

Les failles actives

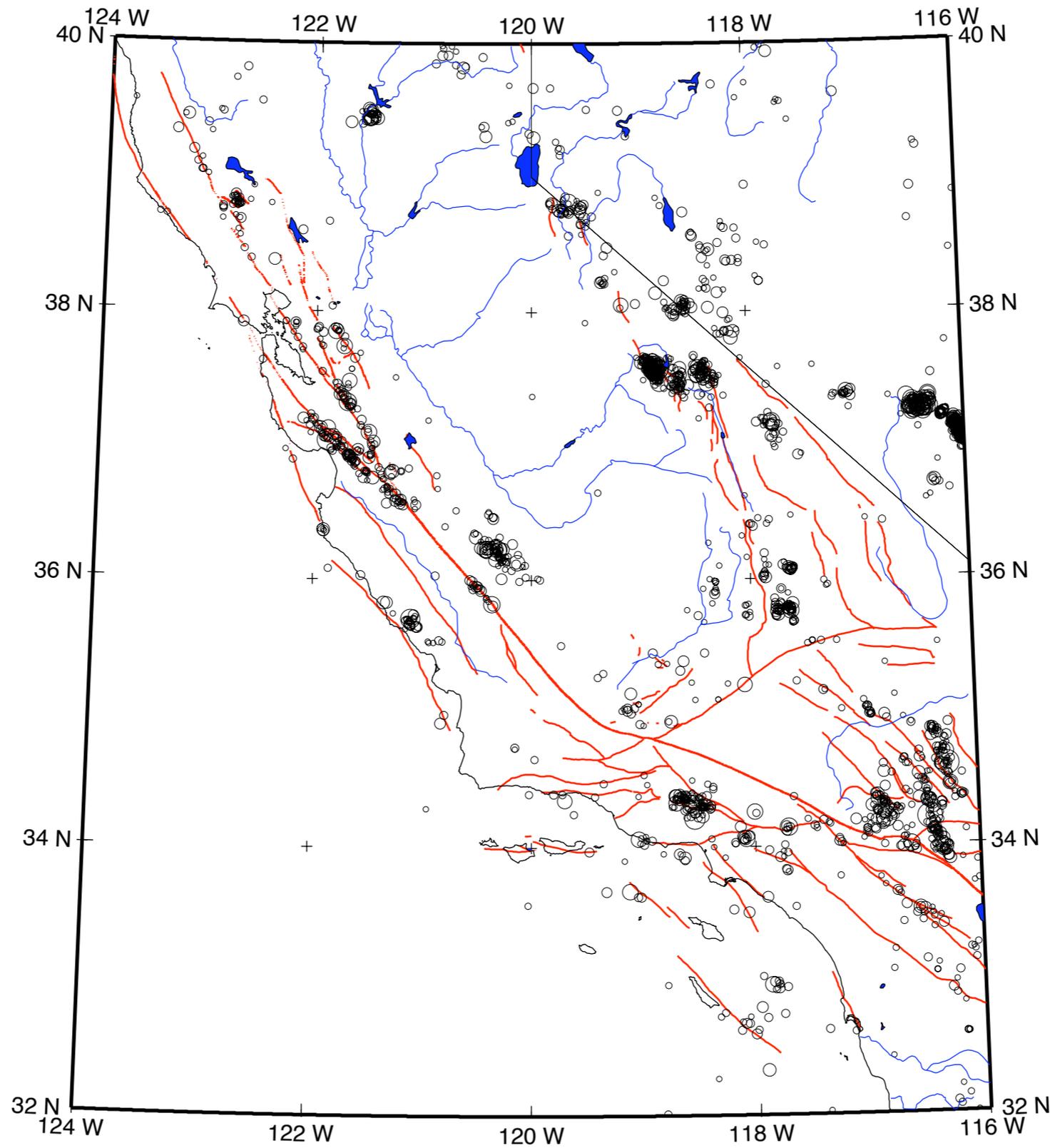
Identification

- images satellitaires
- terrain

Fonctionnement

- vitesse moyenne
- cycle sismique

La faille de San Andreas n'est pas active ???



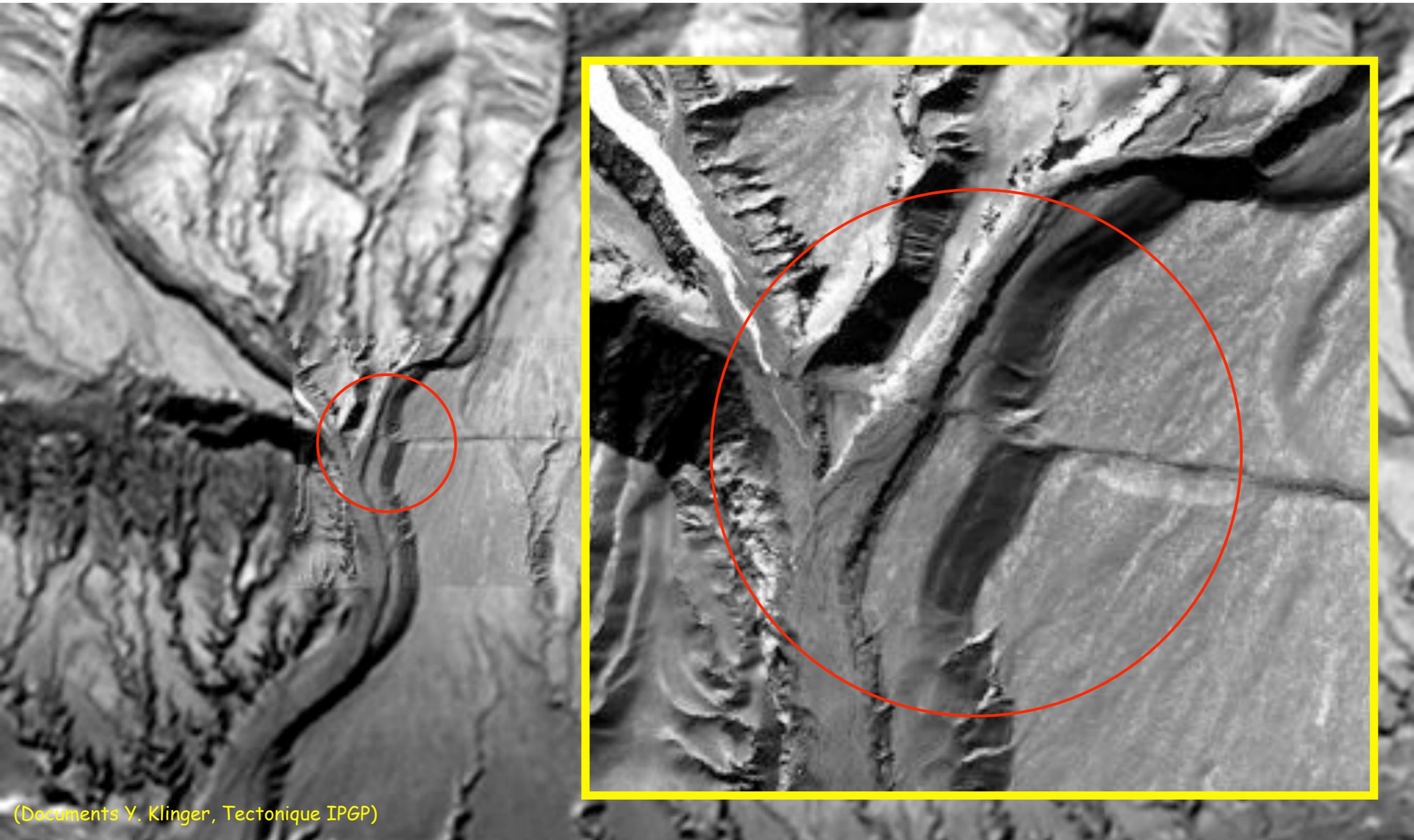
Sismicité de la Californie (1973-2004)

Une faille active modifie le paysage



Ruptures de surface du séisme de Kokoxili (2001, Mw = 7.9)

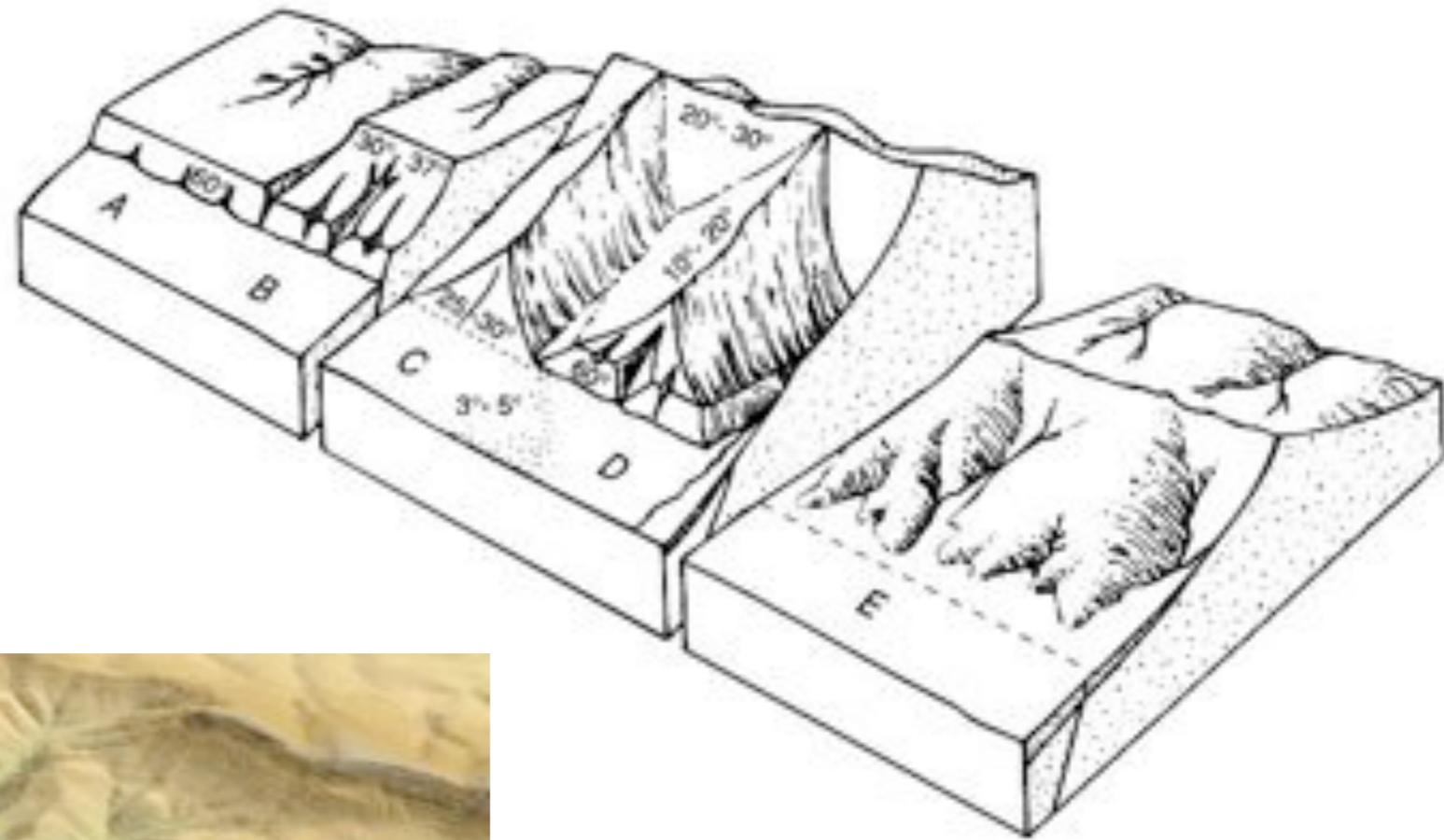
Faïlle du Kunlun



(Documents Y. Klinger, Tectonique IPGP)

Combinaison d'images SPOT (10 m) et IKONOS (≤ 1 m)

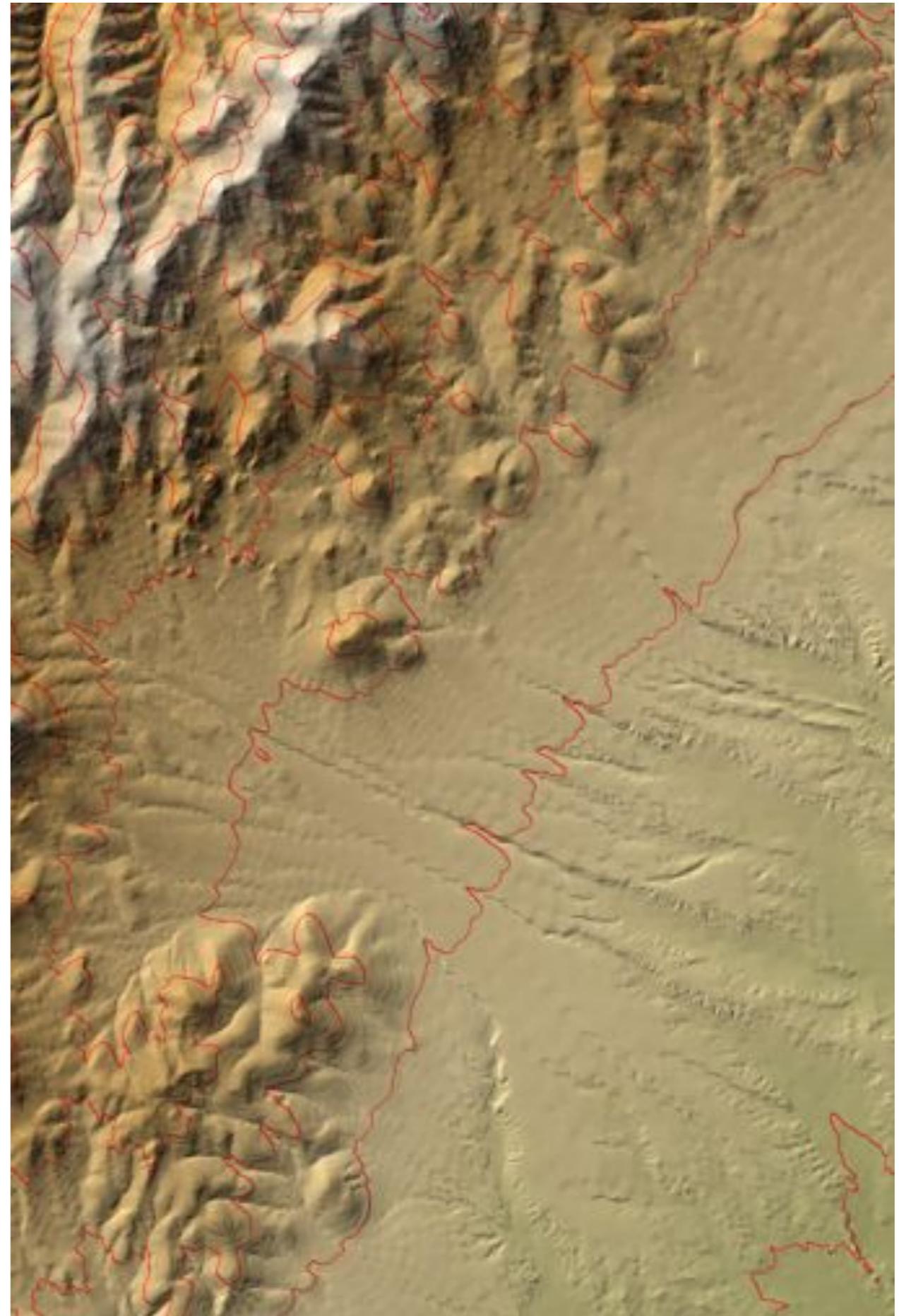
Formation des facettes triangulaires



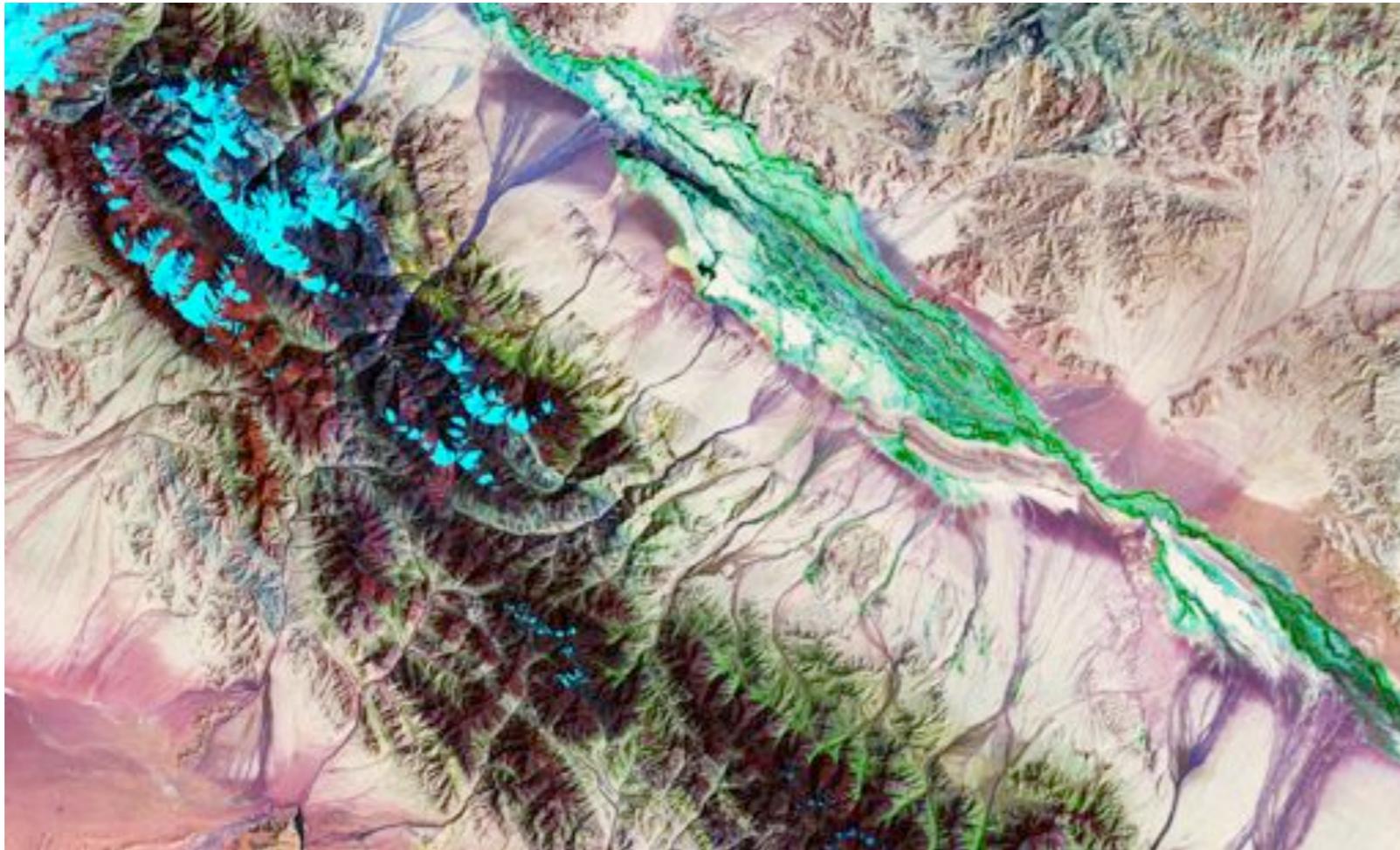
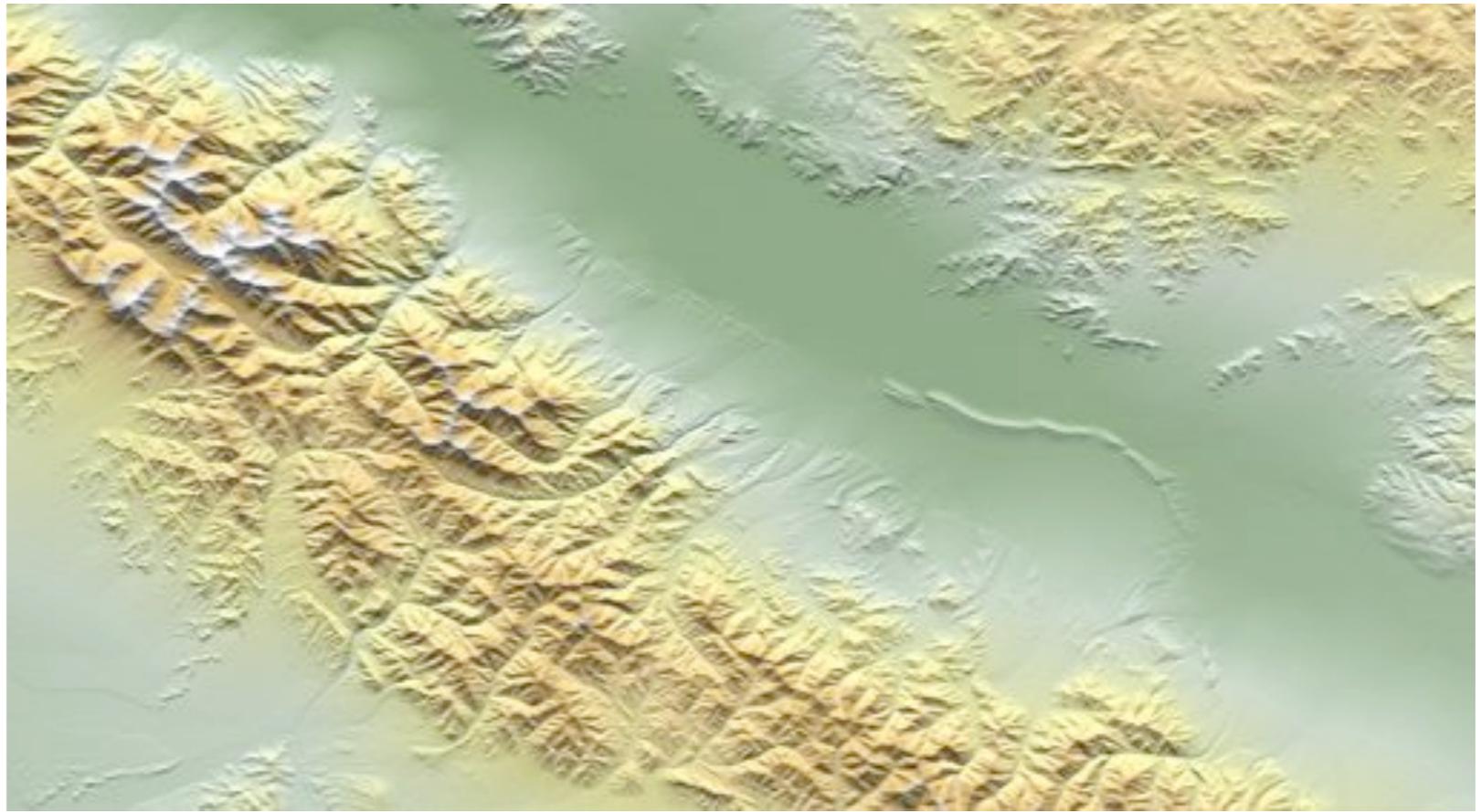
Versant ouest contrôlé par une faille



Versant est contrôlé par l'érosion



Tanghenanshan



Topographie
numérique

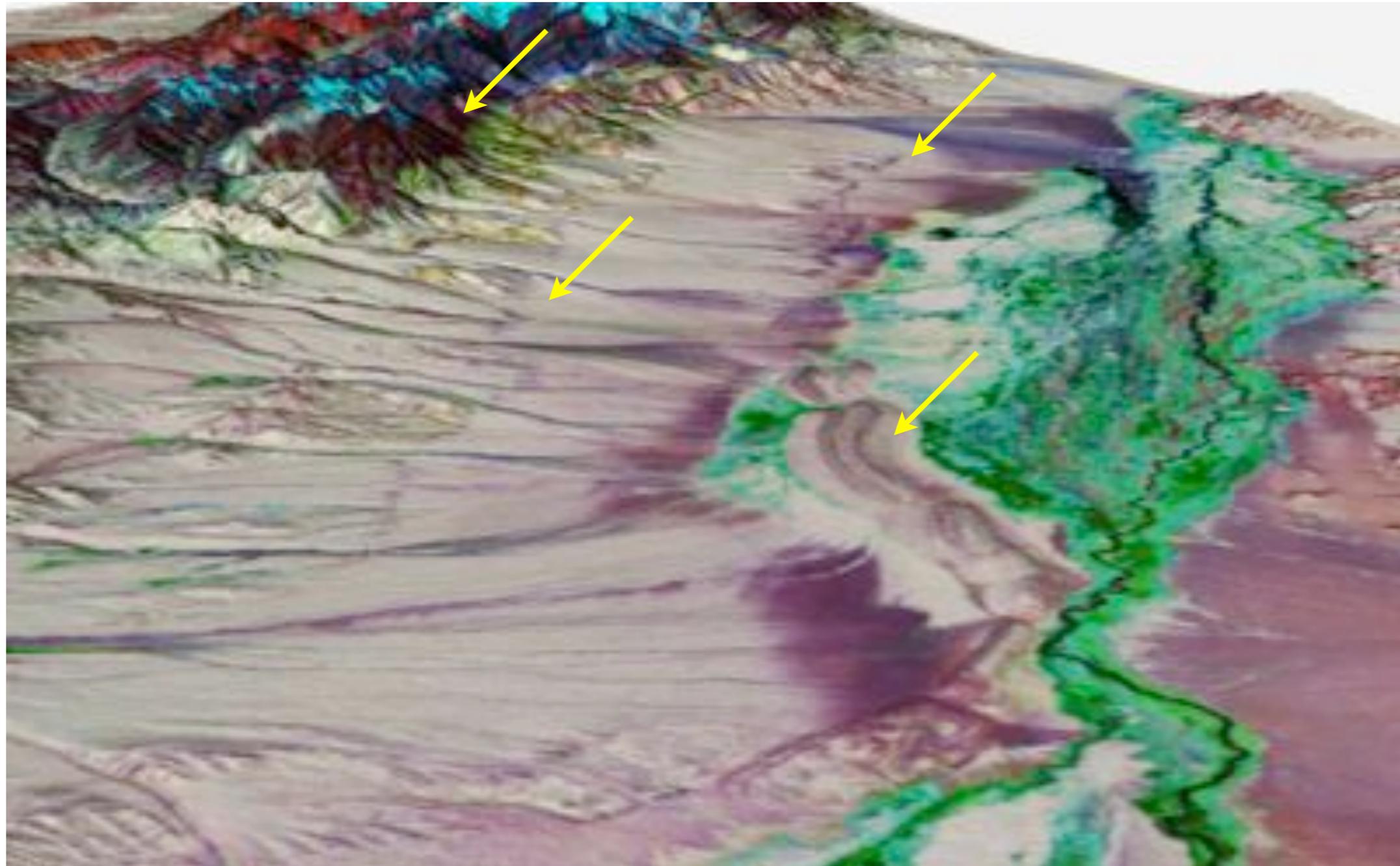


Image Landsat

SW

Tanghenanshan

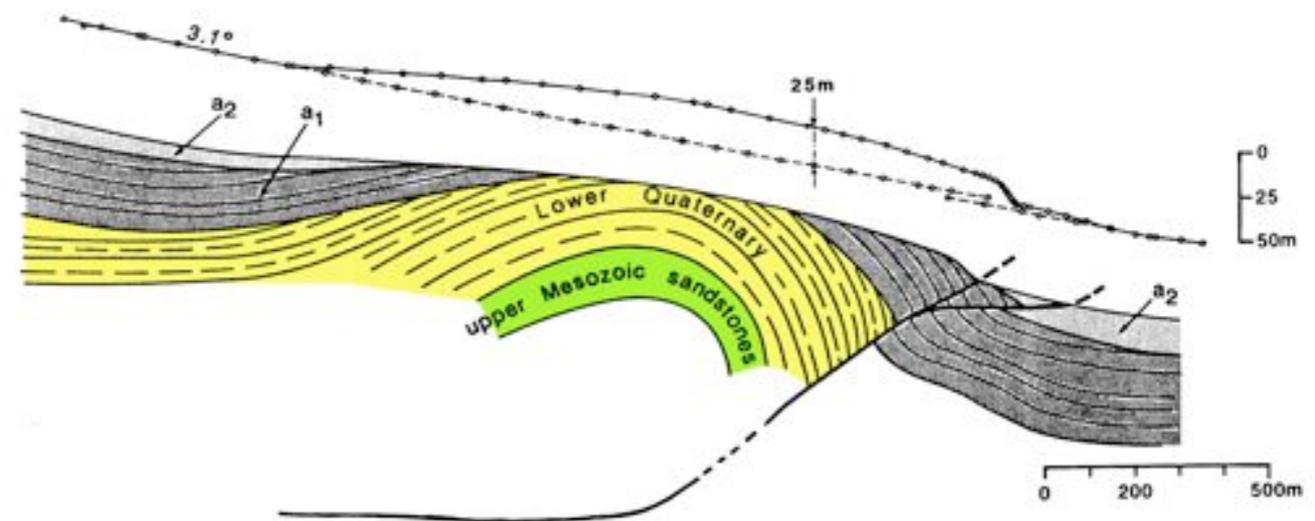
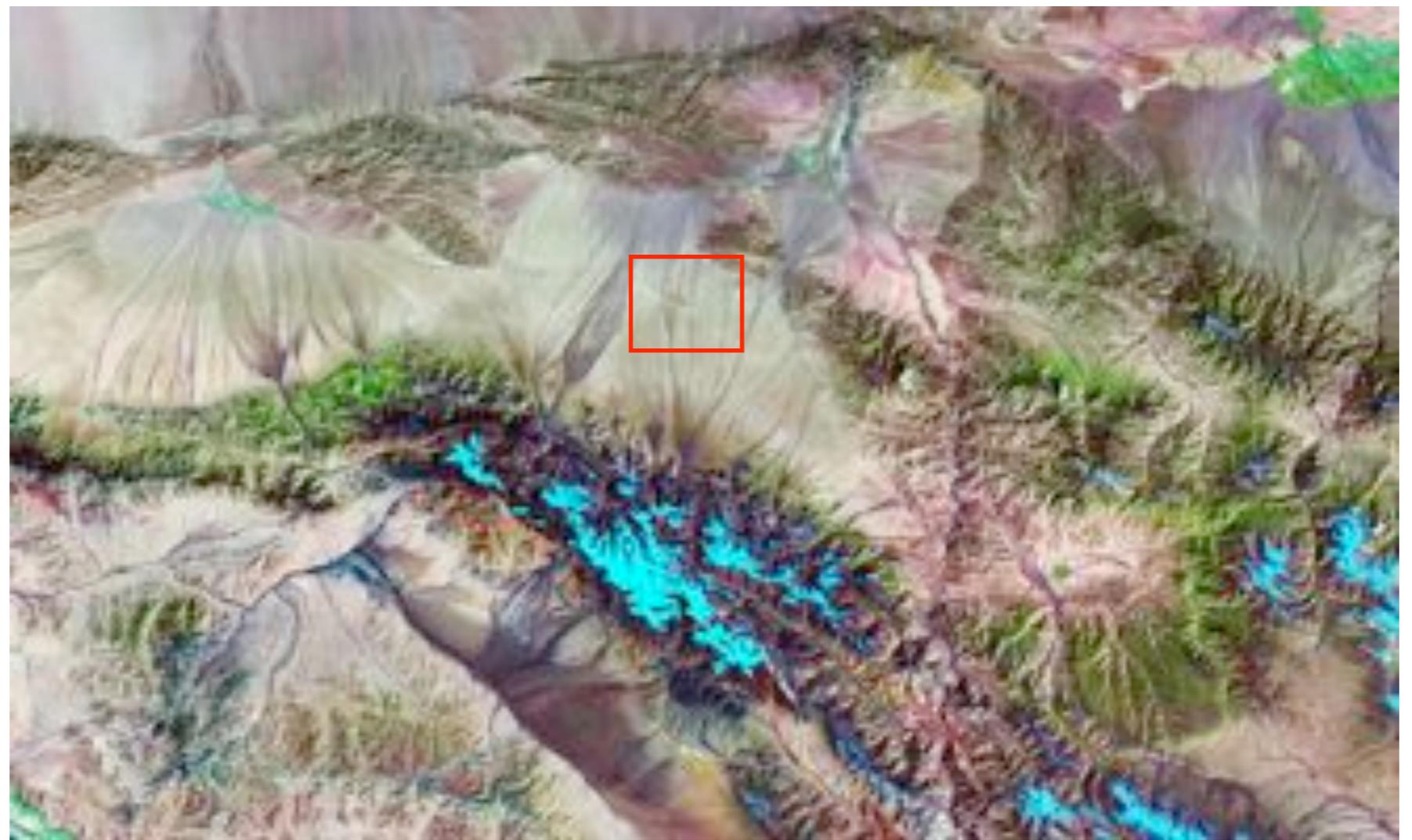
NE



© Yves Gaudemer, 2005

Topographie + Image satellitaire

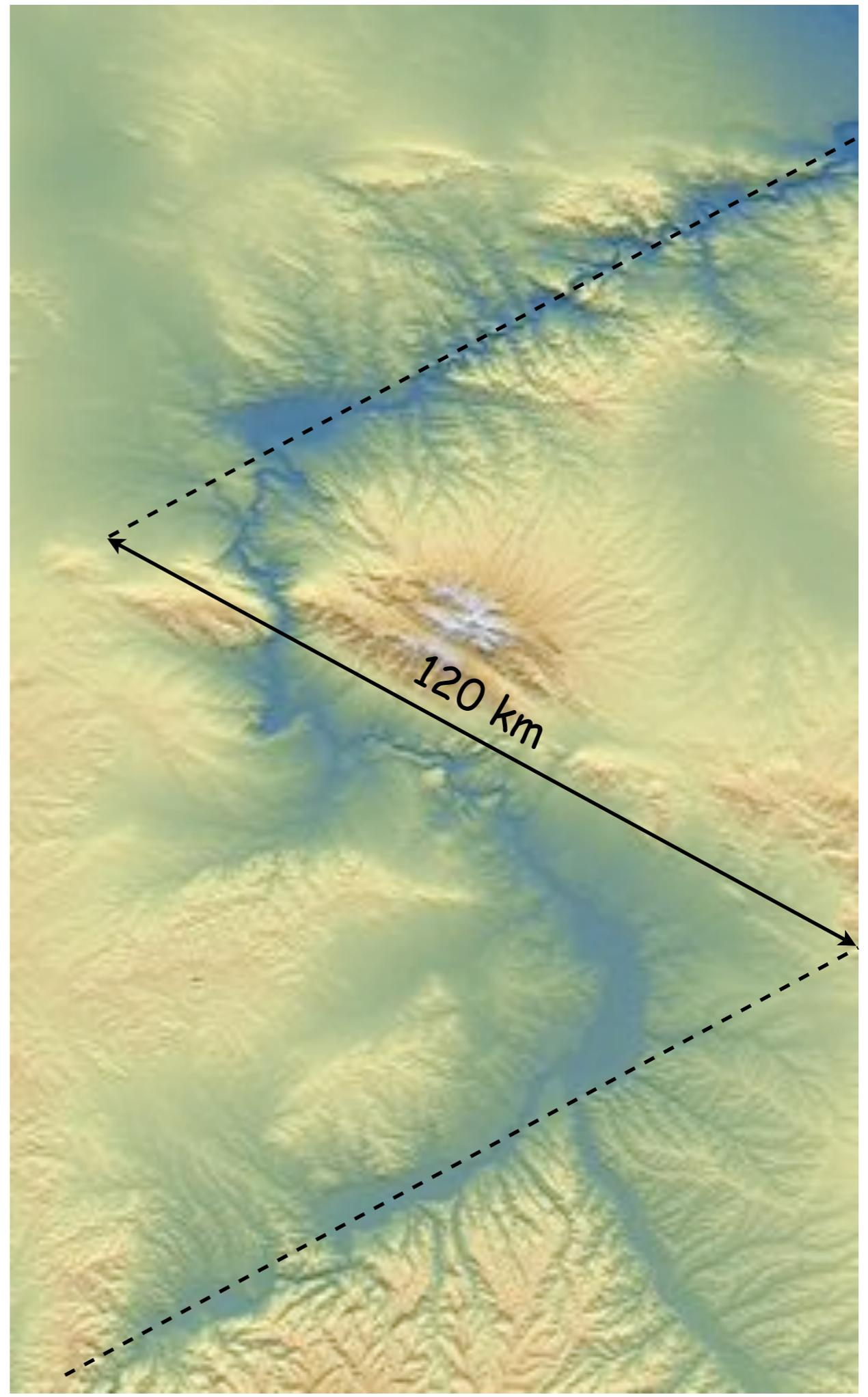
Shibaocheng



Meyer 1991



Décalage du Fleuve
Jaune (Huanhe) par la
faille de Haiyuan



Comment fonctionne une faille ?

Si la faille fonctionne régulièrement, avec un **séisme caractéristique**, le **temps de récurrence** T de celui-ci est simplement :

$$T = U/V$$

où U est le déplacement cosismique et V est la vitesse de glissement sur la faille.

Exemple :

$$M = 8, U = 10 \text{ m}, V = 1 \text{ cm/an} \rightarrow T = 1000 \text{ ans}$$

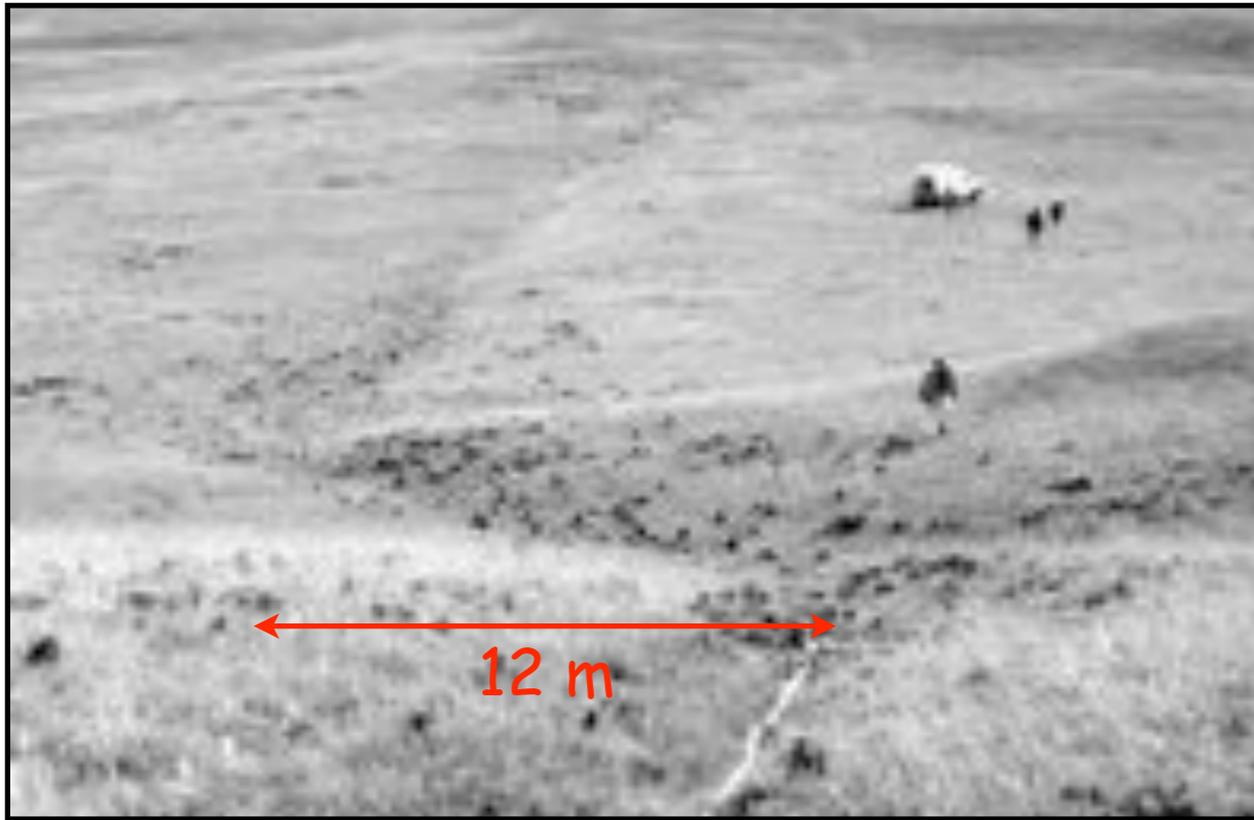


Déterminer U et V

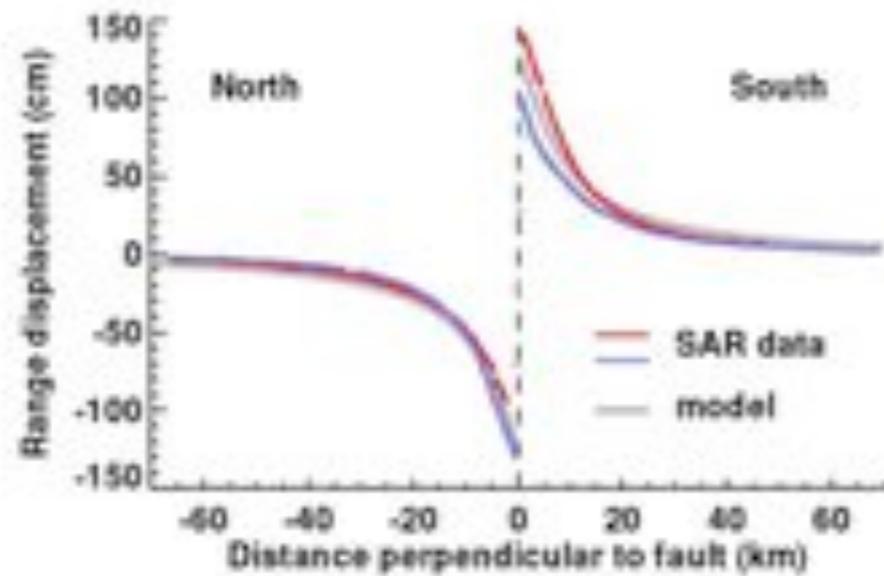
Mesure du déplacement cosismique U

← Faille du Kunlun (Tibet)

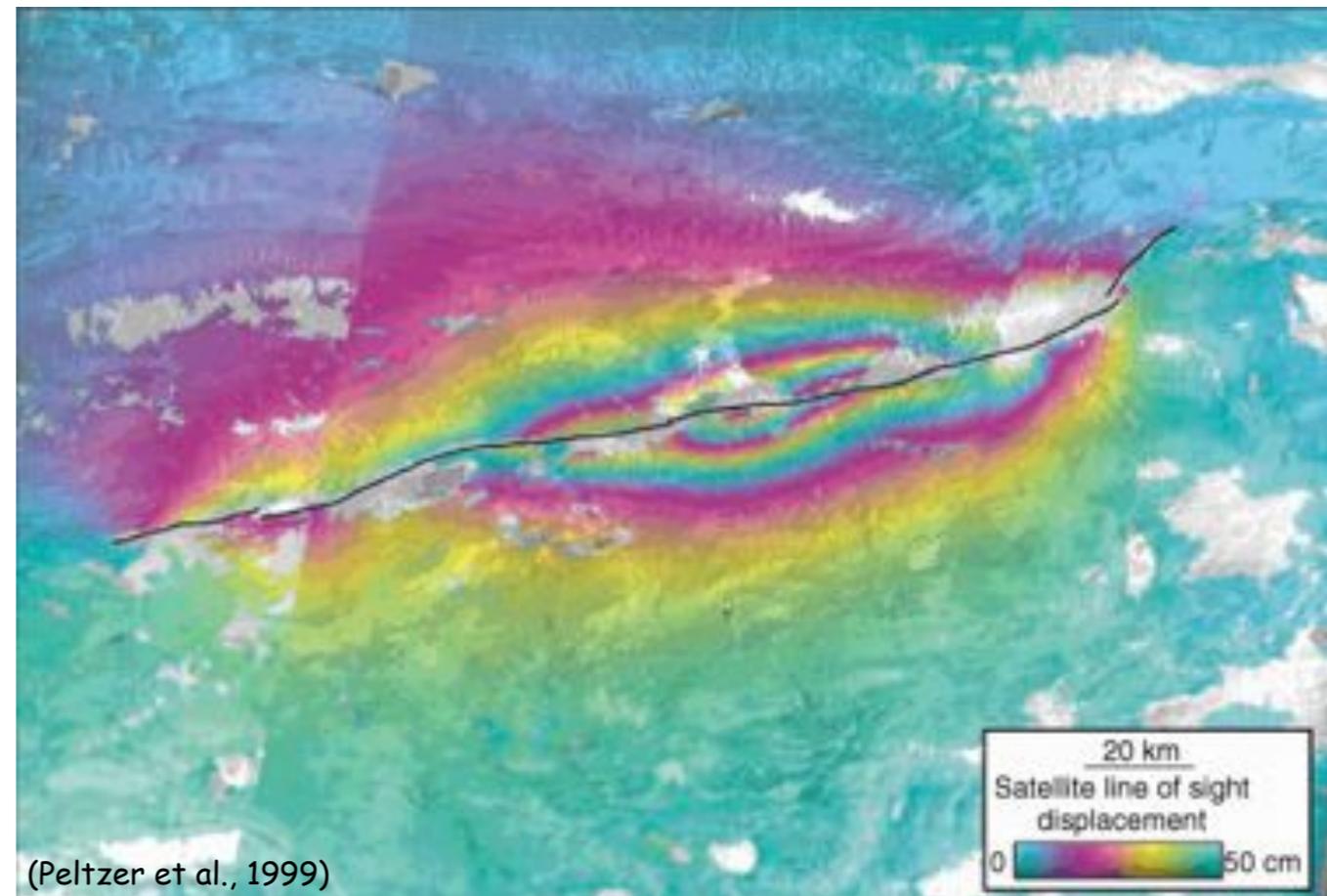
Séisme de Manyi ($M = 7.6$, Tibet)



(Van der Woerd et al., 2002)



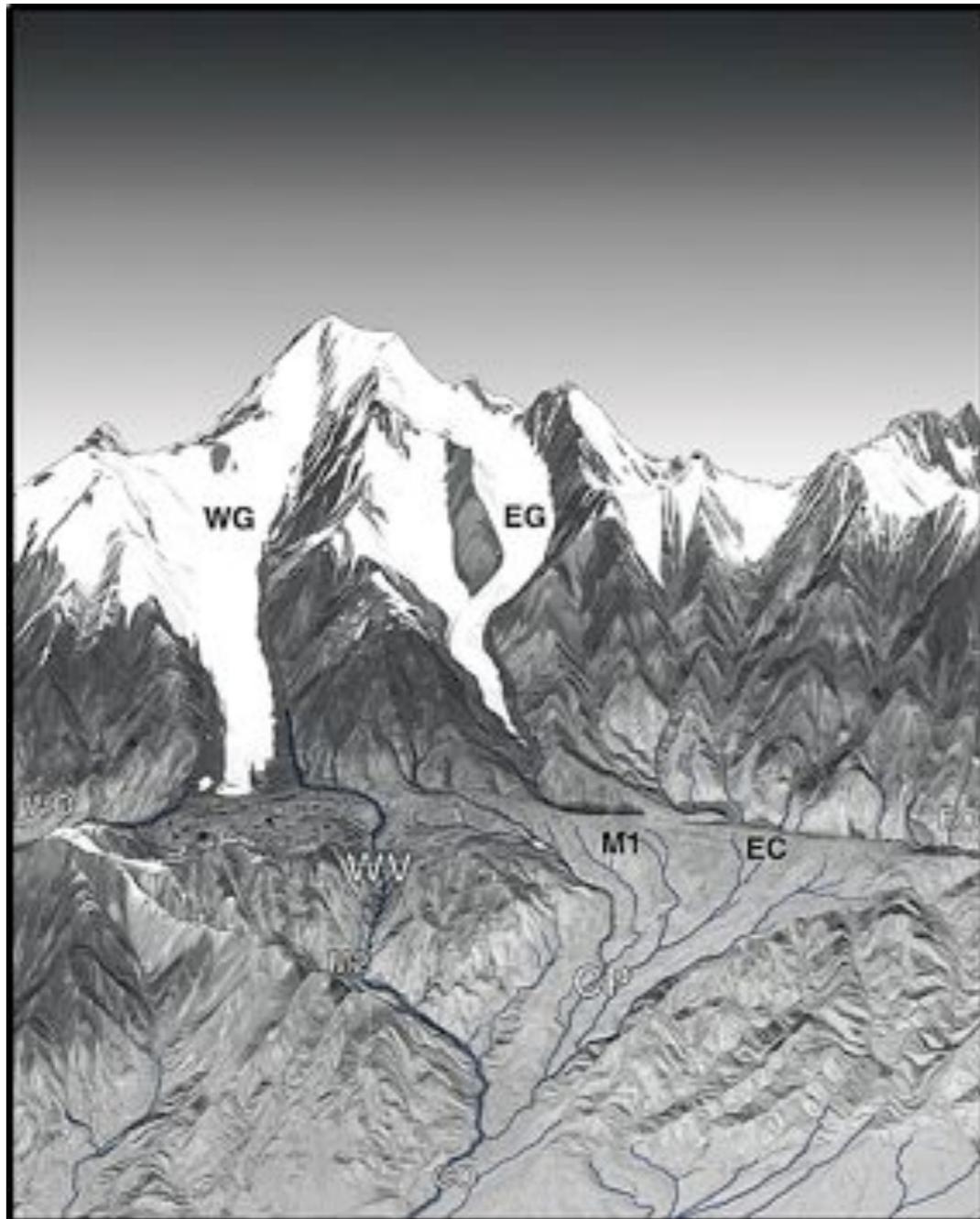
(Peltzer et al., 1999)



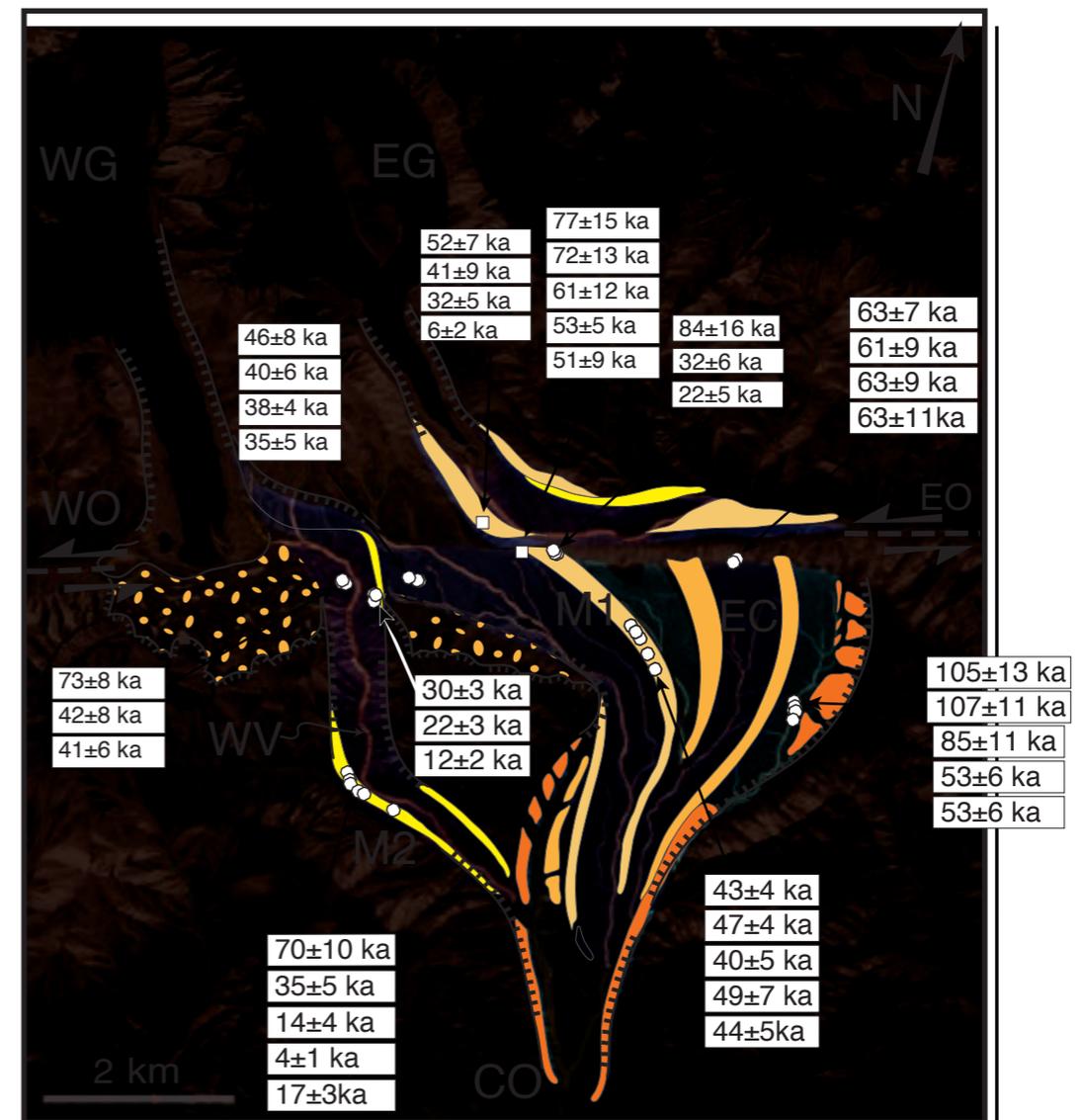
(Peltzer et al., 1999)

Pour calculer V , on mesure le décalage d'objets (moraines, cônes alluviaux, etc) que l'on peut dater (^{14}C , ^{10}Be , ^{26}Al , ^{37}Cl)

$26.3 \pm 1.4 \text{ mm/an}$



(Mériaux et al., 2000)



(Mériaux et al., 2000)

Quand a eu lieu le dernier séisme ?

Géomorphologie

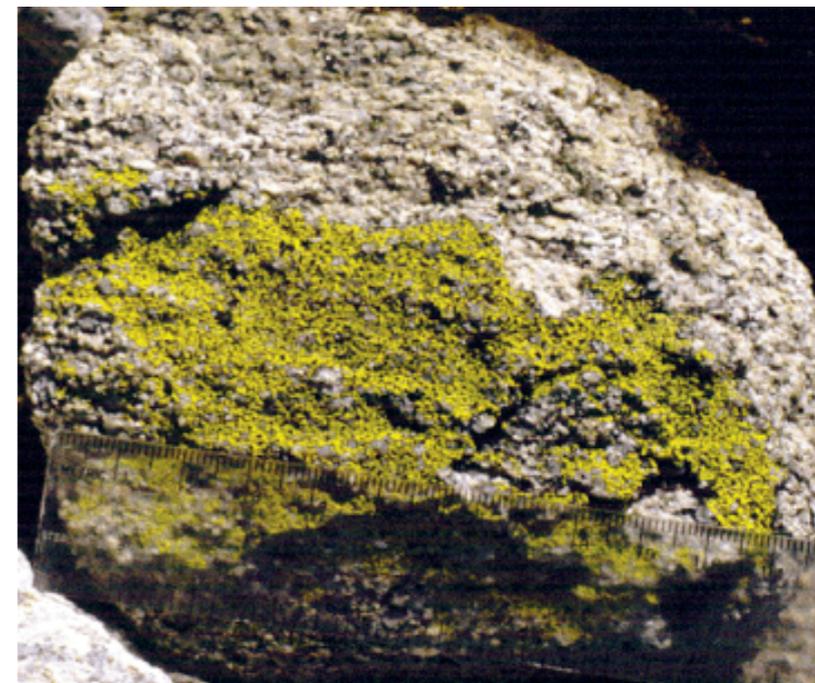


Paléo-sismologie

Tranchée de l'Evêque (Yammoûneh, 2002 – CNRSL & IPGP)

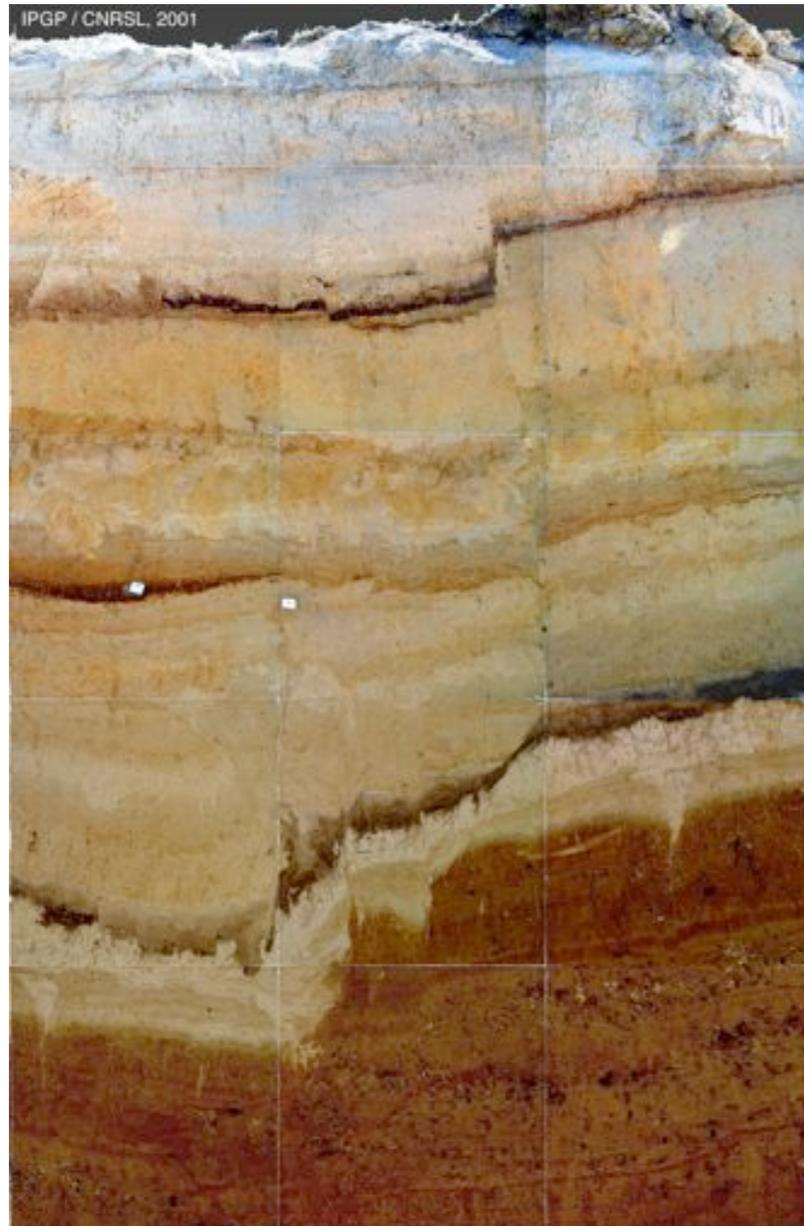


Dendrochronologie

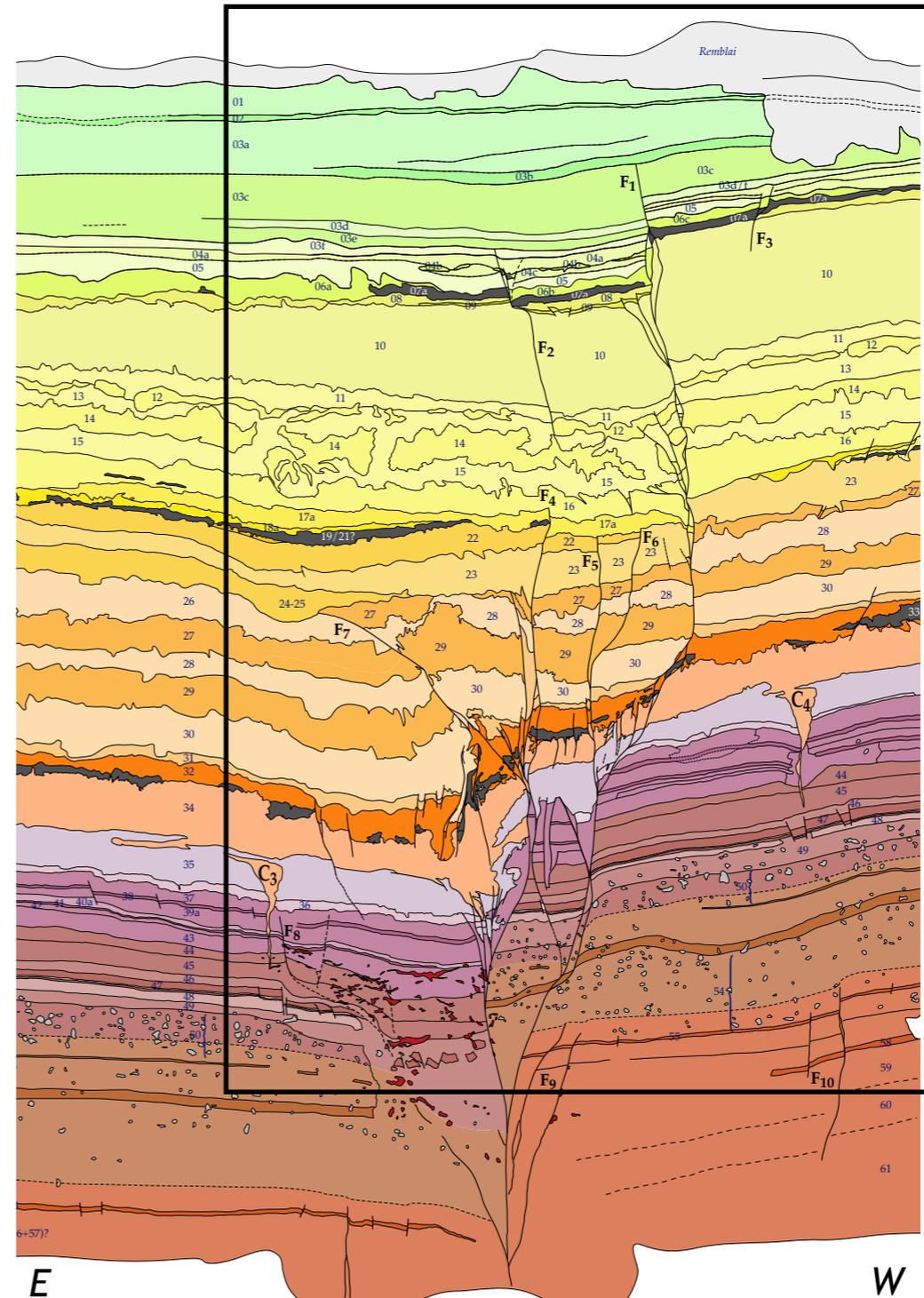


Lichenométrie

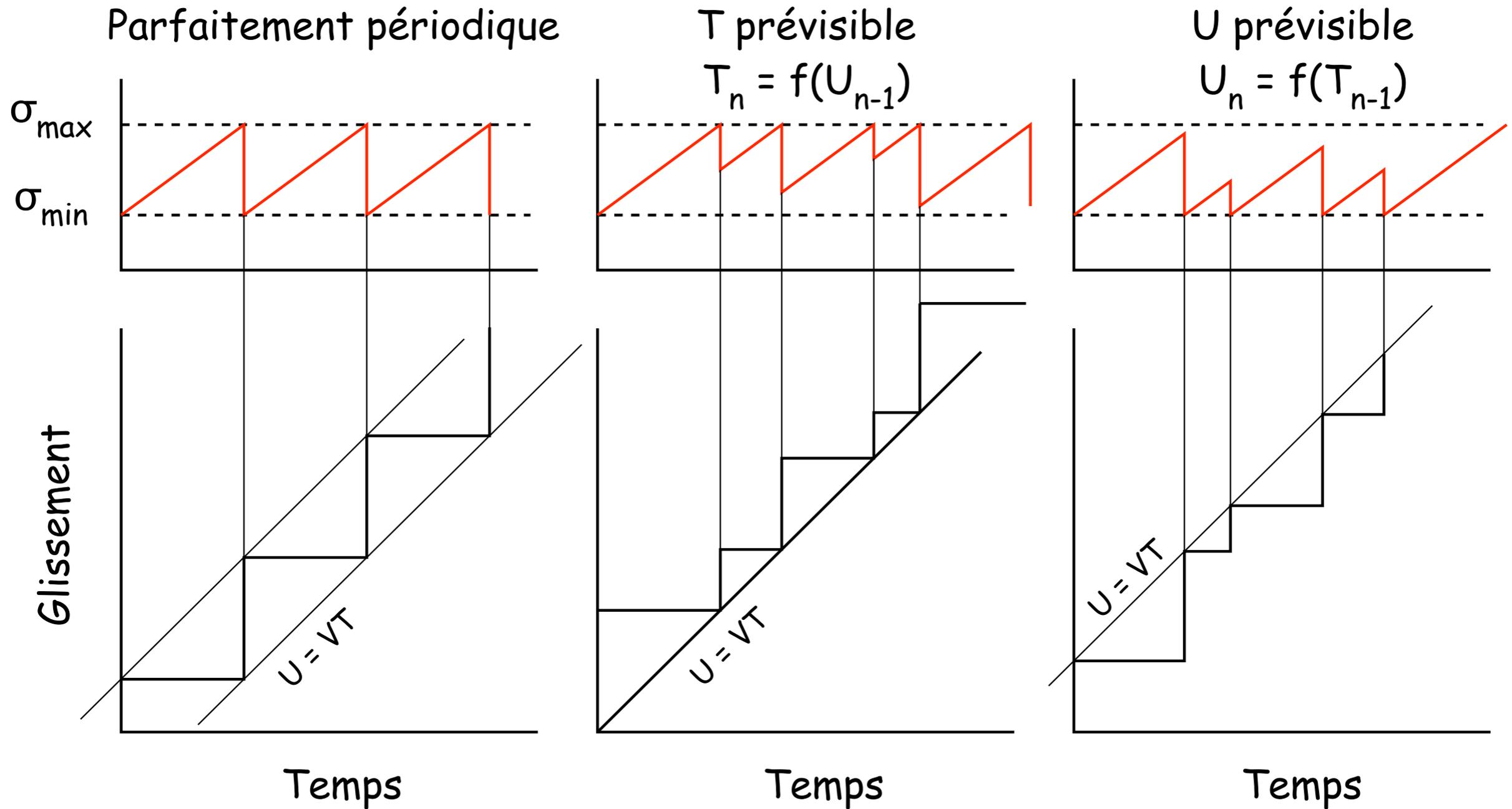
Tranchée de Kazzab (IPGP/CNRSL, 2001)



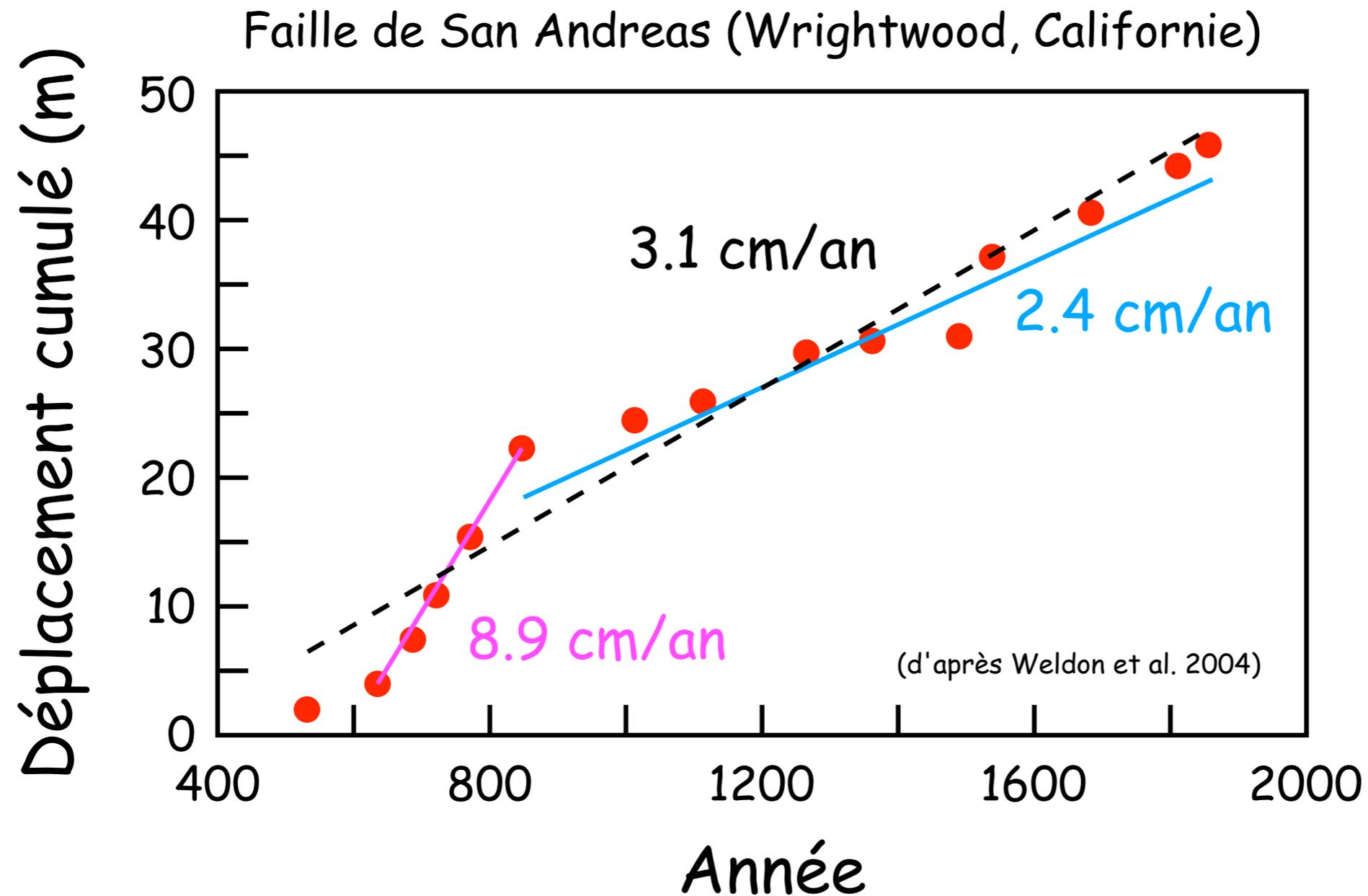
Daëron 2004



Trois modèles de séismes pour une faille à vitesse moyenne constante



Les failles fonctionnent-elles vraiment à vitesse constante ?
Sur quelle échelle de temps ?

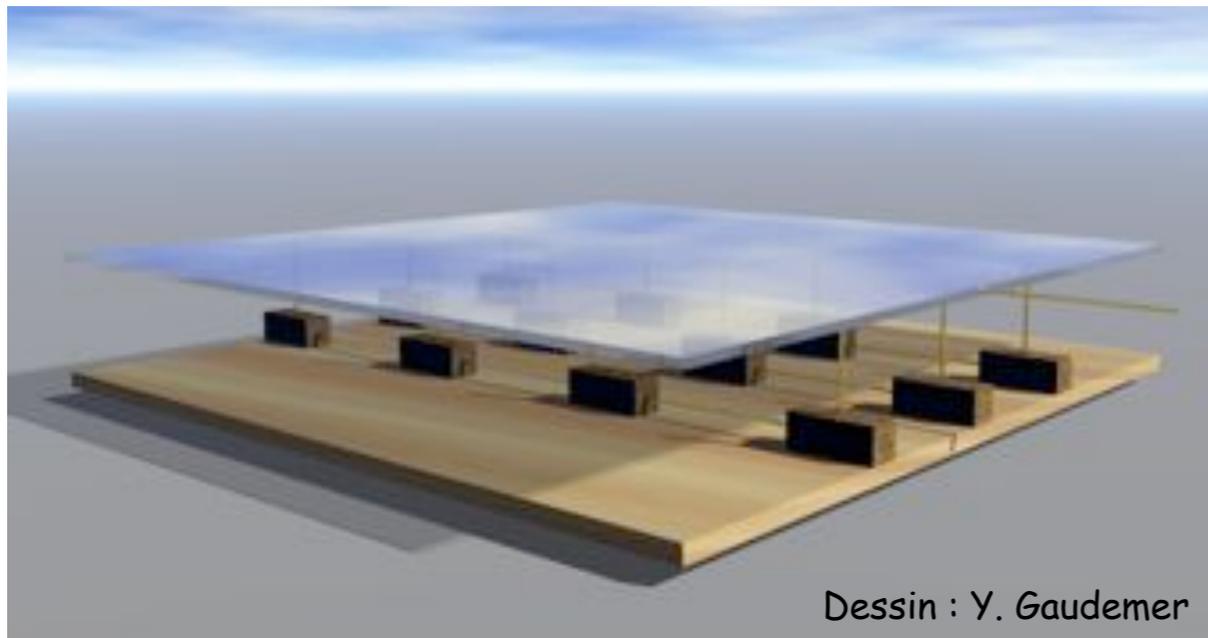


Question :

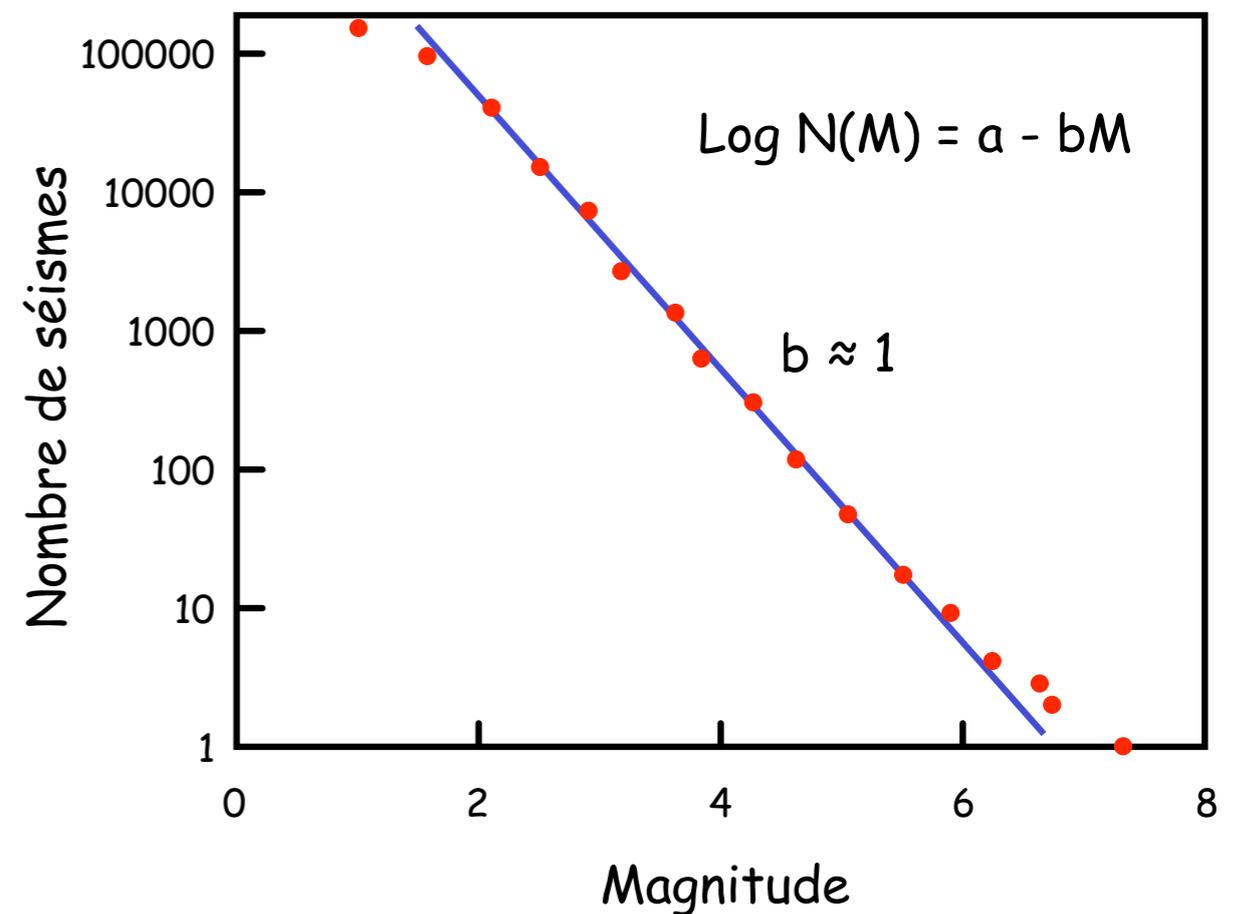
les failles fonctionnent-elles régulièrement ?

Certains physiciens et sismologues pensent que le fonctionnement des failles est complètement aléatoire

Modèle de patins et ressorts



Loi de Gutenberg-Richter



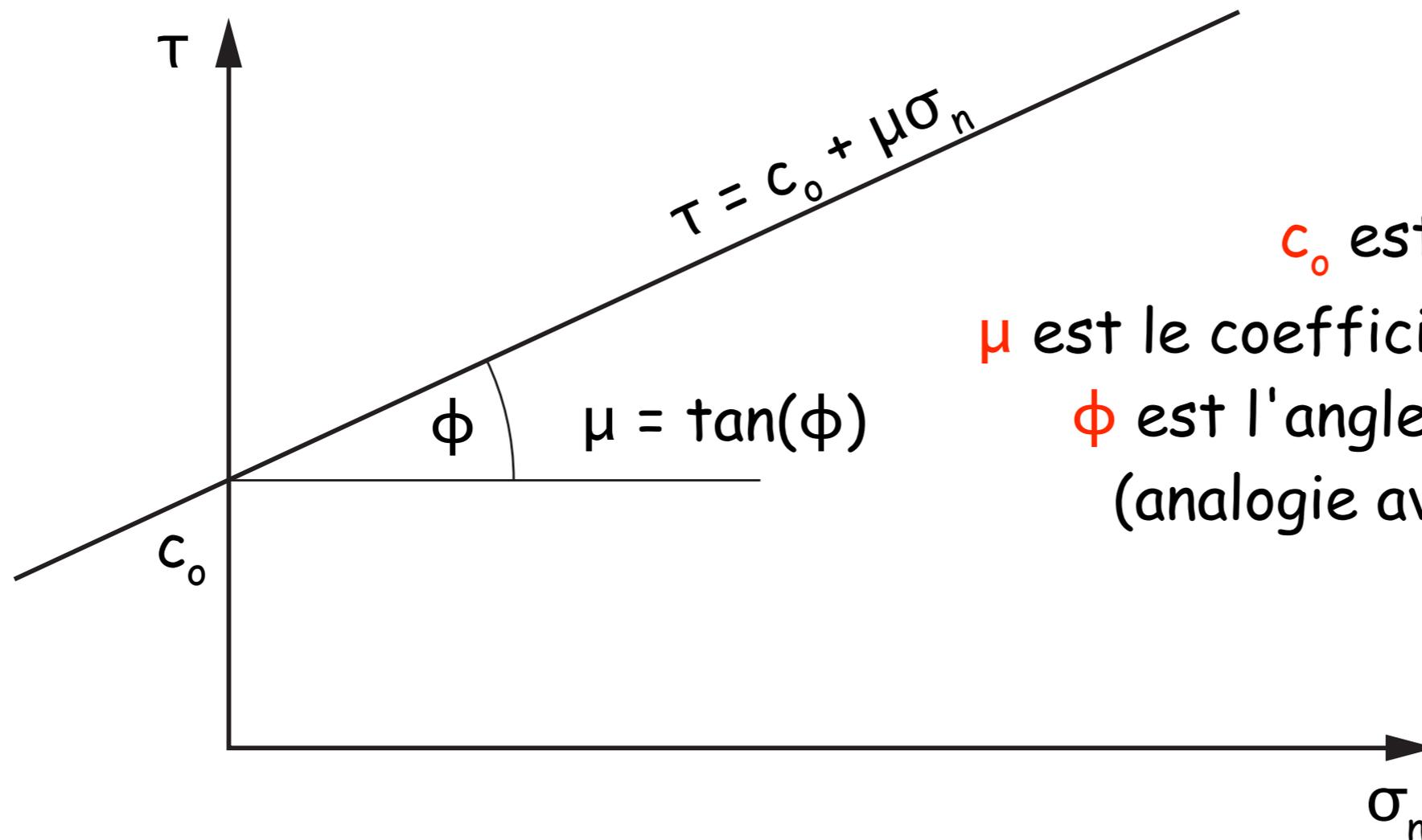
Toute tentative de prédiction/prévision serait vaine...

Critère de Mohr-Coulomb

À la rupture, la contrainte cisailante τ et la contrainte normale σ_n sur les surfaces potentielles de rupture sont liées par une relation linéaire :

$$\tau = c_0 + \mu\sigma_n$$

l'enveloppe de Mohr est une droite



c_0 est la **cohésion**

μ est le coefficient de **friction interne**

ϕ est l'angle de **friction interne**
(analogie avec le frottement)

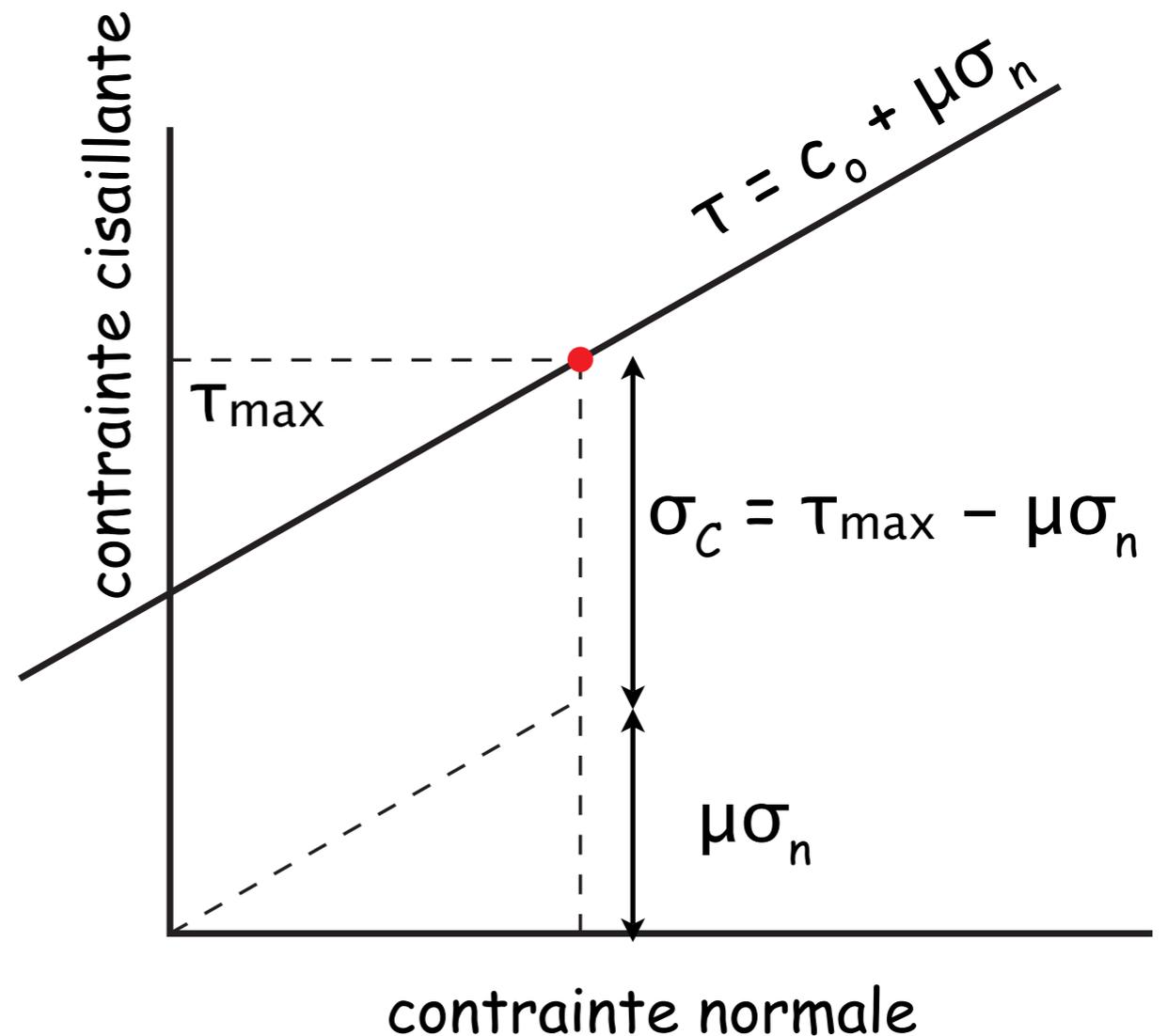
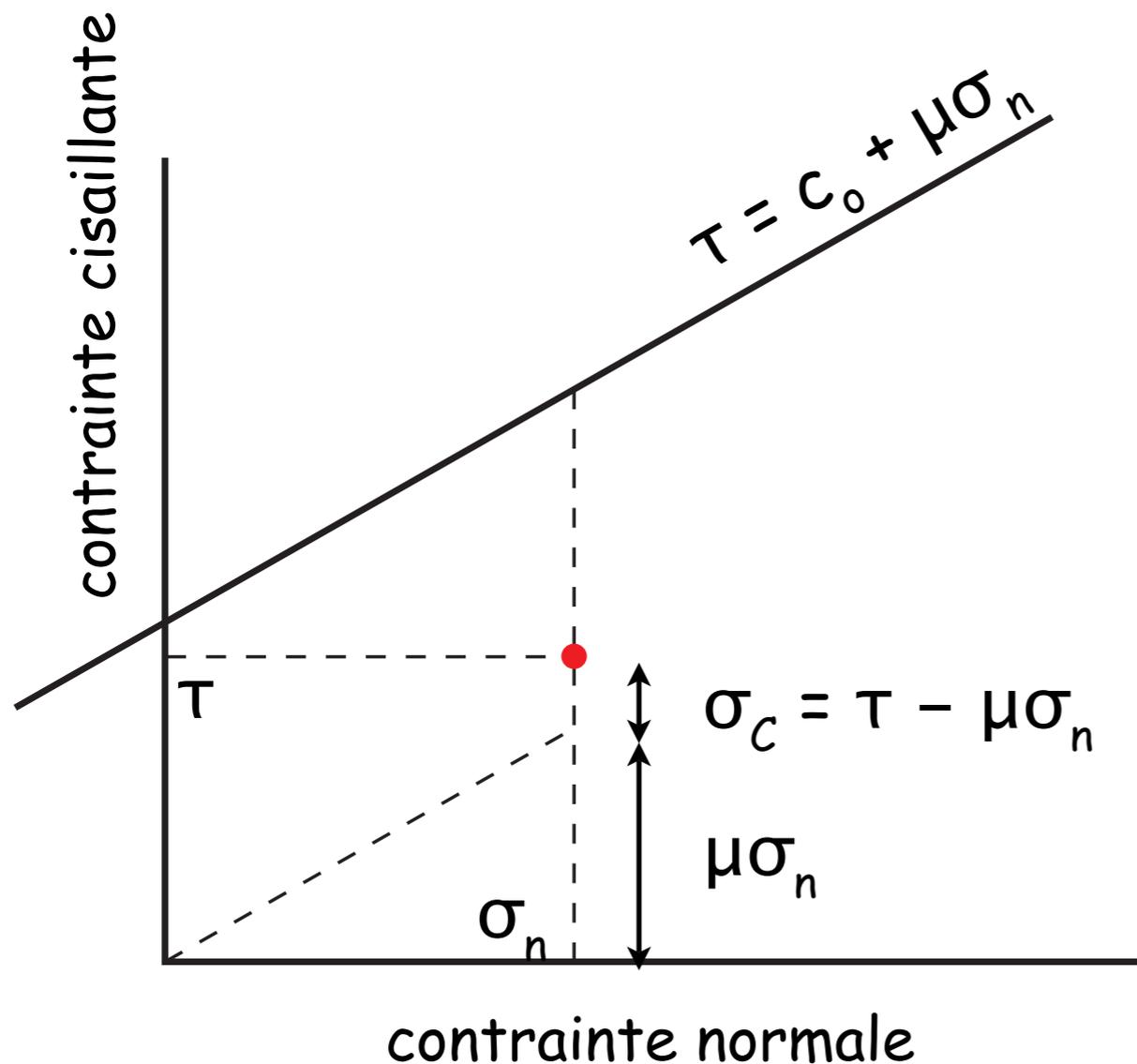
Contrainte de Coulomb

Il est facile de voir que la quantité $\sigma_c = \tau - \mu\sigma_n$

(ou $\sigma_c = \tau - \mu(\sigma_n - p_f)$ s'il y a des fluides)

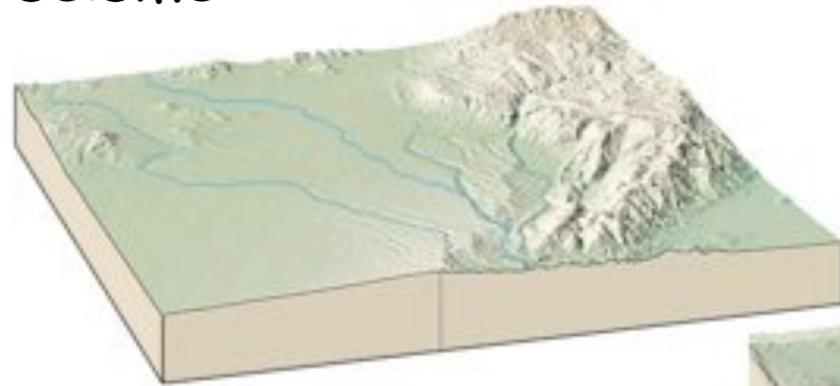
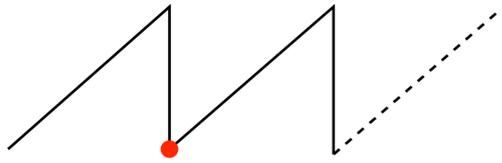
ne peut jamais excéder une valeur critique. Cette quantité σ_c est appelée **contrainte de Coulomb**.

Quelle est la relation entre c_0 et la valeur critique ?

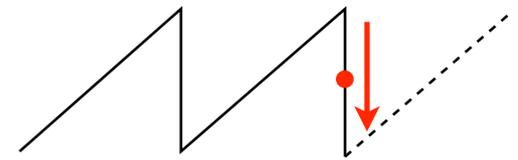


La notion de cycle sismique

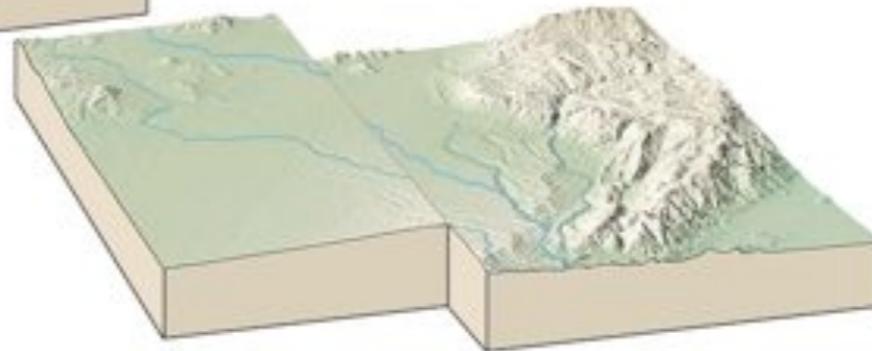
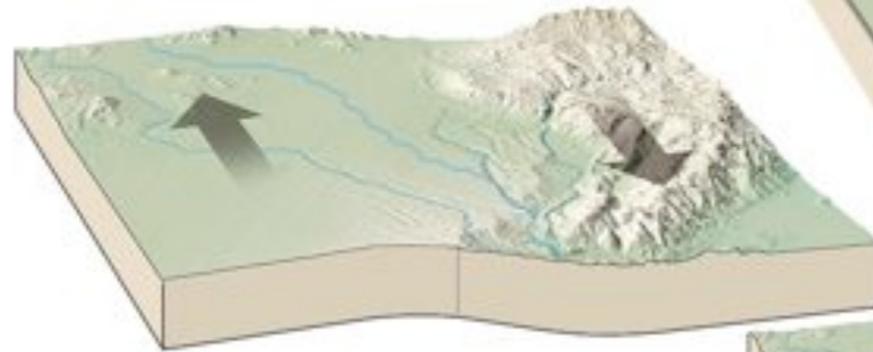
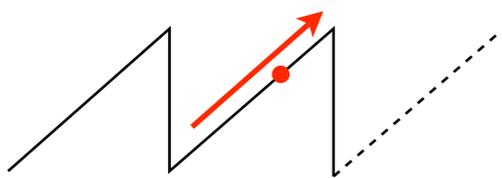
① Juste après le séisme précédent



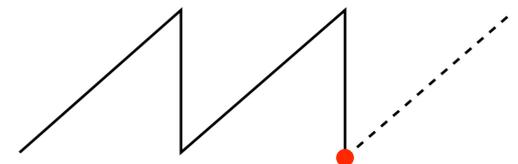
③ σ_c atteint la valeur critique :
c'est le séisme



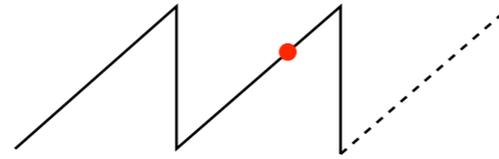
② σ_c augmente mais la faille reste
bloquée



④ Les contraintes sont relâchées,
un nouveau cycle commence...



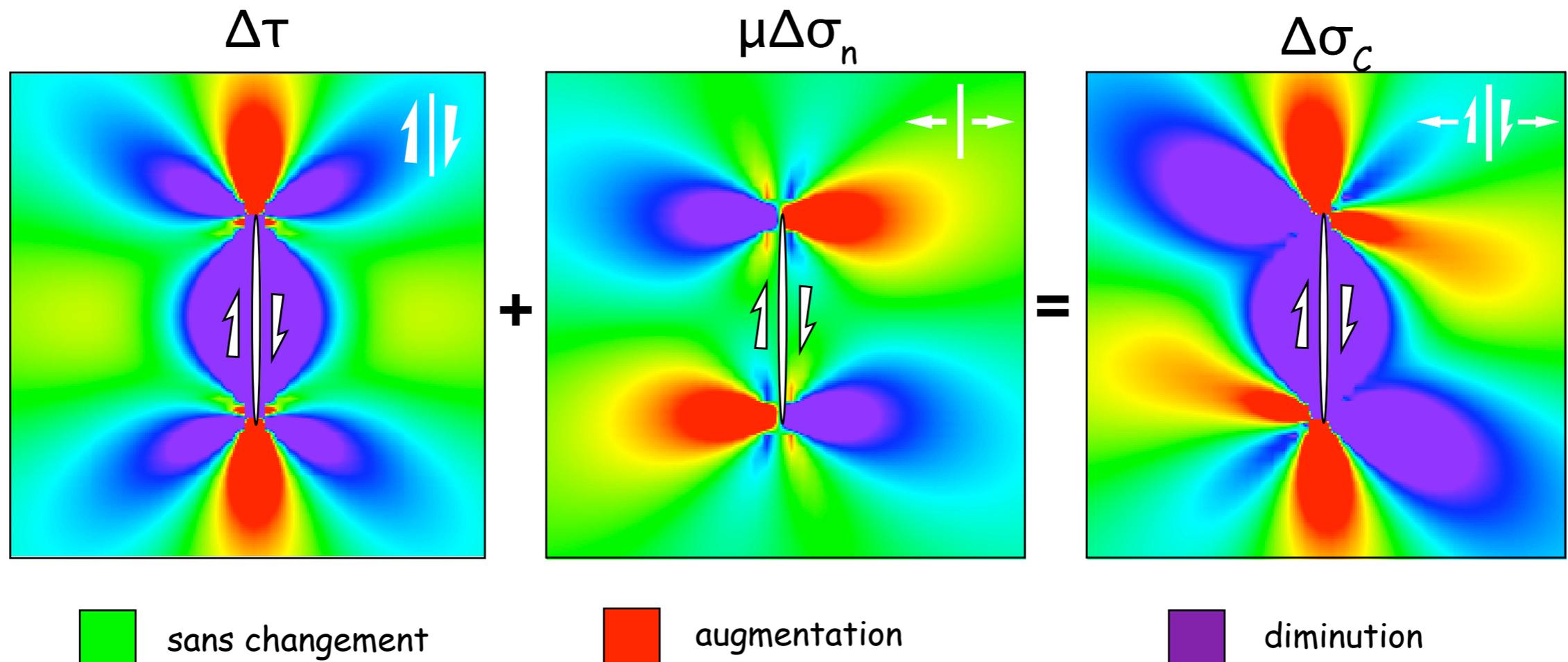
Il est très difficile de mesurer la contrainte de Coulomb et, donc, de savoir si une faille est proche de la rupture ou non.



Mais on peut calculer facilement les variations de σ_c engendrées par des séismes proches.

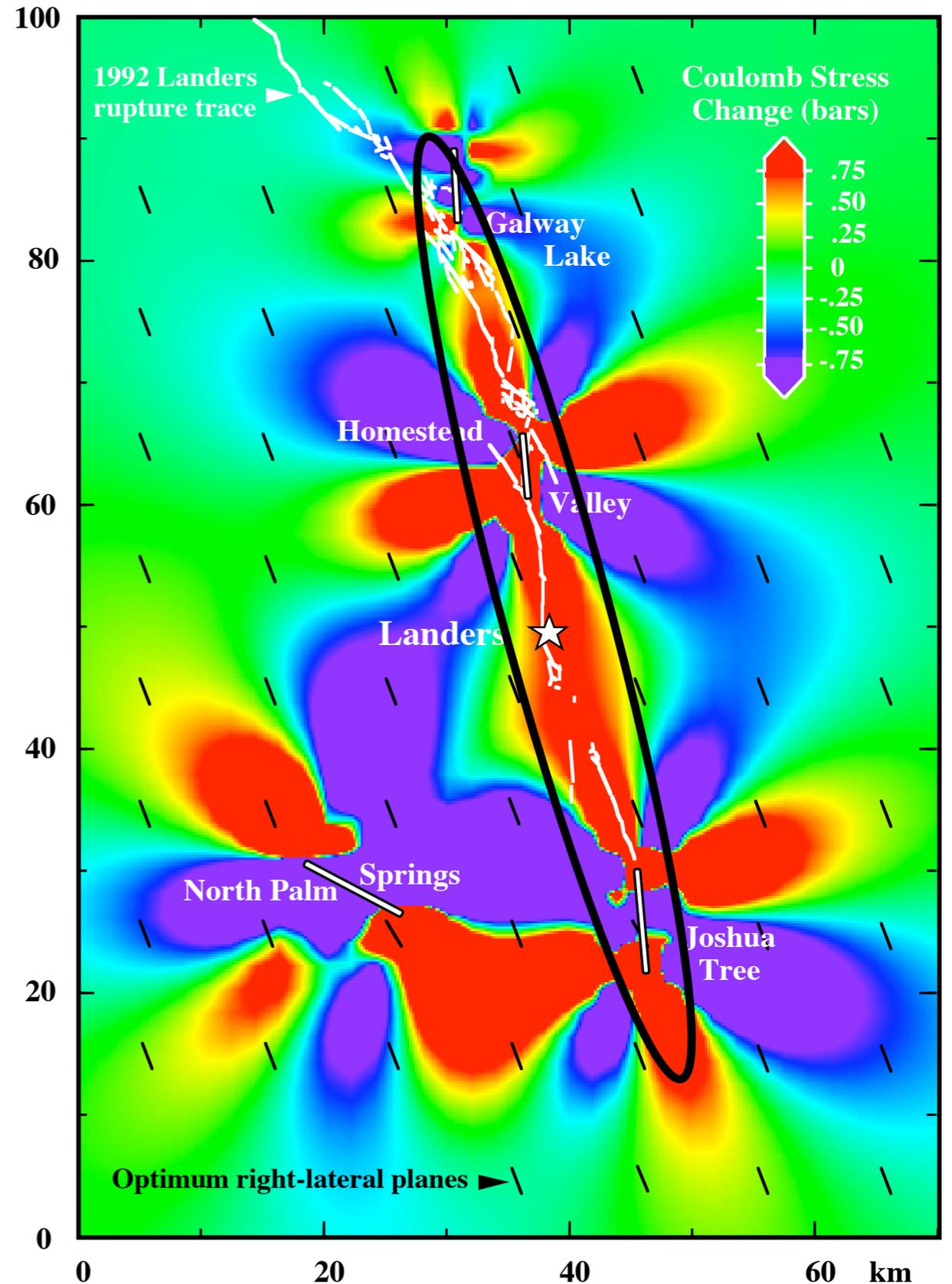
$$\Delta\sigma_c = \Delta\tau + \mu\Delta\sigma_n$$

Exemple d'un séisme sur une faille dextre :



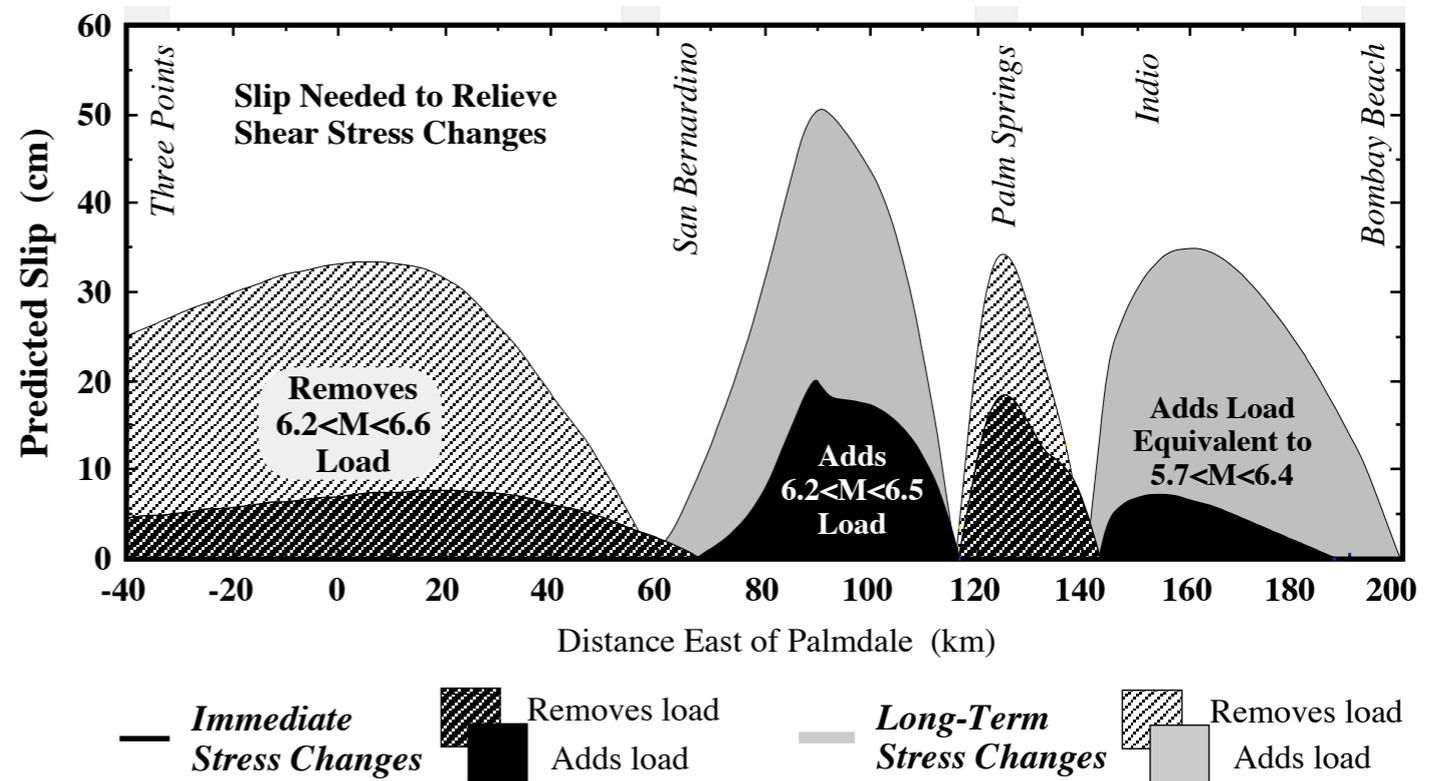
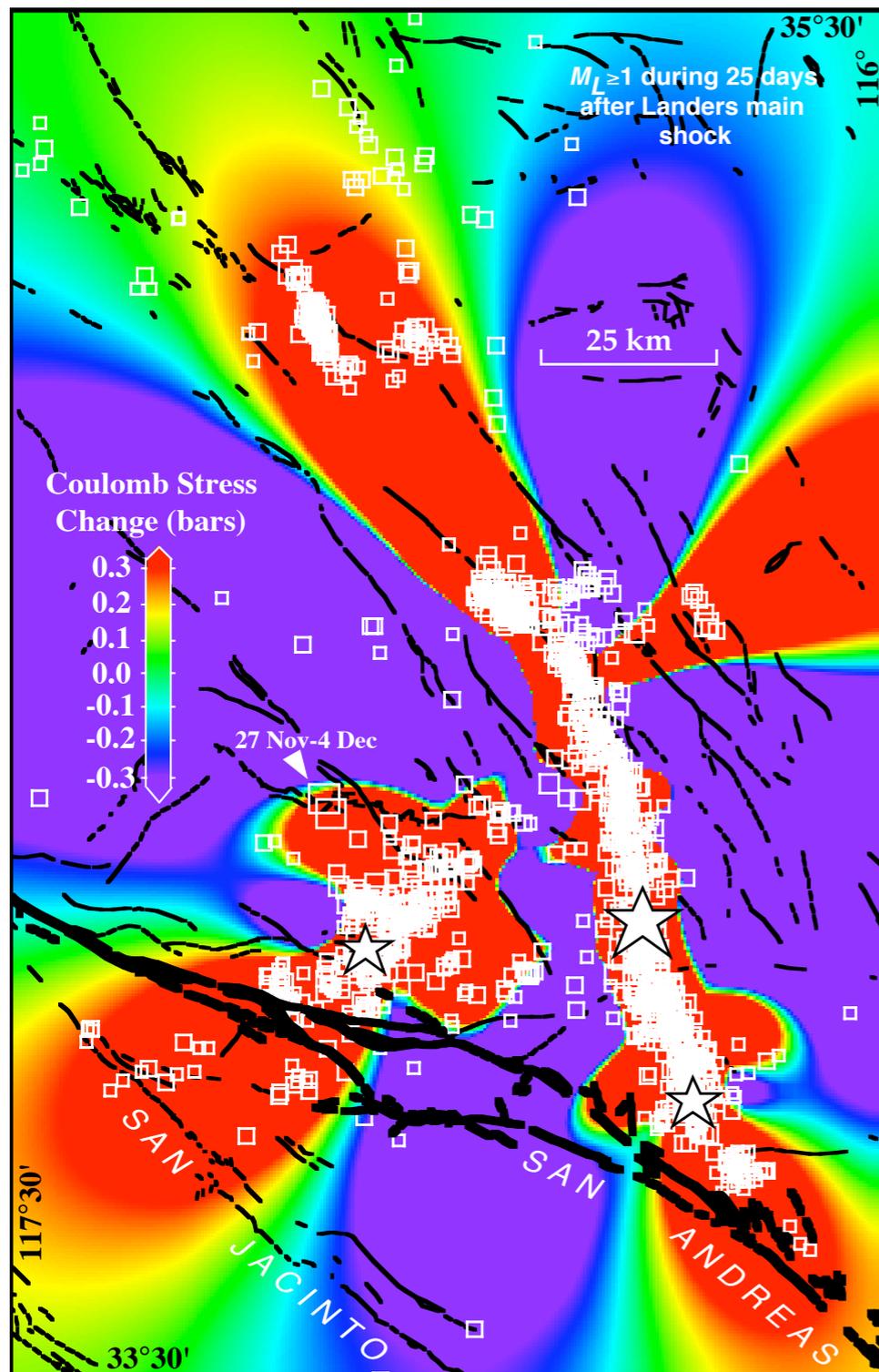
Exemple : le séisme de Landers (Californie, 1992, $M = 7.3$)

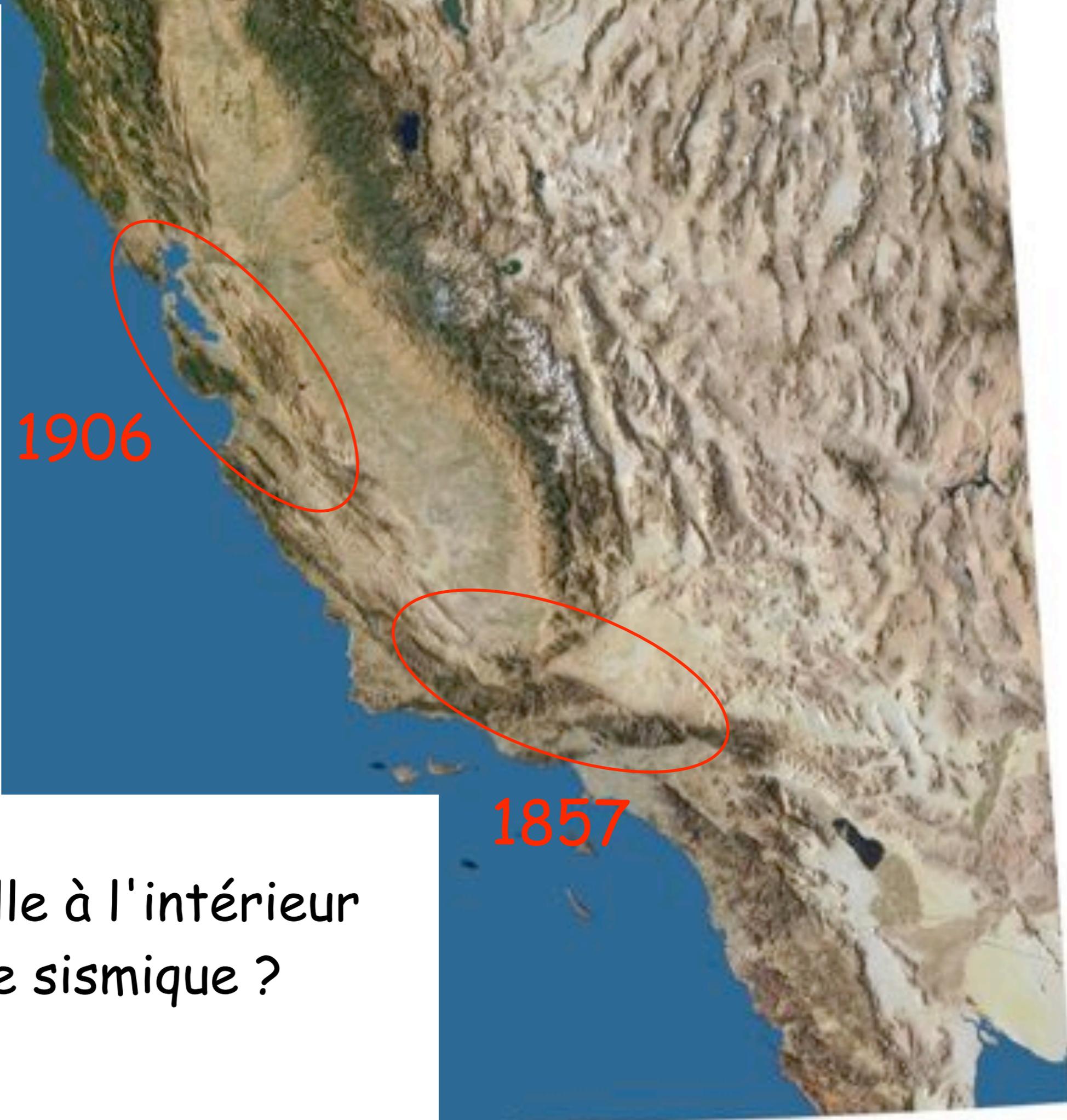
Les séismes de Galway Lake
(1975), Homestead Valley
(1979), North Palm Spring
(1986) et Joshua Tree
(1992) ont modifié σ_c dans la
région du futur séisme de
Landers.



Conséquences sur la faille de San Andreas

Les séismes de Joshua Tree, Landers et Big Bear ont augmenté σ_c sur certaines parties de la faille de SA et l'ont diminué sur d'autres





1906

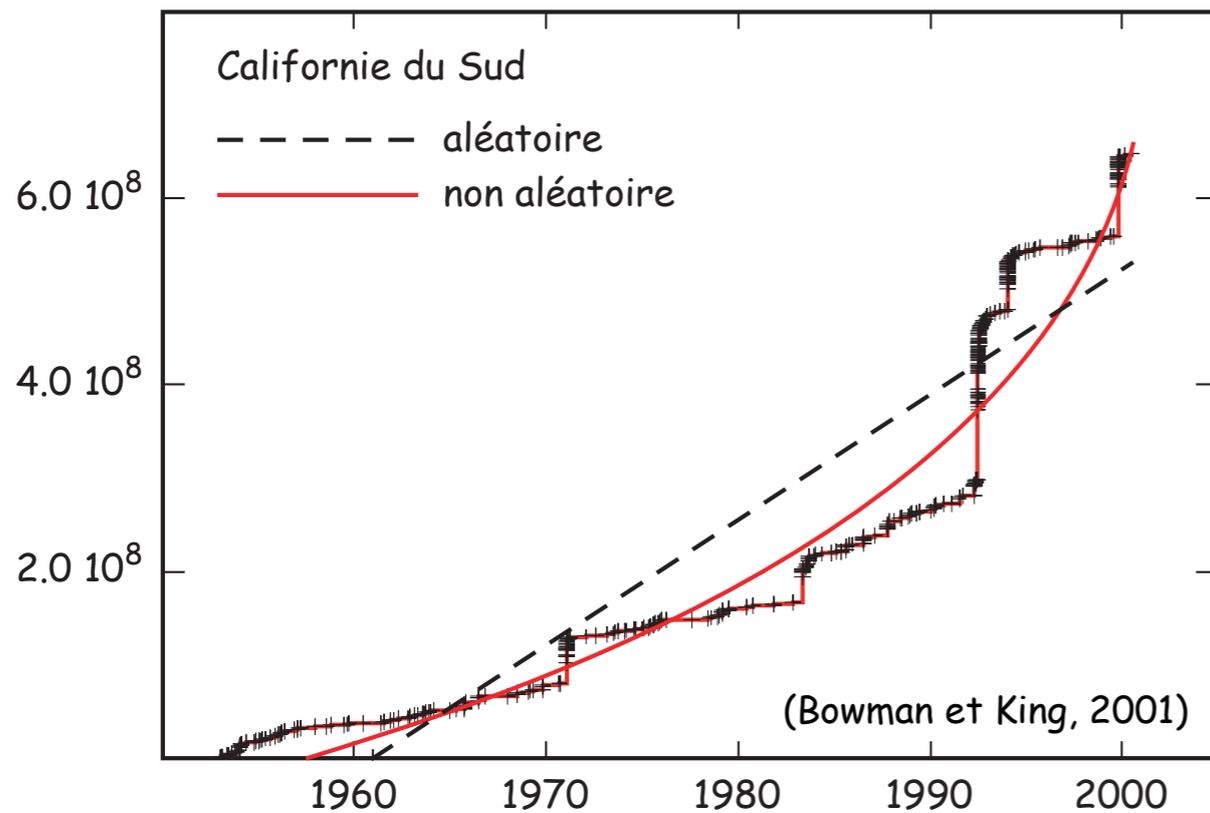
1857

Où est une faille à l'intérieur
de son cycle sismique ?

Comment varie la production d'énergie sismique avant un séisme ?

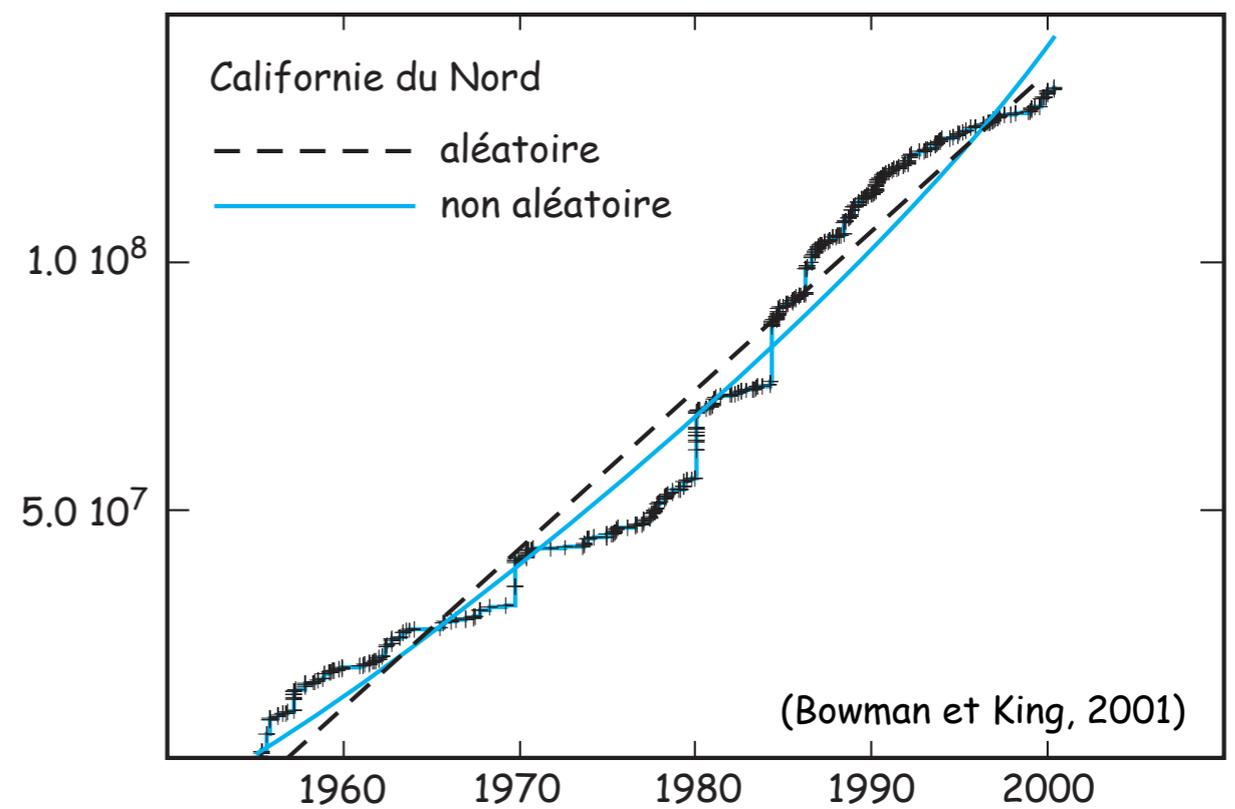
Accélération de la production d'énergie

Séisme proche ?



Pas d'accélération visible de la production d'énergie

Pas de séisme proche ?



Outil de prévision opérationnel ? Pas encore...

La production d'énergie sismique régionale
a accéléré avant le séisme
(mais on l'a mesurée après...)

