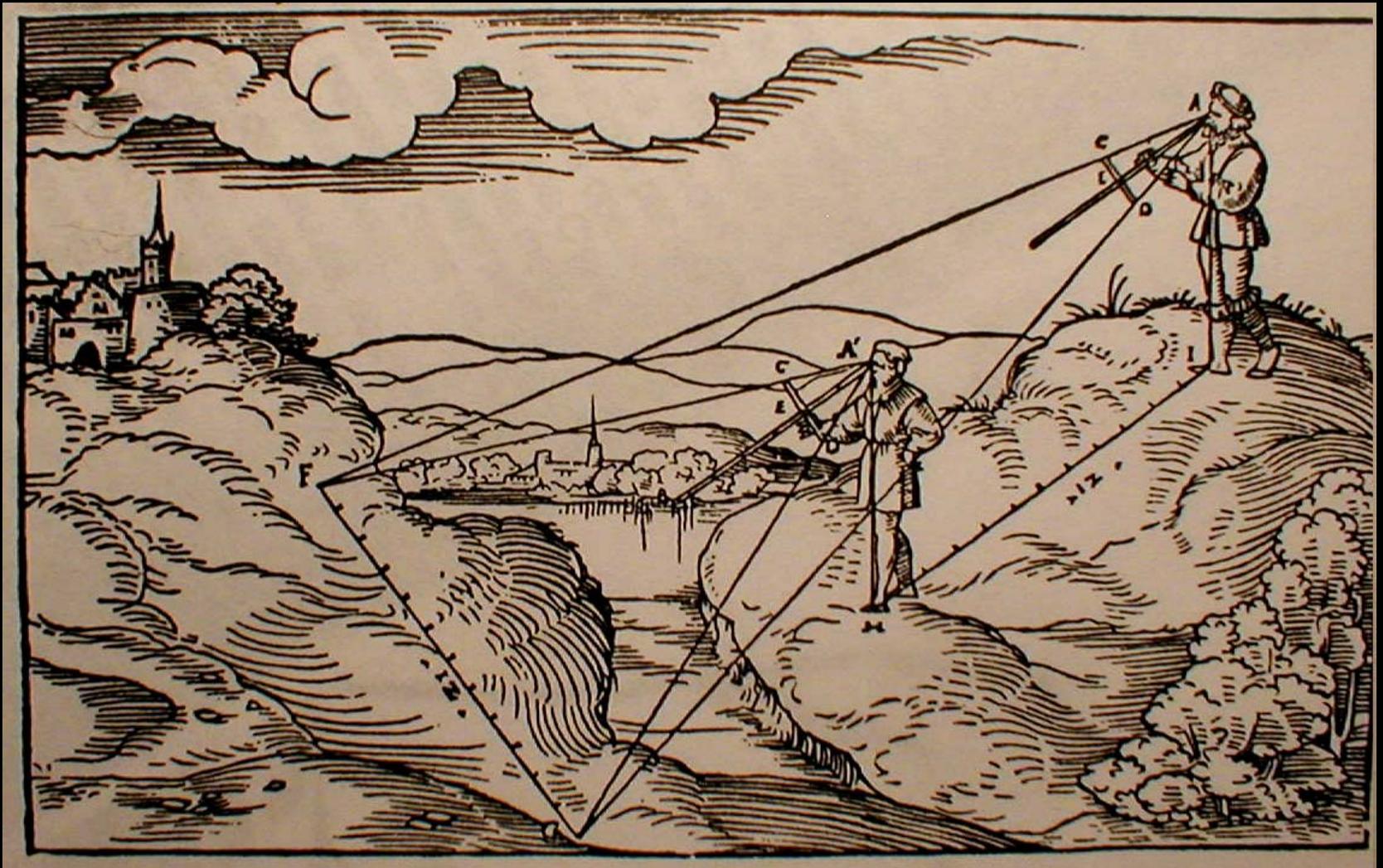
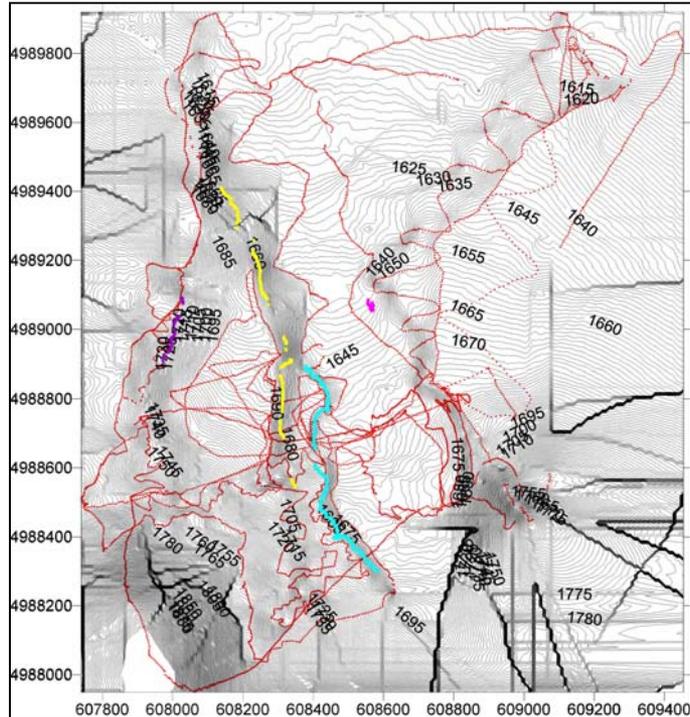


# COMMENT MESURER

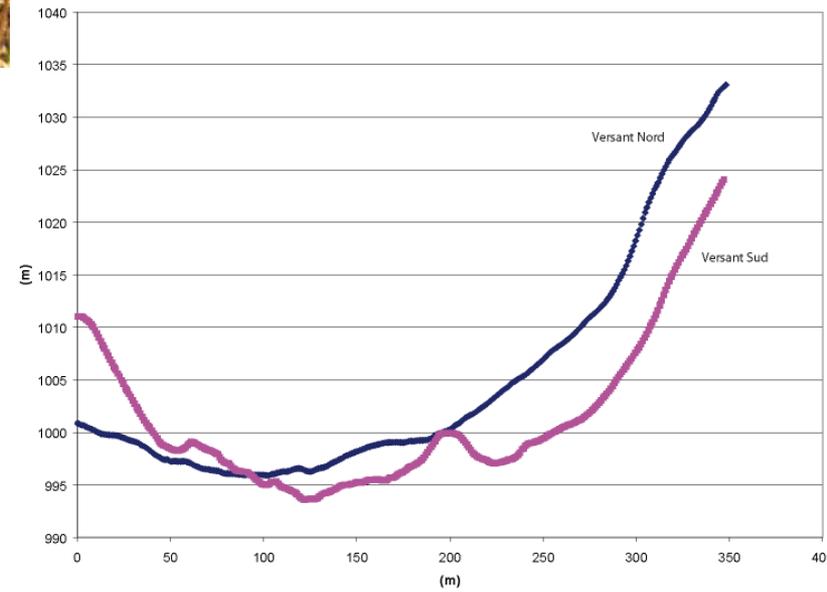
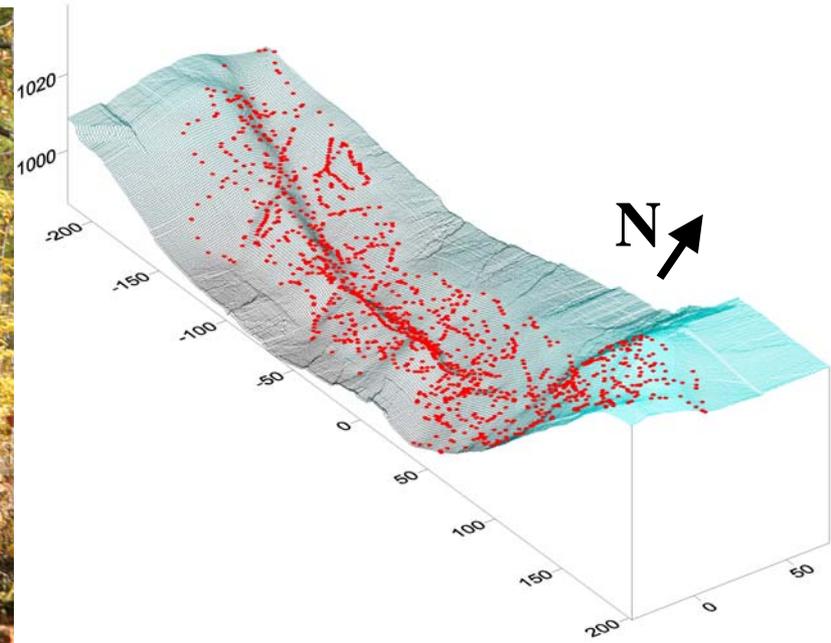
# LES MARQUEURS GEOMORPHOLOGIQUES



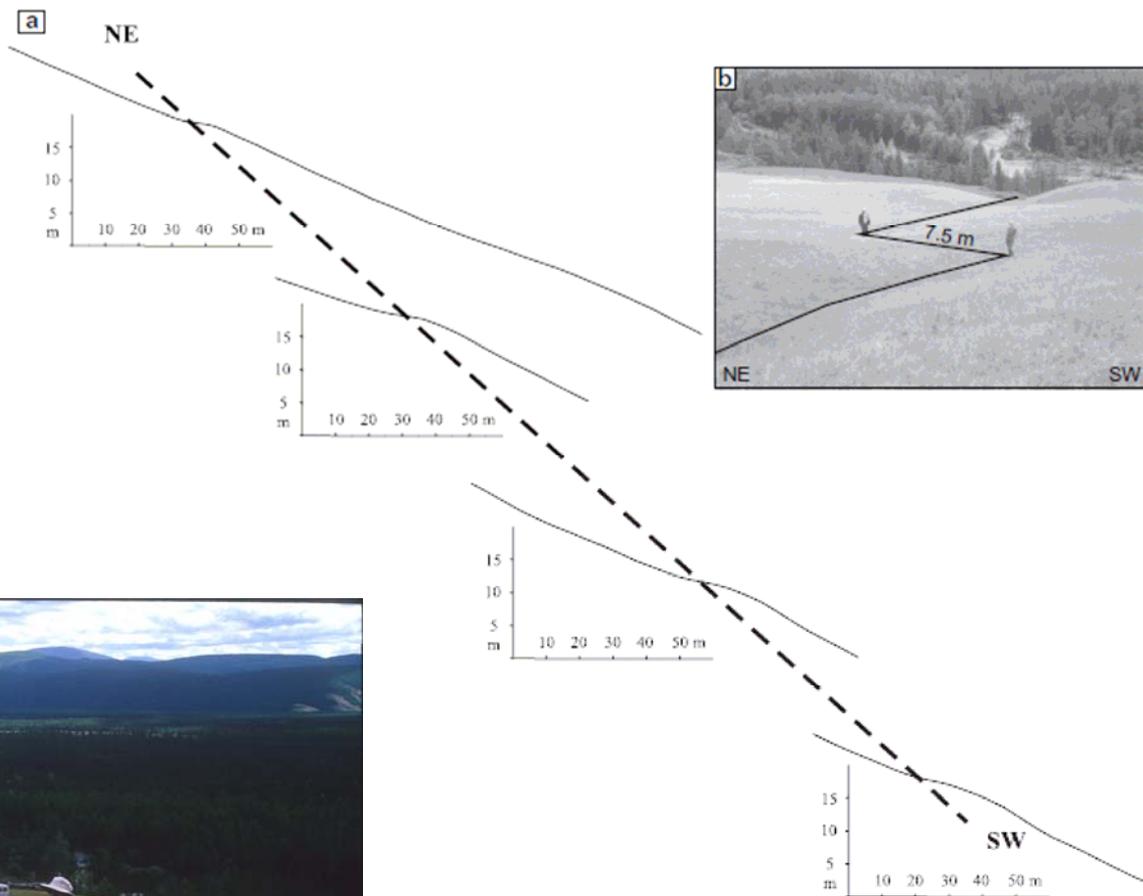
# GPS cinématique



# Théodolite

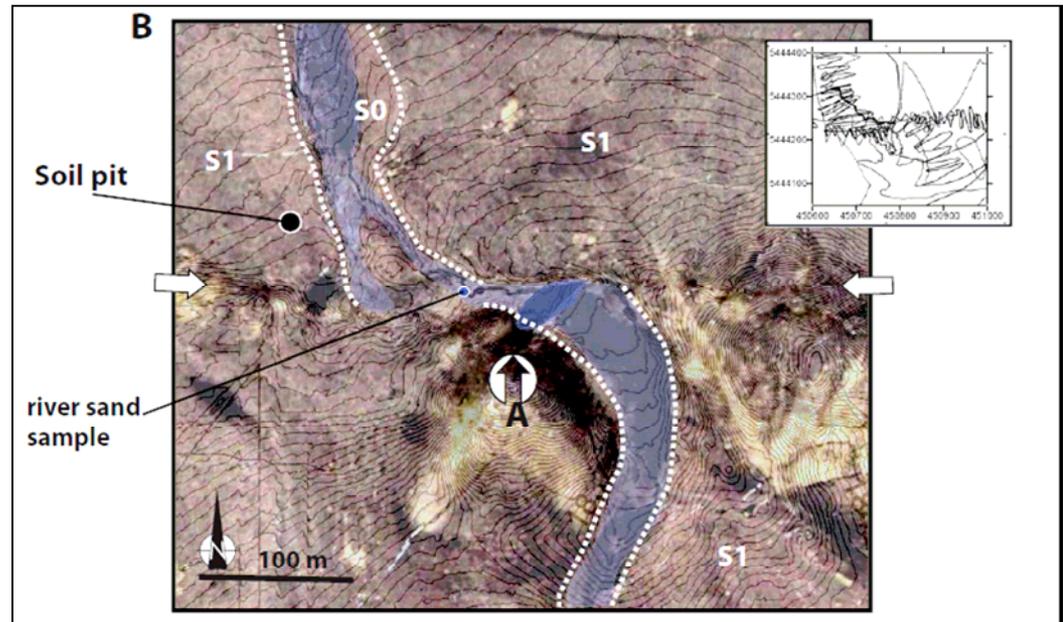
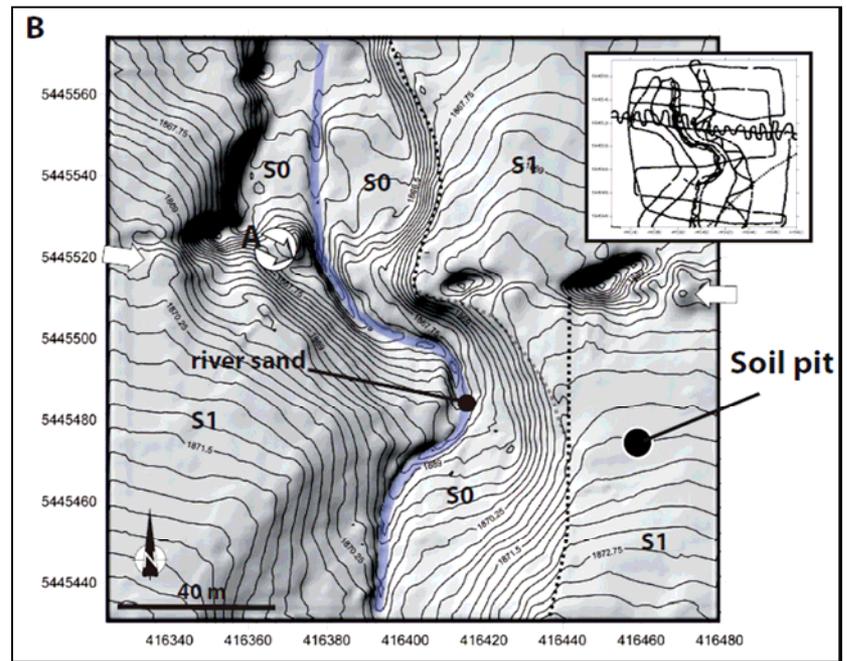


# Trigonométrie de base



Arzhannikova et al., 2010





Interpolation des points  
topographiques avec Surfer



**COMMENT DATER  
LES MARQUEURS GEOMORPHOLOGIQUES**

# METHODES DE DATATION POUR LE QUATERNAIRE

	Bois Plantes	Os	Dents Email	Coqui- lles	Coraux	Spéleo- thèmes	Sédi- ments	Surfa- ces	Verres	Mx vol- caniques	Poterie
Dendrochronologie	😊										
14C atm.	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊				😊
K-Ar; Ar-Ar										😊	
Série U		😊	😊	😞	😊	😊	😞			😊	
Traces de fission									😊	😊	
TL, OSL						😊	😊			😞	😊
ESR			😊	😊	😊	😊				😊	
Cosmogéniques							😊	😊			

😊 Matériaux bien adapté

😞 marche pas souvent

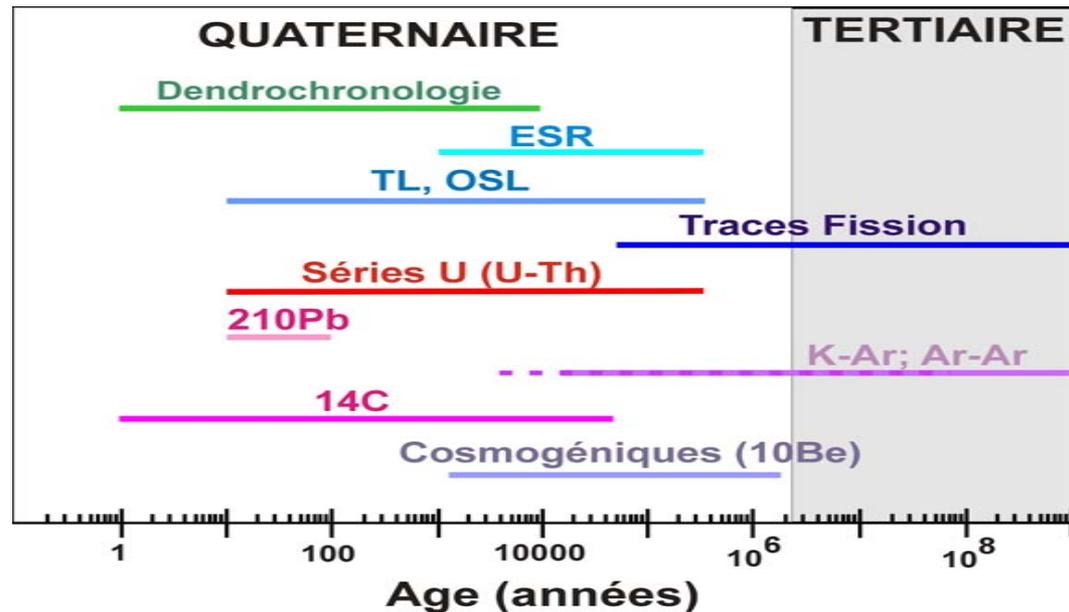
😊 Marche pas toujours

☐ pas possible

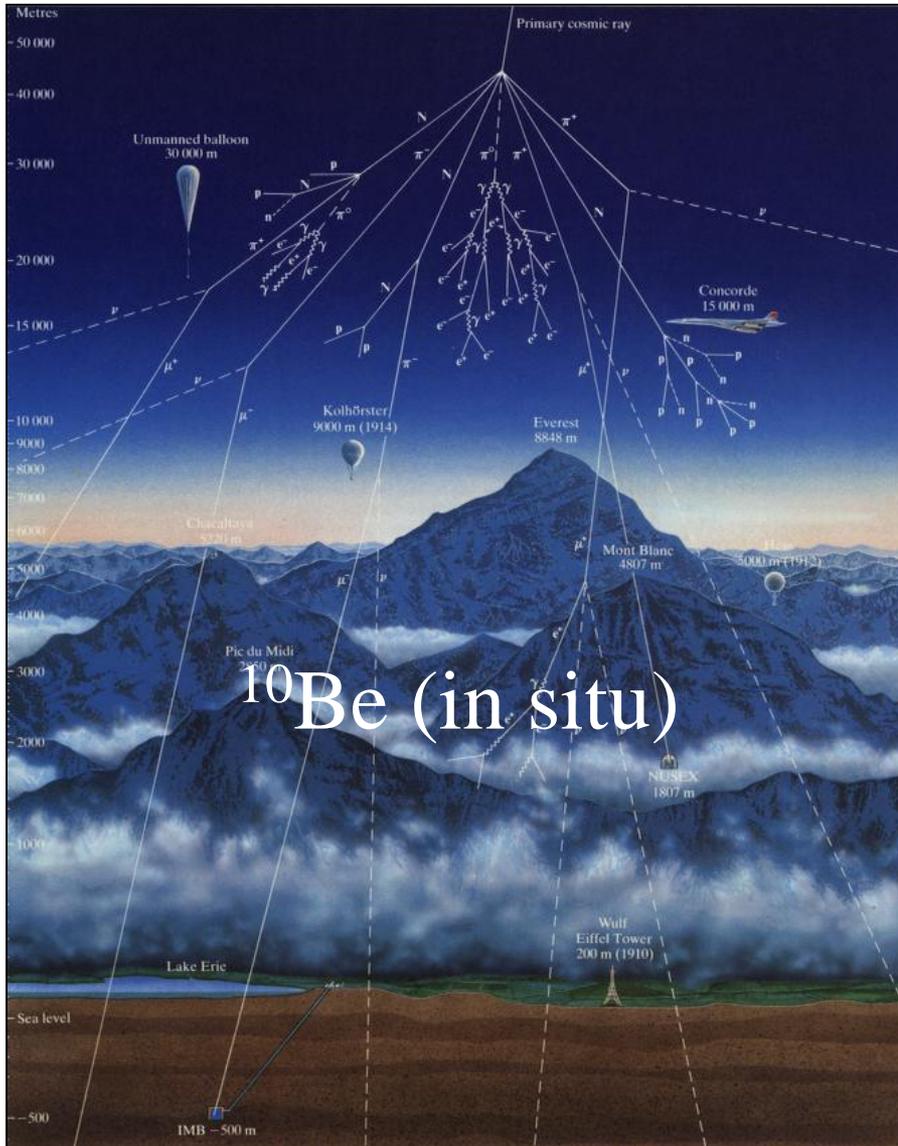
*C. Verati,  
Géosciences Azur*

**Mais il y a aussi :**

- Paléontologie
- Palynologie
- Varves
- Lychénométrie
- etc...



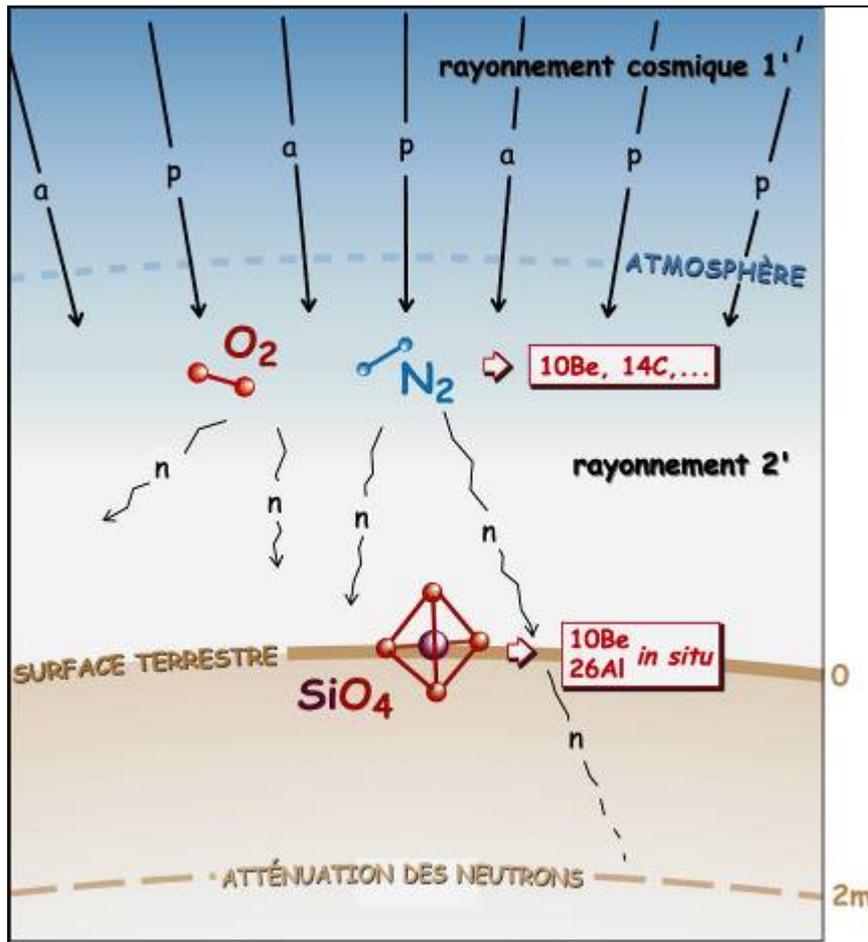
# ELEMENTS COSMOGENIQUES



# LUMINESCENCE OPTIQUEMENT STIMULEE



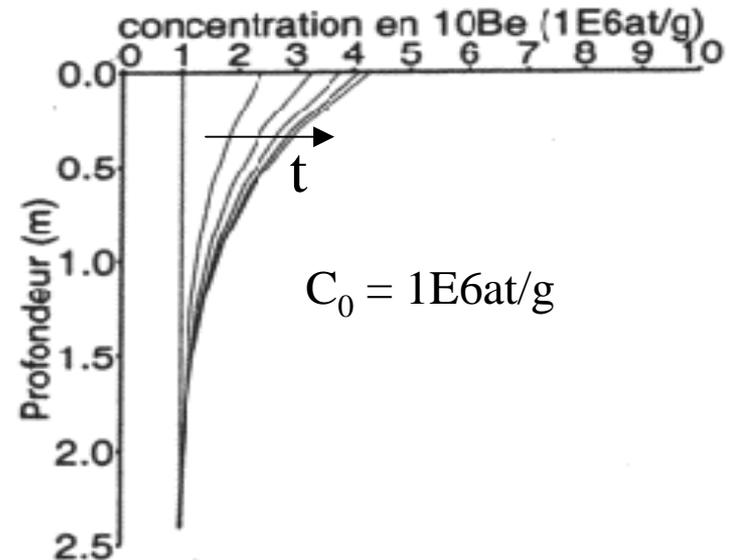
# DATATION DE MARQUEURS MORPHOLOGIQUES PAR LA METHODE $^{10}\text{Be}$ IN SITU



Production de  $^{10}\text{Be}$  cosmogénique in situ par double réaction de spallation : 1) atmosphère, 2) premiers mètres de la croûte

Taux de production annuel connu dans le quartz (qq atomes / grammes), varie en fonction de latitude (champ géomagnétique) et altitude (densité atmosphère)

Décroissance exponentielle de la production en profondeur (atténuation de la pénétration des particules secondaires (neutrons + muons) à travers de la matière)



Perte de  $^{10}\text{Be}$  par désintégration radioactive (période de  $\frac{1}{2}$  vie = 1,36 Ma)

Perte de  $^{10}\text{Be}$  par dénudation de la surface terrestre

$$C(x,t) = C(x,0) \times e^{-\lambda t} + \frac{P_0}{\frac{\varepsilon \rho}{\Lambda} + \lambda} \times e^{-\frac{\rho x}{\Lambda}} \times (1 - e^{-(\lambda + \frac{\varepsilon \rho}{\Lambda})t})$$

$\varepsilon$  : taux de dénudation

$C(x,0)$  :  $^{10}\text{Be}$  hérité



Inconnues difficiles à déterminer

$C$  = concentration (at/g)

$P_0$  = production en surface (at/g/an)

$x$  = profondeur (g.cm<sup>-2</sup>)

$\lambda$  = constante de désintégration (5,1.10<sup>-7</sup>an<sup>-1</sup>, Nishiizumi et al., 2007)

$t$  = temps = durée d'exposition (an)

$\varepsilon$  = taux d'érosion (g/cm<sup>2</sup>/an)

$\rho$  = densité de la matière (g/cm<sup>3</sup>)

$\Lambda$  = longueur d'atténuation des particules secondaires

$$\Lambda_{\text{neutrons}} = 150 \text{ g/cm}^2$$

$$\Lambda_{\text{muons}} = 1500 \text{ à } 5300 \text{ g/cm}^2$$

### CAS 1

Si on est capables de déterminer  $\varepsilon$  ou  $C(x,0)$  par ailleurs, par inversion des données on peut calculer un âge exact de la surface

### CAS 2

Mais le plus souvent on est obligés de faire des hypothèses à partir des observations géomorphologiques afin de simplifier l'équation générale dans une des deux formes suivantes :

Si on suppose  $\varepsilon$  nul :

$$T_{\min} = -\frac{1}{\lambda} \ln \left( 1 - \frac{\lambda \times C_{(0,t)}}{P_0} \right)$$

Si on suppose  $t$  très long :

$$\varepsilon_{\max} = \frac{\Lambda}{\rho} \times \left[ \frac{P_0}{C_{(0,\infty)}} - \lambda \right]$$

# LE PARAMETRE EROSION

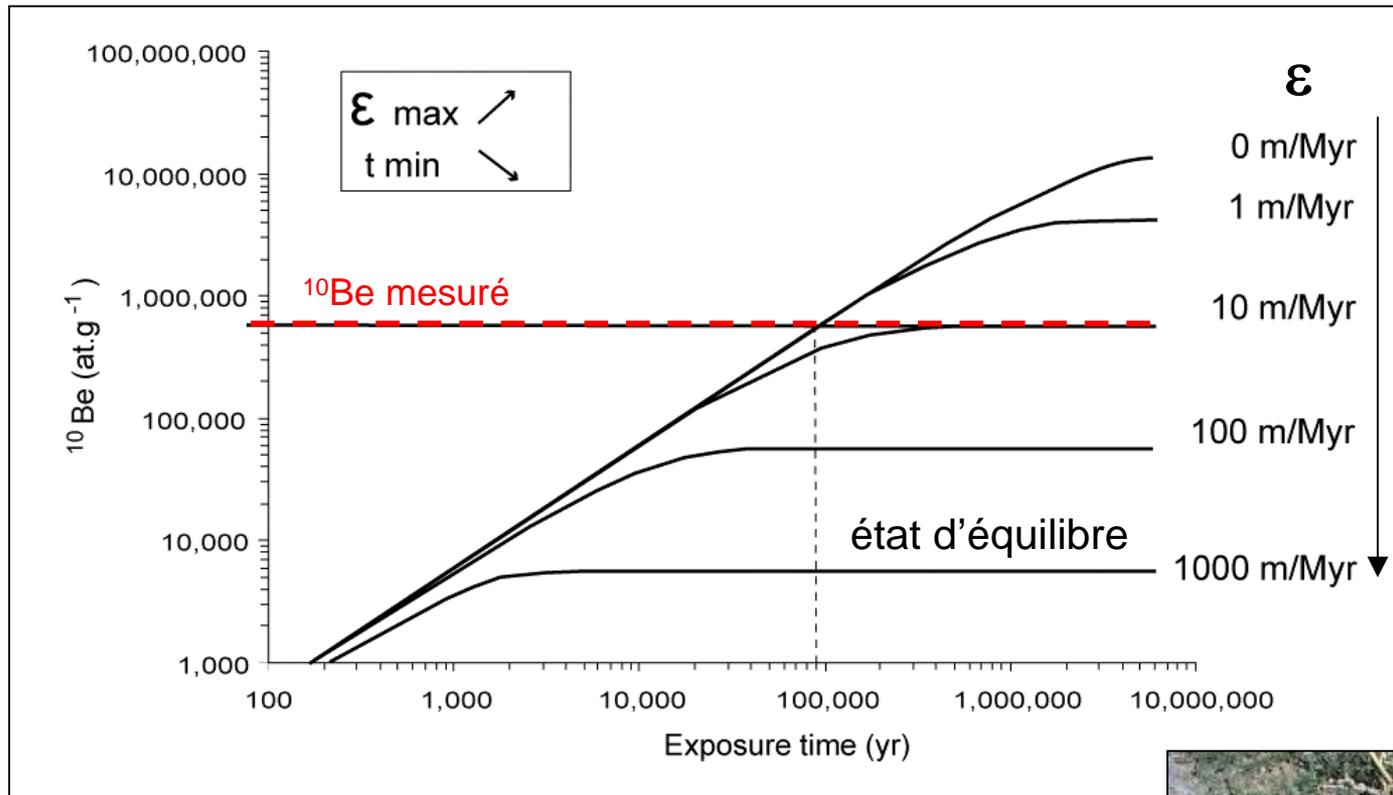
Dégradation des blocs



Dénudation de la surface



# Evolution de la concentration avec le temps



d'après Brown et al., 1991



# LE PROBLEME DE LA PRE-EXPOSITION



exhumation...



... stockage...

... transport...



... dépôt final



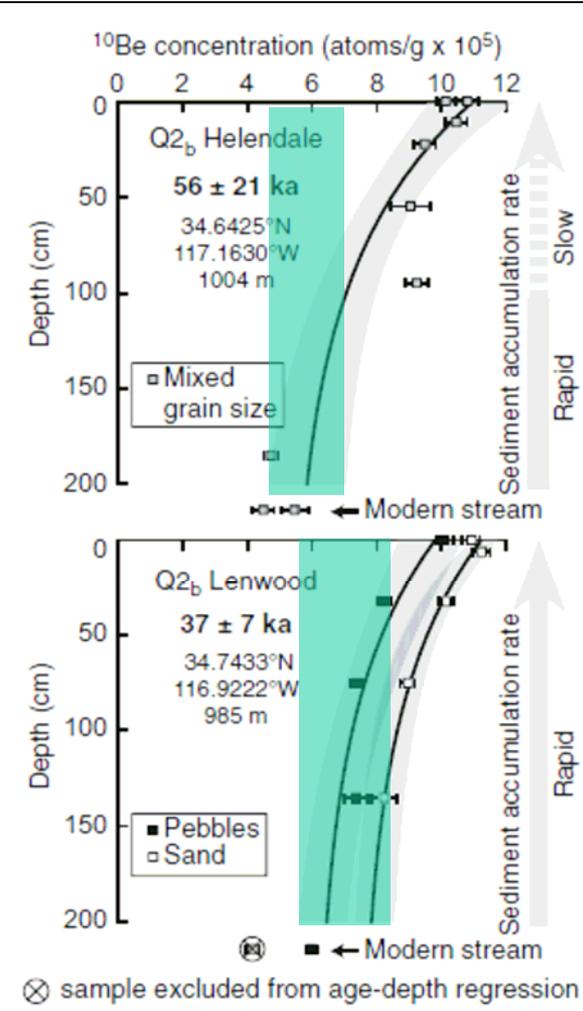
$^{10}\text{Be}$  hérité

# Héritage

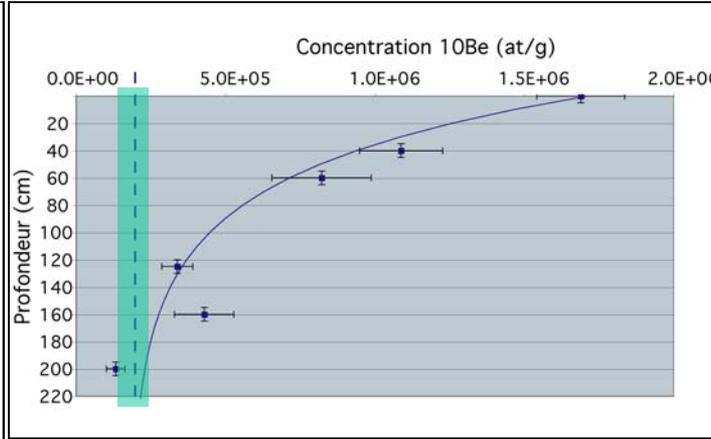
Non-négligeable et uniforme

(Quasi)négligeable et uniforme

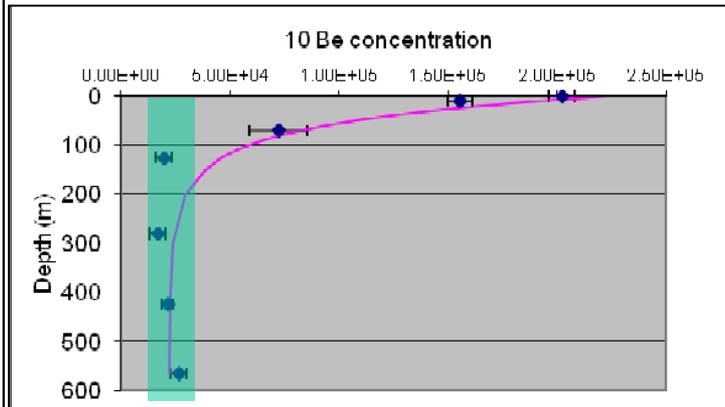
Non uniforme



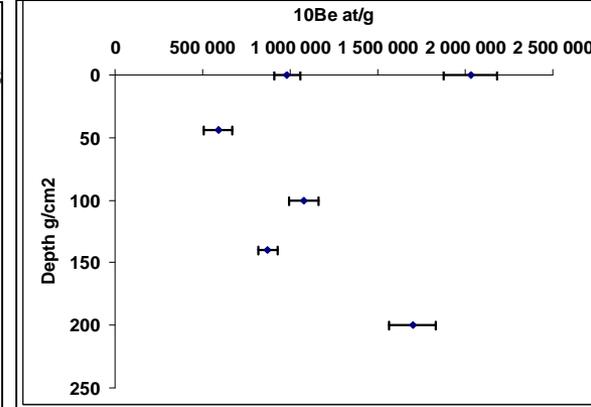
Oskin et al., 2008



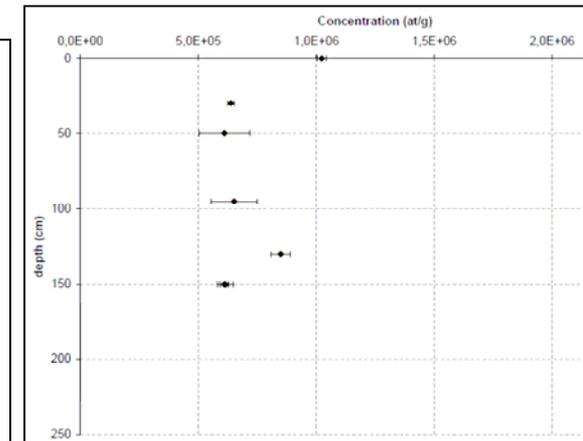
Vassallo et al., 2007



Vignon et al., in prep.



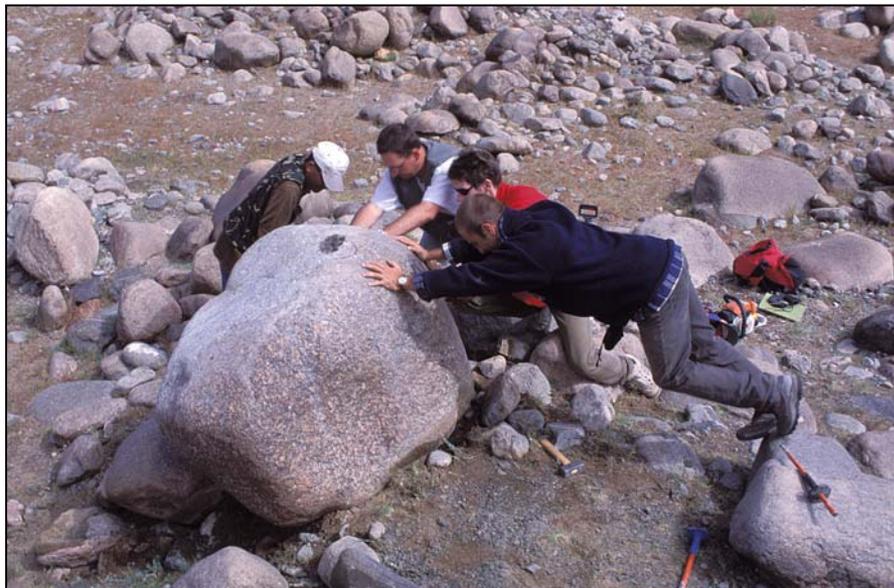
Vassallo, 2006



Rizza et al., in prep.

# Stratégie d'échantillonnage vis-à-vis d'érosion et de pré-exposition

- Gros blocs (si possible) en surface
- Dessus-dessous
- Profil en profondeur



# OSL et TL

Optically Stimulated Luminescence (ou 'Luminescence Optique') et ThermoLuminescence



Ces techniques permettent de dater la période d'enfouissement d'un sédiment (grains de quartz, feldspaths) en mesurant l'énergie accumulée dans les imperfections des minéraux par le rayonnement radioactif de l'encaissant et par le rayonnement cosmique

# Irradiation par radioactivité ambiante (U, Th, K) et rayonnement cosmique

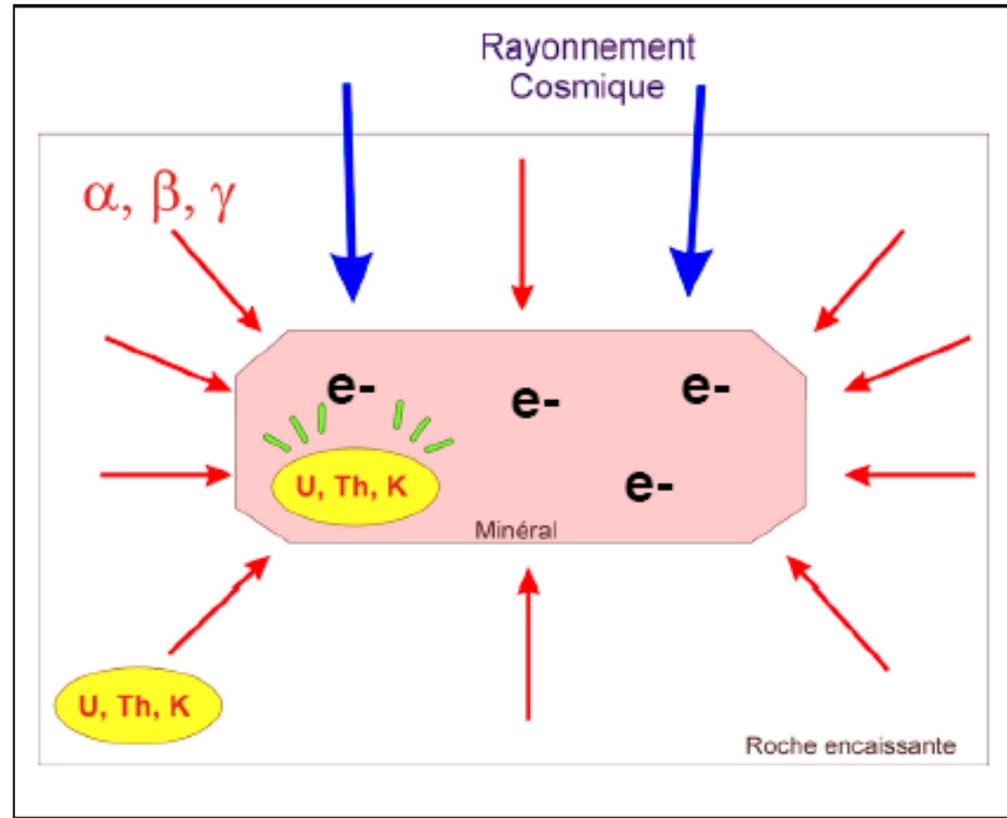


ionise le cristal en expulsant des électrons de leur état stable

électrons ensuite piégés dans les défauts cristallins à des "profondeurs" (niveaux d'énergie) variables, en quantité proportionnelle à la dose naturelle reçue par le minéral (radioactivité ambiante, temps)



apport d'une énergie externe (chaleur, lumière) permet aux électrons de quitter les pièges: luminescence proportionnelle à la quantité d'électrons piégés



Michel, 2004

**$t = \text{Paléodose (Gy)} / \text{Dose annuelle (Gy/t)}$**

**$t$  : temps**

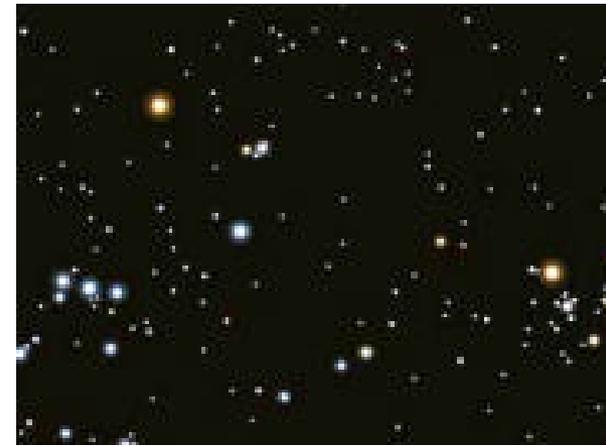
**Gy: unité de la dose de radiation (1 Gray = 1 J.kg\*1)**

# Échantillonnage

Éviter absolument d'exposer les échantillons à la lumière !

2 techniques envisageables :

- échantillonner dans le noir (sous une bâche ou la nuit) ; on a le droit à un éclairage en lumière rouge (grande longueur d'onde) ou de la lune



- échantillonner un volume de sédiments consolidés dans un tube opaque (ou une boîte de conserve...) et enlever la partie superficielle (~1 cm) en laboratoire