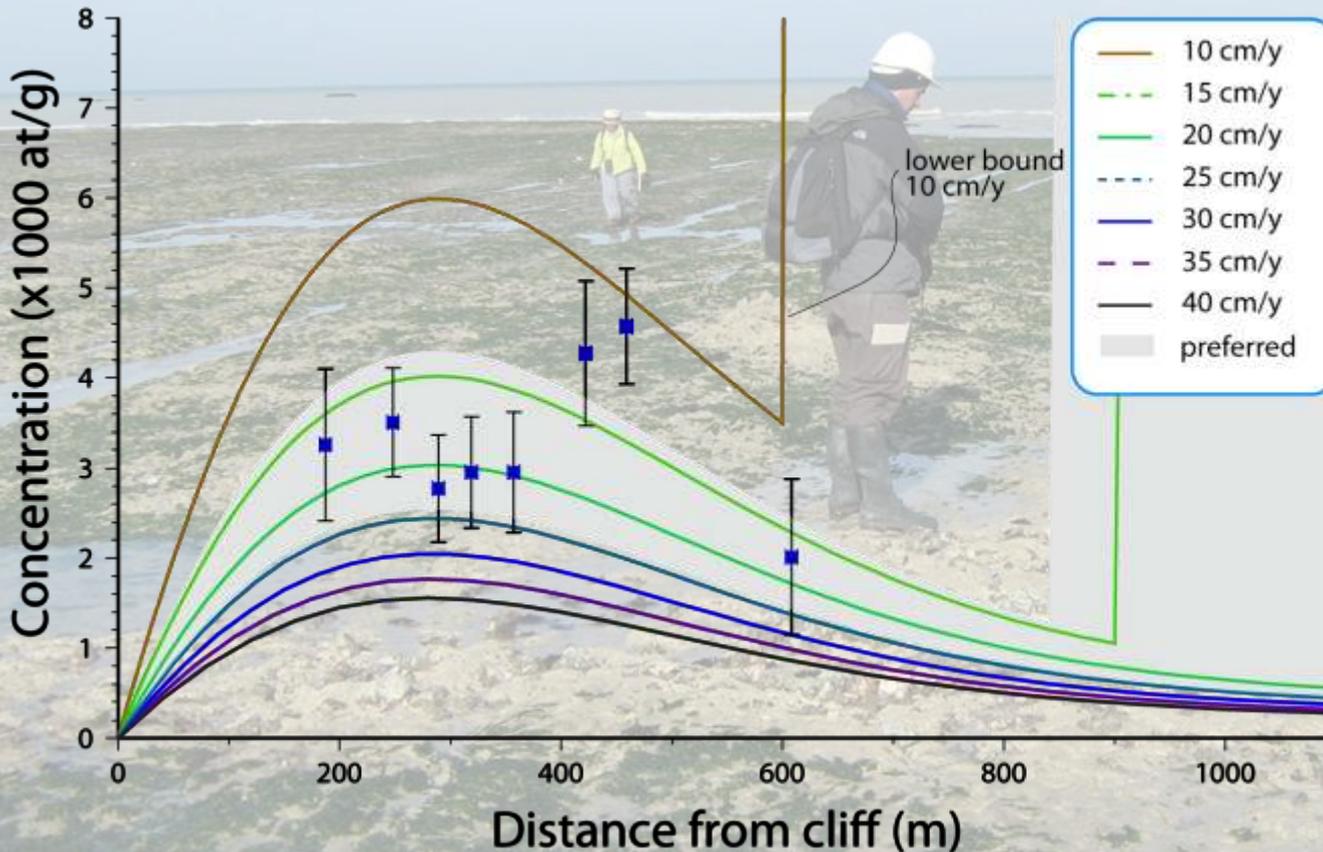
Courbes de concentration attendue en ^{10}Be cosmogénique



Mesures... Où est le saut ?



Mesures... vitesses de recul



Vitesse de recul long-terme (~ 3000 ans) : 19 – 5 cm/an

Cohérente avec la comparaison de photographies aériennes sur 30 ans (~ 17 cm/an) (Costa *et al.*, 2004)

Prospectives

- Evolution de la concentration [^{10}Be] dans les rivières
En particulier : différence de concentration entre sables et galets
- Valider le modèle de saut de concentration sur les plateformes

- Signification de l'héritage en ^{10}Be
- Développement de l'isotope cosmogénique ^{14}C produit *in-situ*

Merci

