

Géomorphologie, paléosismologie et archéosismologie de la faille du Jourdain

ou

Comportement d'une faille transformante en domaine continental



Matthieu Ferry

Institut de Physique du Globe de Strasbourg

En collaboration avec:

Mustapha Meghraoui, IPGS

Najib Abou Karaki, Univ. de Jordanie, Amman

Masdouq Al-Taj, Univ. Hachémite, Zarqa

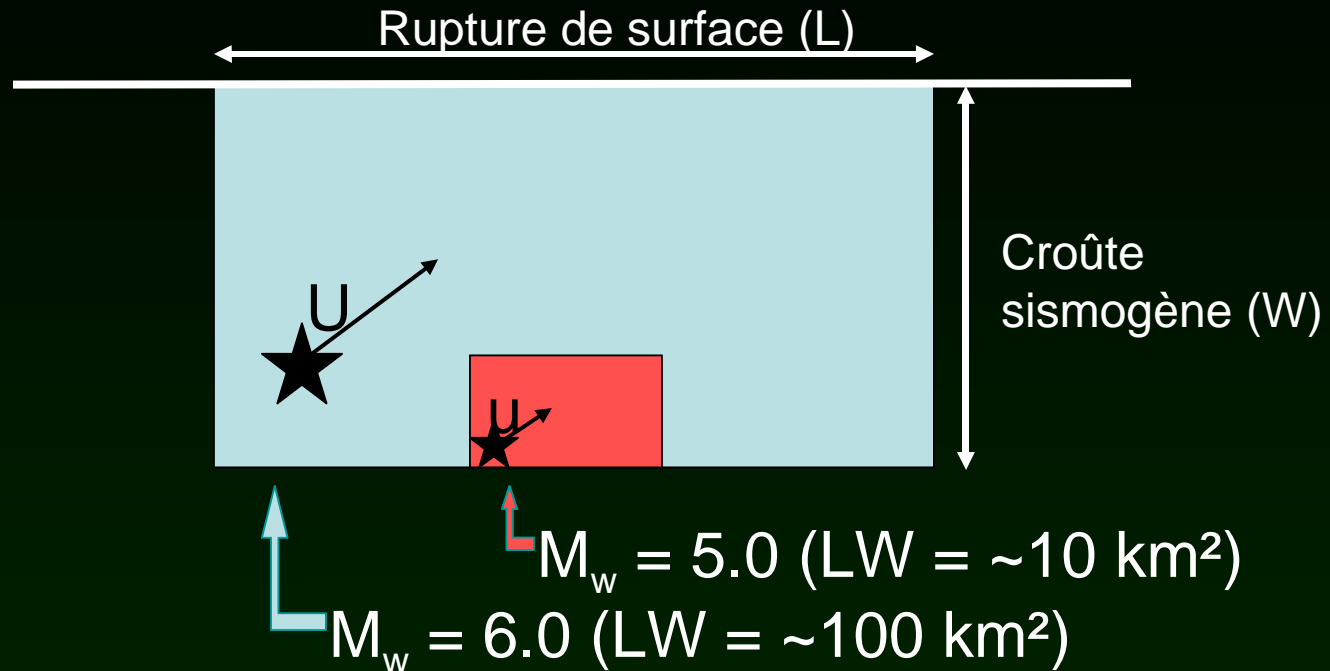
Majdi Barjous, Natural Resources Authority, Amman

Marie-Josée Nadeau et Pieter Grootes, Univ. Christian-Albrecht, Kiel



Séminaires de l'IPG Strasbourg, le 26 octobre 2006

Paramètres de faille



Moment sismique:

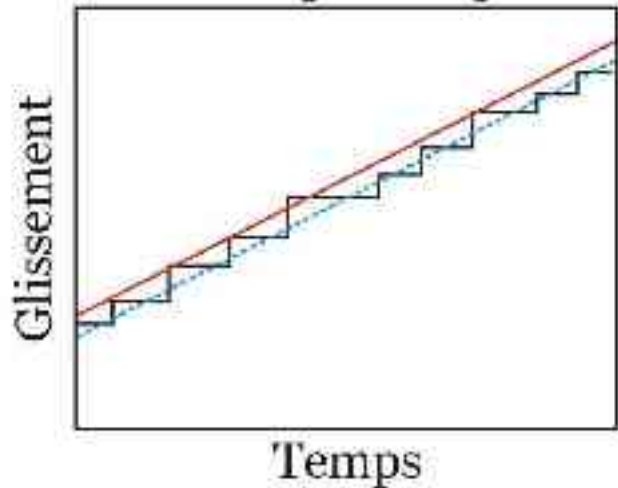
$$M_o = \mu LWU$$

Magnitude de Moment:

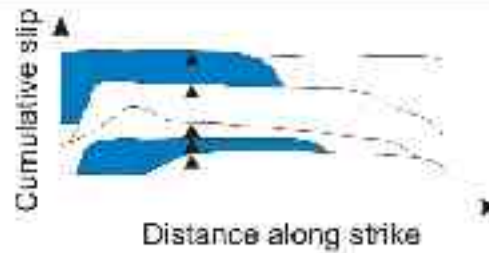
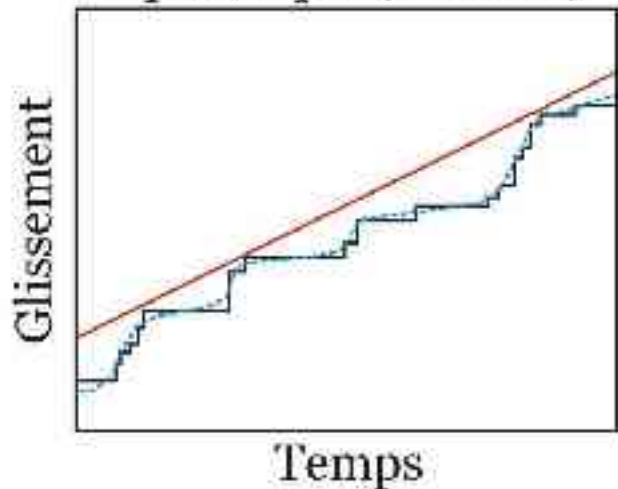
$$M_w = 2/3 \log M_o - 10.73$$

Modèles de comportement

Quasi-périodique

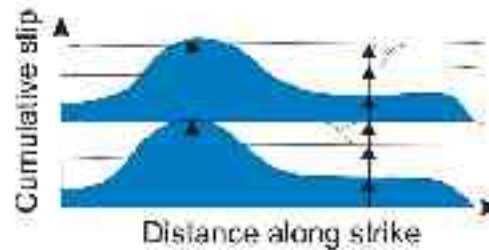


Episodique (Wallace)



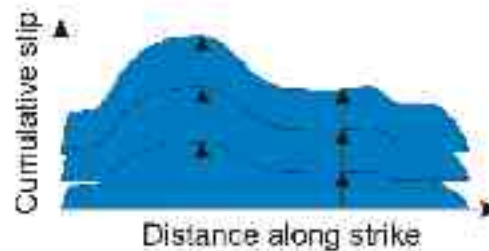
Variable-slip model

- variable slip per event at a point
- constant slip-rate along strike
- variable earthquake size



Uniform-slip model

- constant slip per event at a point
- constant slip-rate along strike
- constant size of large earthquakes
- frequent moderate earthquakes



Characteristic earthquake model

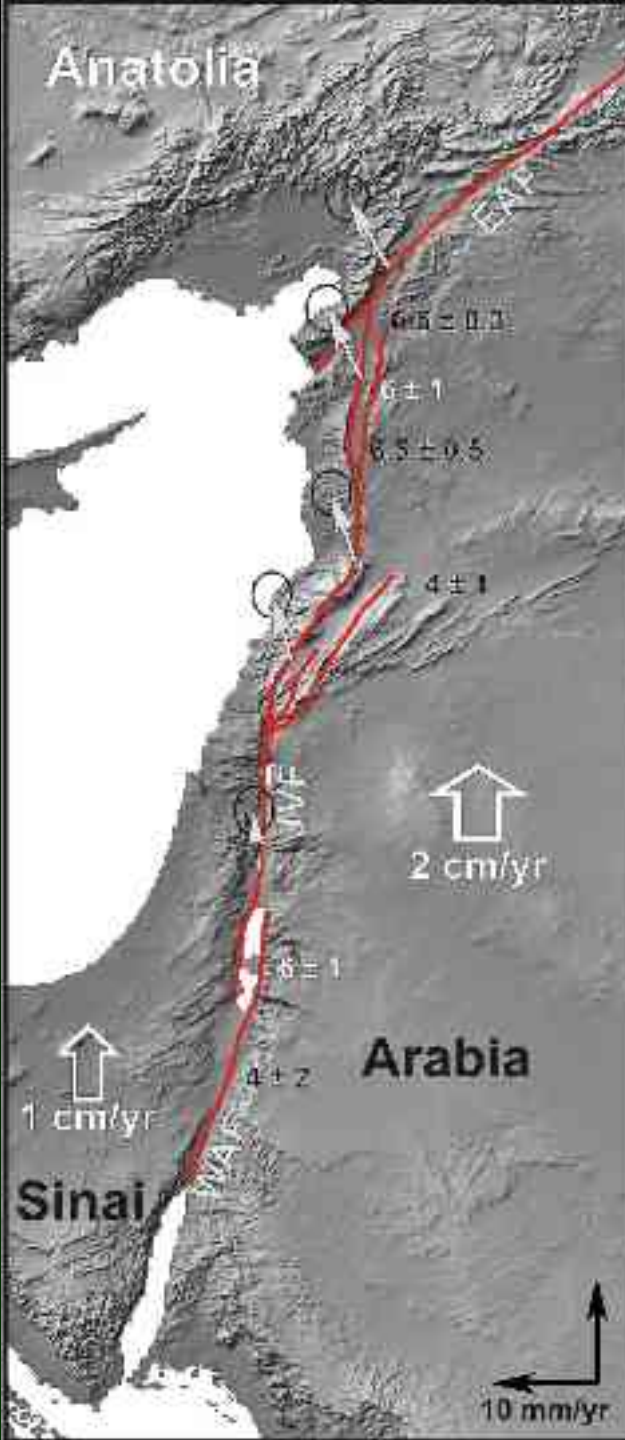
- constant slip per event at a point
- variable slip-rate along strike
- constant size of large earthquakes
- infrequent moderate earthquakes



Patch model

- slip between stepovers is uniform
- slip tapers to zero
- each patch has a characteristic slip function

La faille du Levant



- Faille transformante
- ~ 1000 km de longueur
- 2 - 10 mm/an, sénestre
- Déformation très localisée

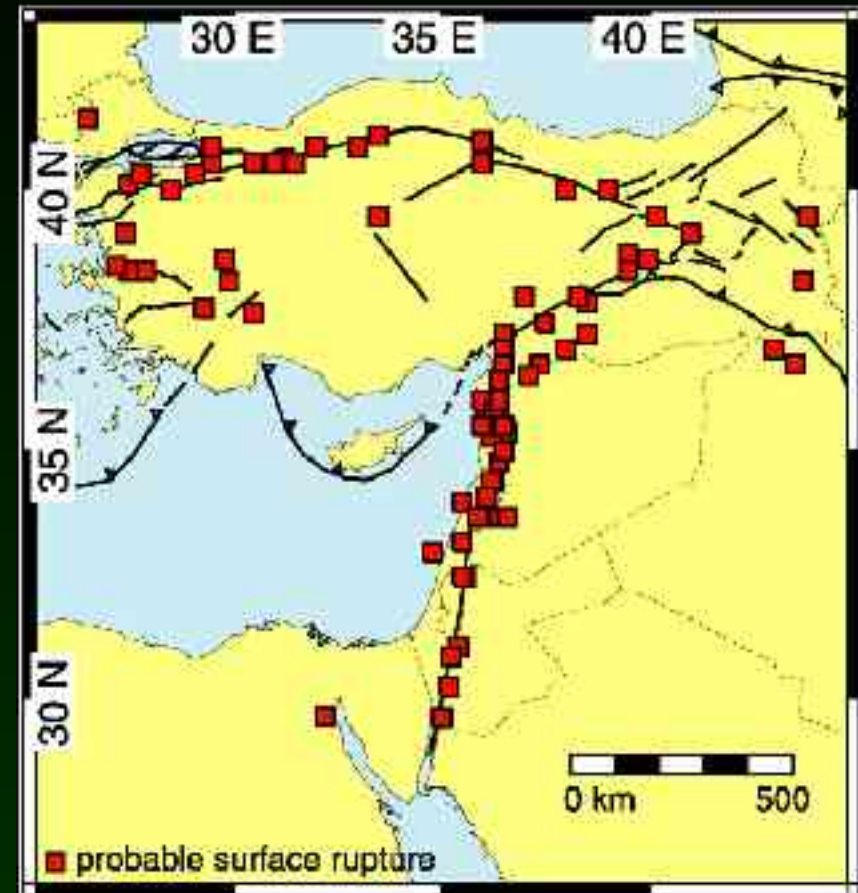
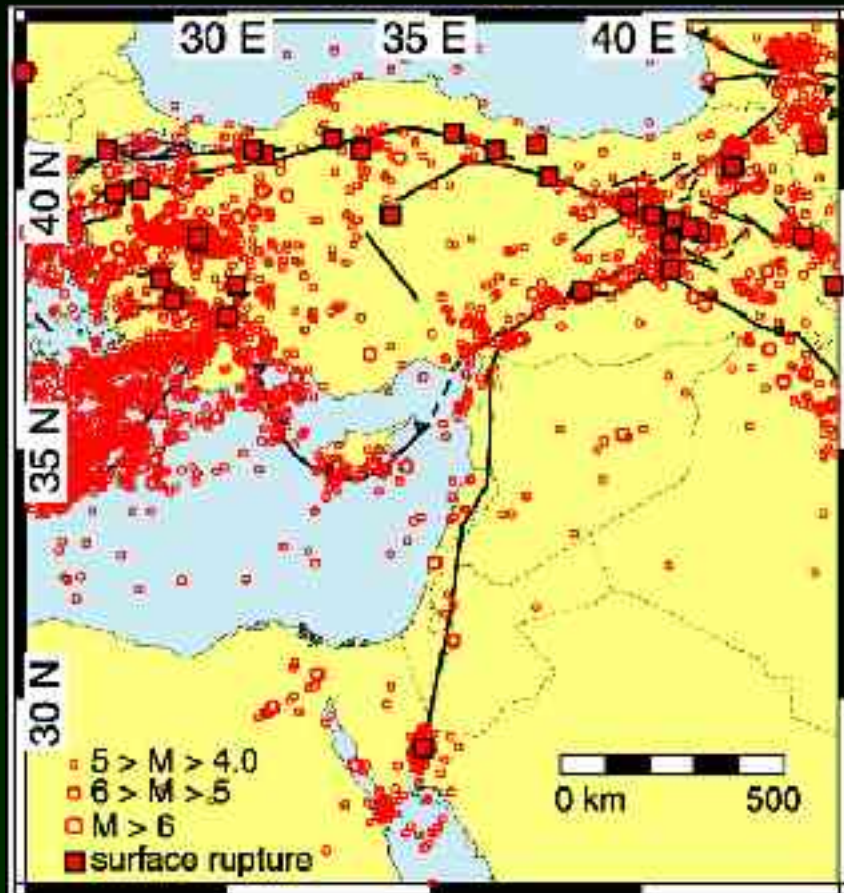
Ruptures historiques

Sismicité instrumentale:

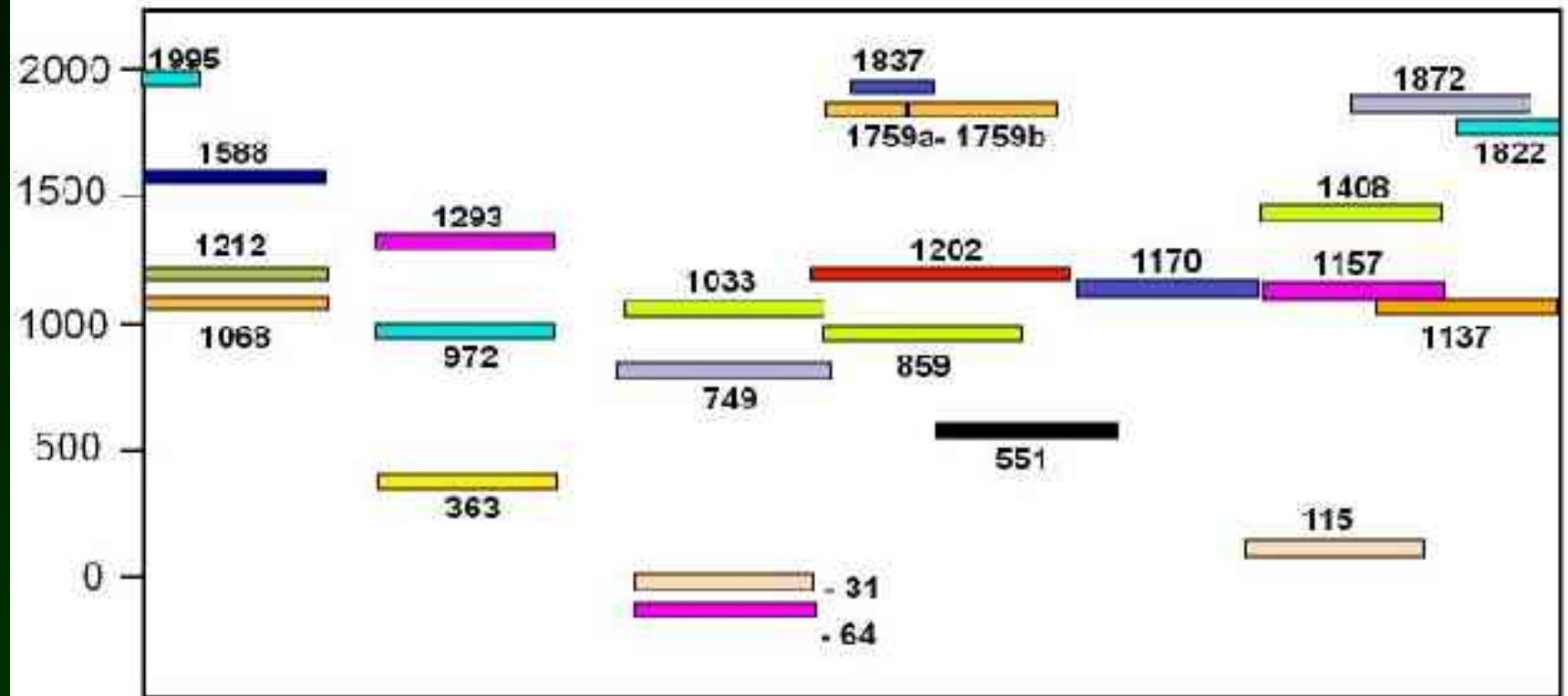
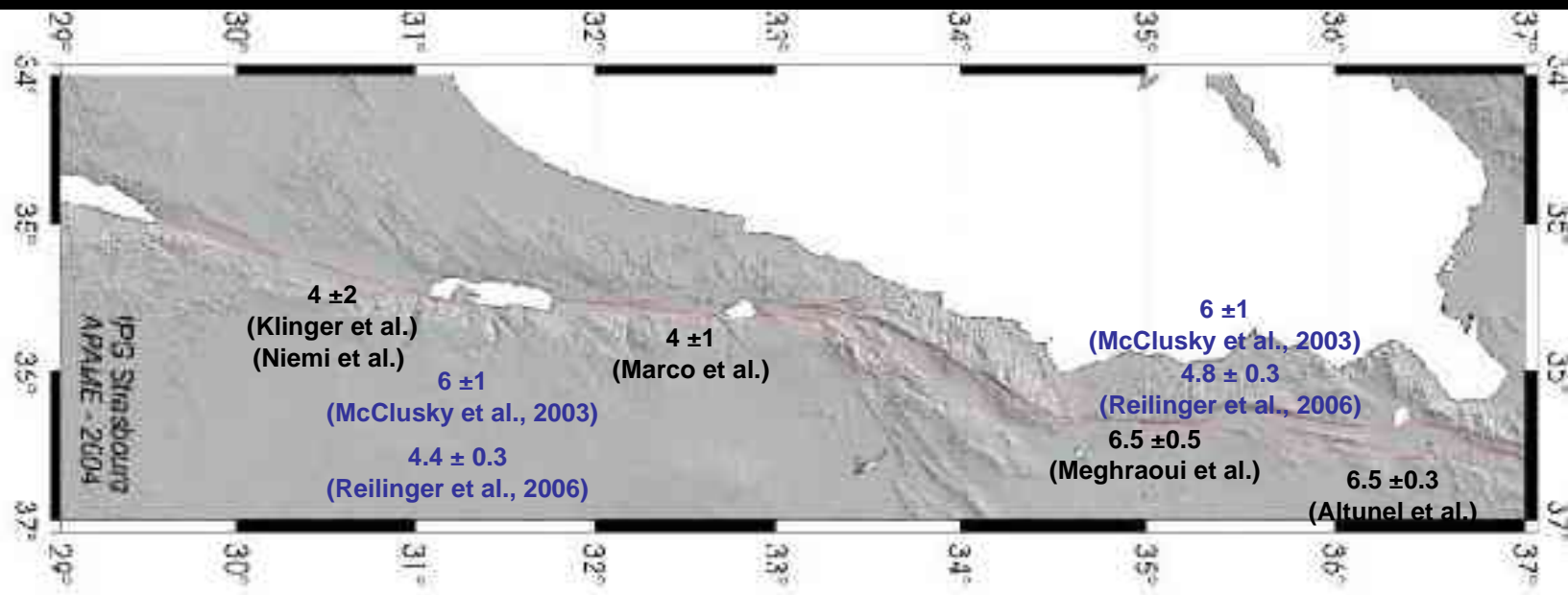
Données ISC 1963 – 1997

Ruptures de surface (1895 – 1997)

Ruptures de surface probables (1 AD – 1895 A



Sismicité historique d'après Ambraseys & Jackson (1998), et Sbeinati et al. (2006)



Des enjeux de société

Villes et populations

Activité économique (principale région agricole de Jordanie)

Stabilité politique (contrôle des frontières, ressources en eau...)

Patrimoine culturel (plus de 50 sites archéologiques)

Un futur séisme dans la vallée du Jourdain

Où?

Cartographie de la faille du Jourdain

De quelle taille?

Identification des ruptures de surface

Mesure de déplacements co-sismiques

A quelle fréquence?

Calcul de l'intervalle de récurrence moyen

Quand?

Identification des derniers événements

Calcul de la vitesse de glissement

Calcul du déficit de glissement

Entre Mer Morte et Mer de Galilée

- 5 sites de géomorphologie ■
- 2 sites de tranchées ■
- 3 sites archéologiques ■



Morphologie générale

Jourdain

Faille



Terrasse lacustre

Incisions



Origine climatique des incisions

1. Baisse de niveau du lac
sous le celui de la
terrasse
2. Période de fortes
précipitations

Age des incisions



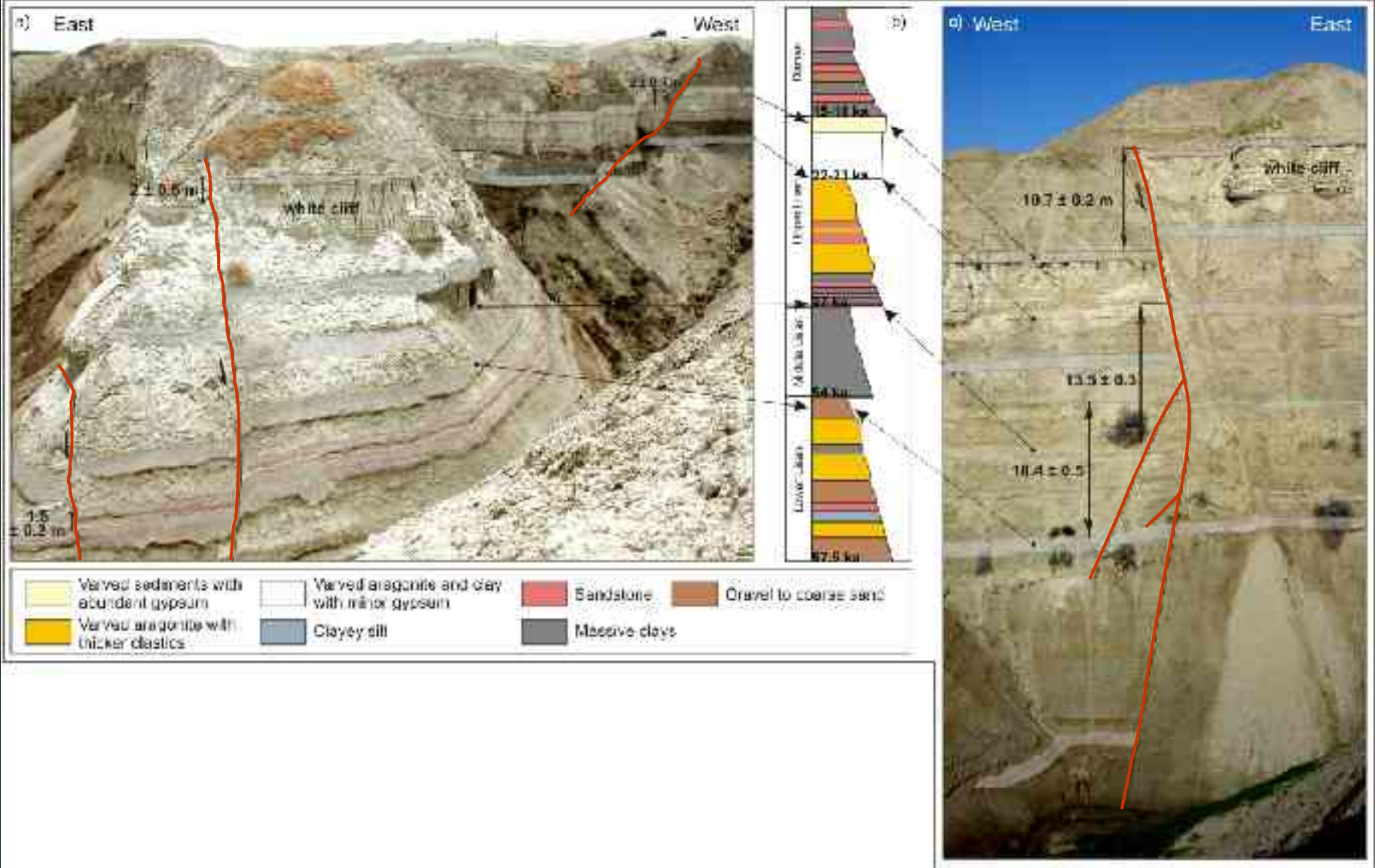
Age (cal. ka BP)

Six générations d'incisions à:

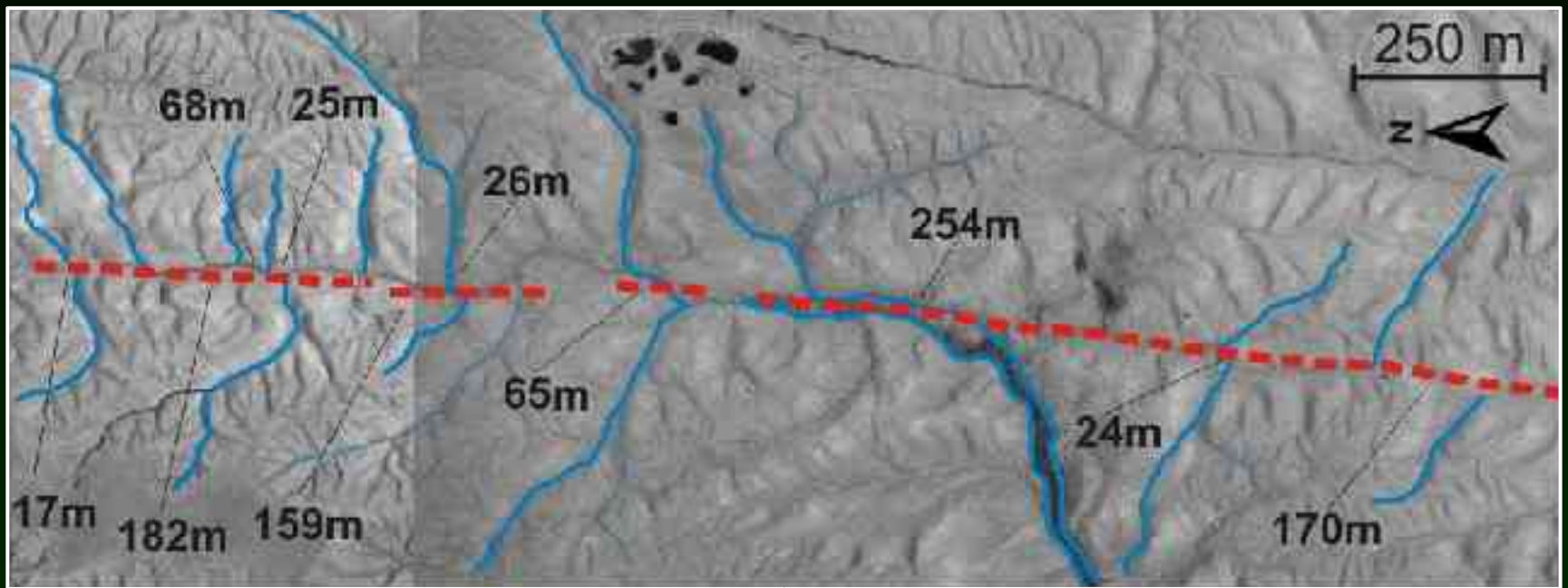
47.5 ka BP, 37.5 ka BP, 13 ka BP, 9 ka BP, 7 ka BP et 5 ka BP

Faille à Ghor Katar



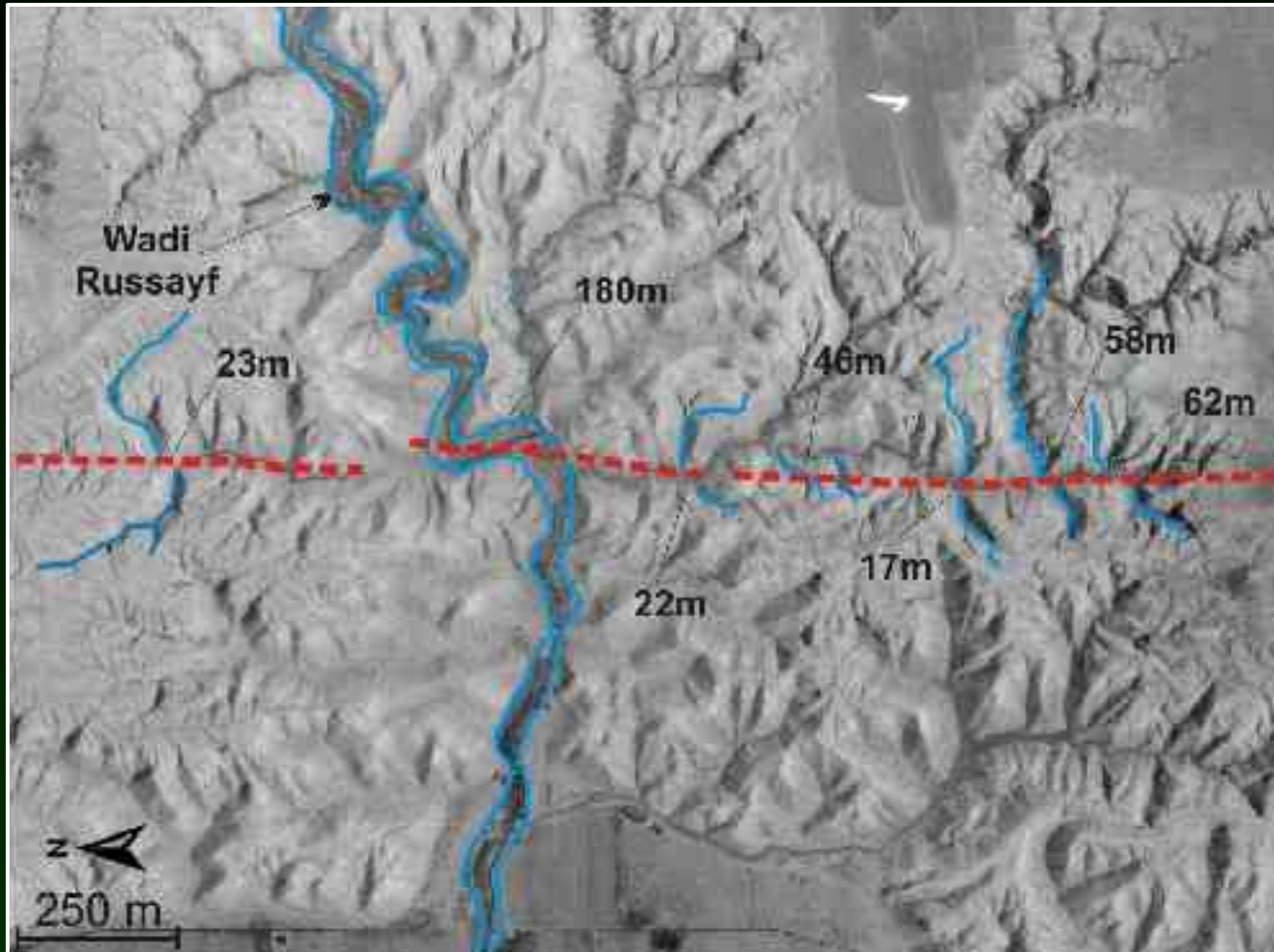


K'tar Al-Munkataates



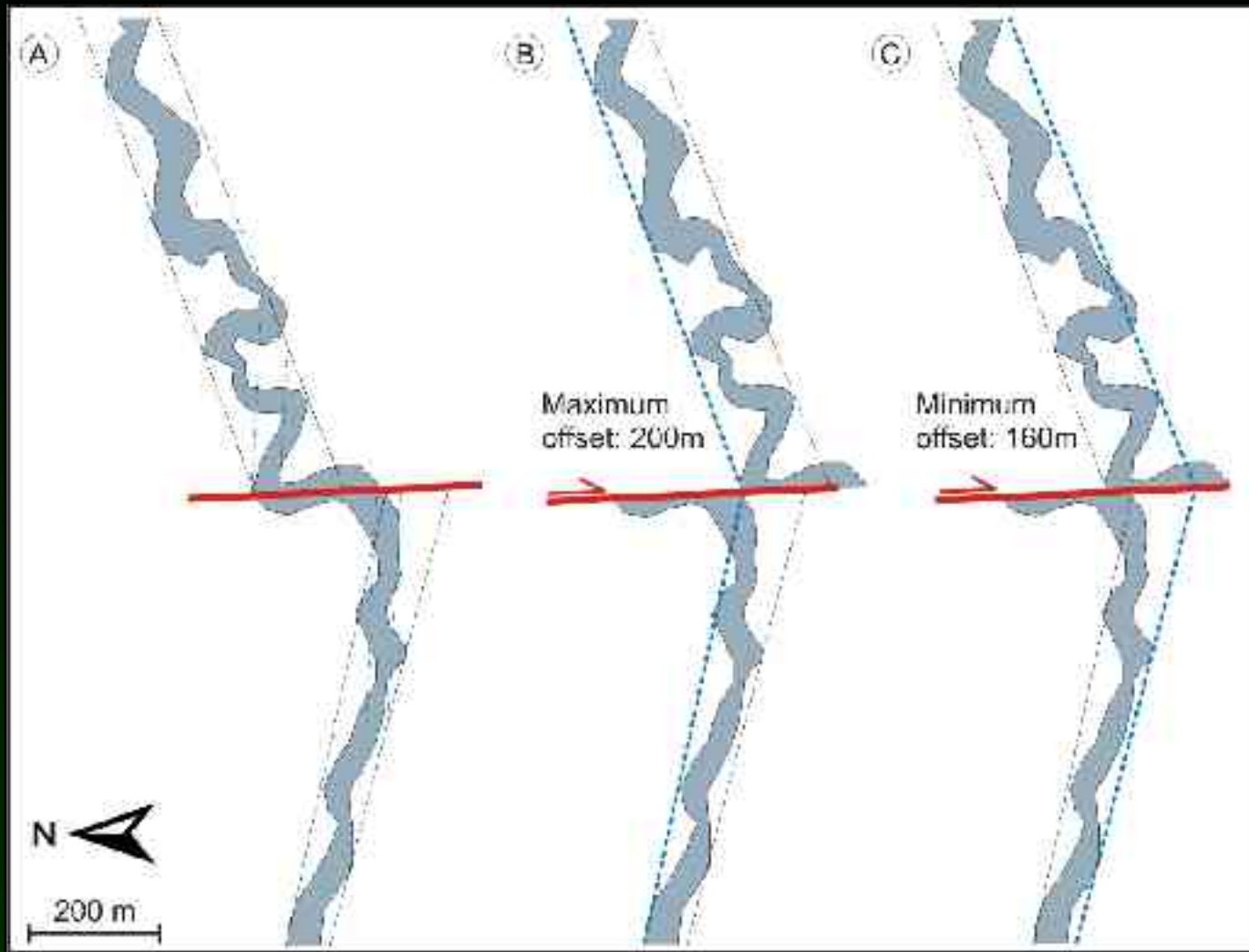
toit de la terrasse à -295m

Ghor Katar



toit de la terrasse à -295m

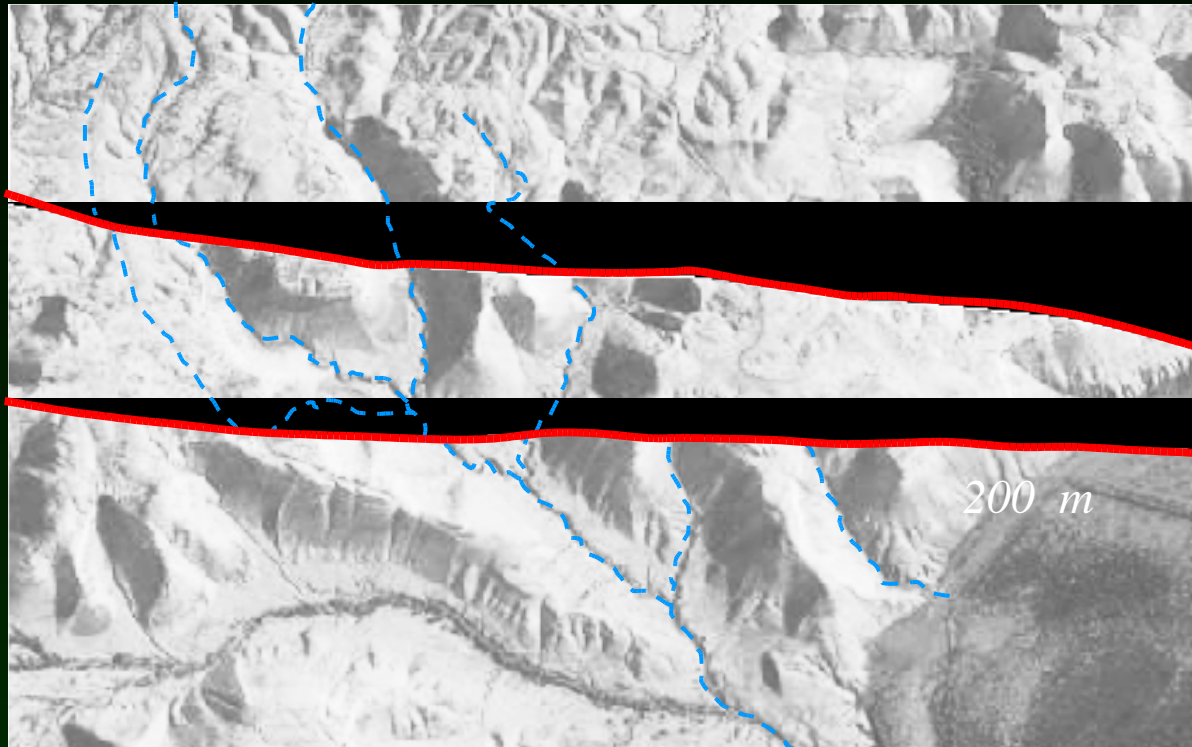
Rétrodéformation du Wadi Russayf



Déplacement cumulé compris entre 160 m et 200 m.

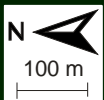
Ghor Al-Mendessa

toit de la terrasse à -320m

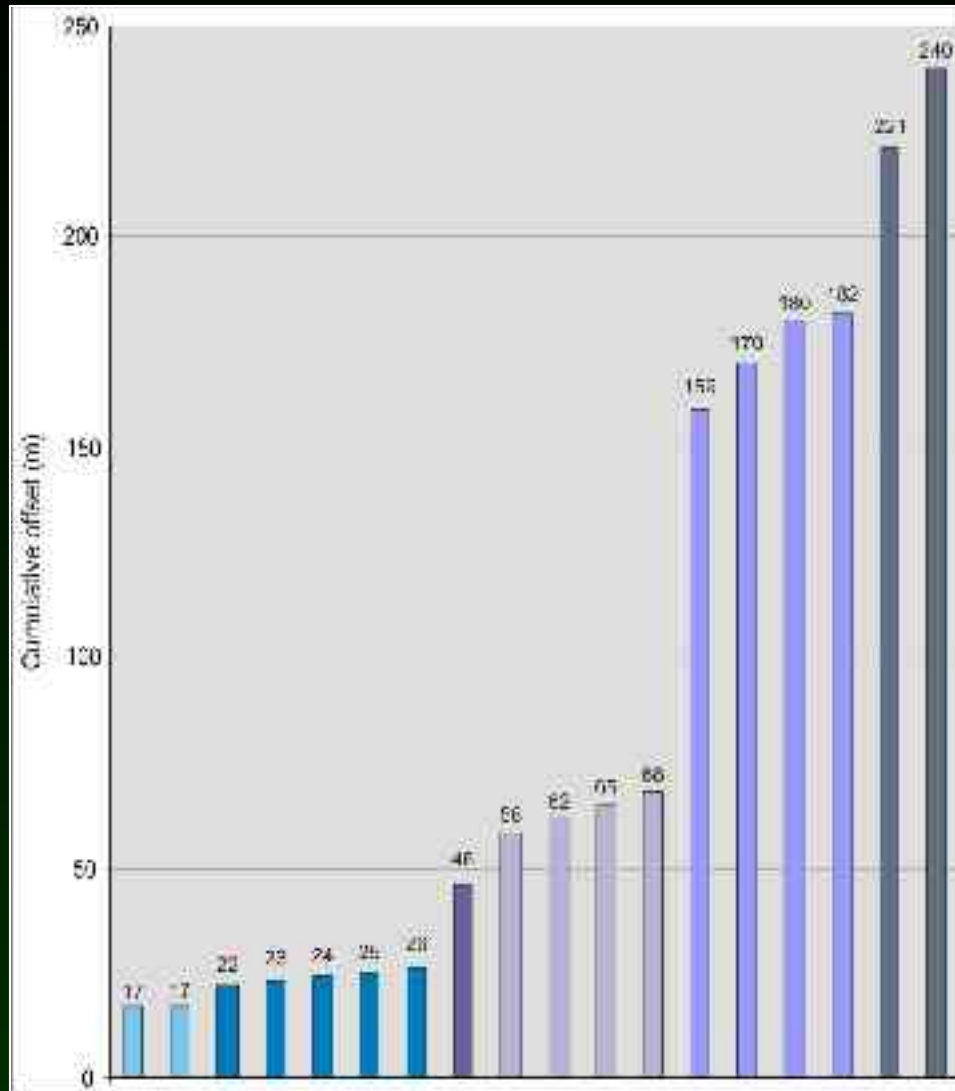


21 m

200 m



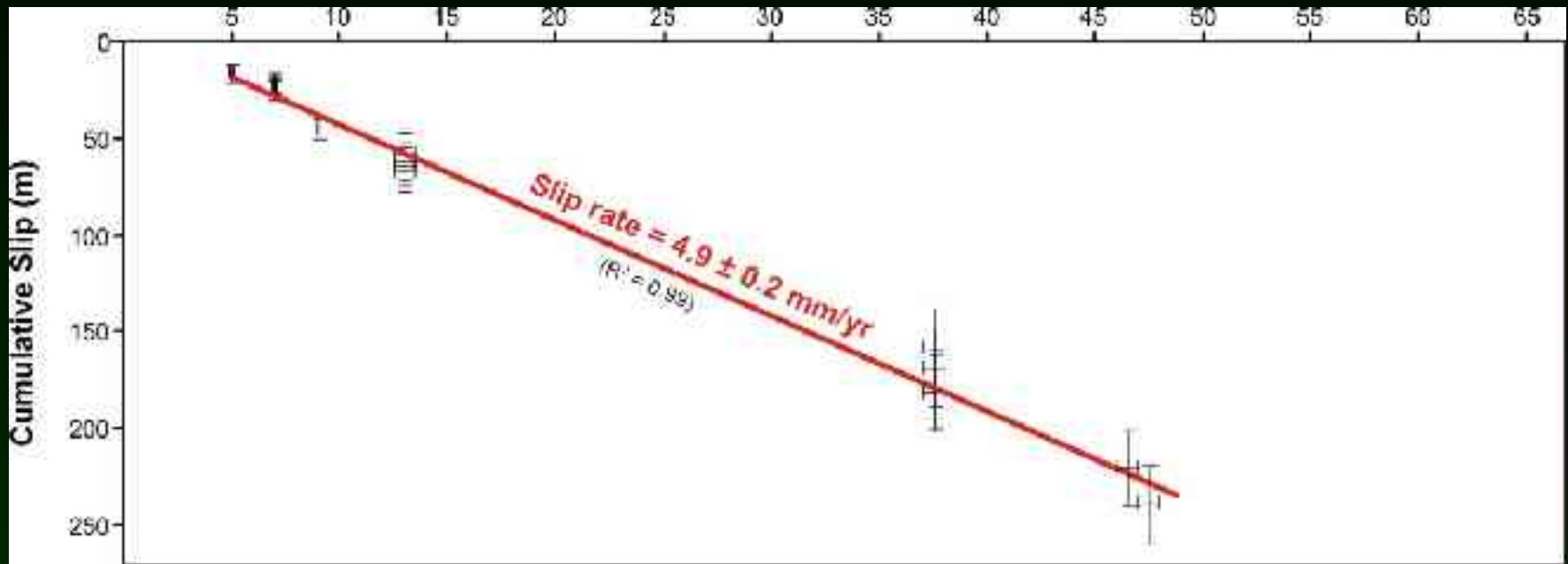
Déplacements cumulés



Six classes de déplacements Six générations d'incisions

Vitesse moyenne à long terme

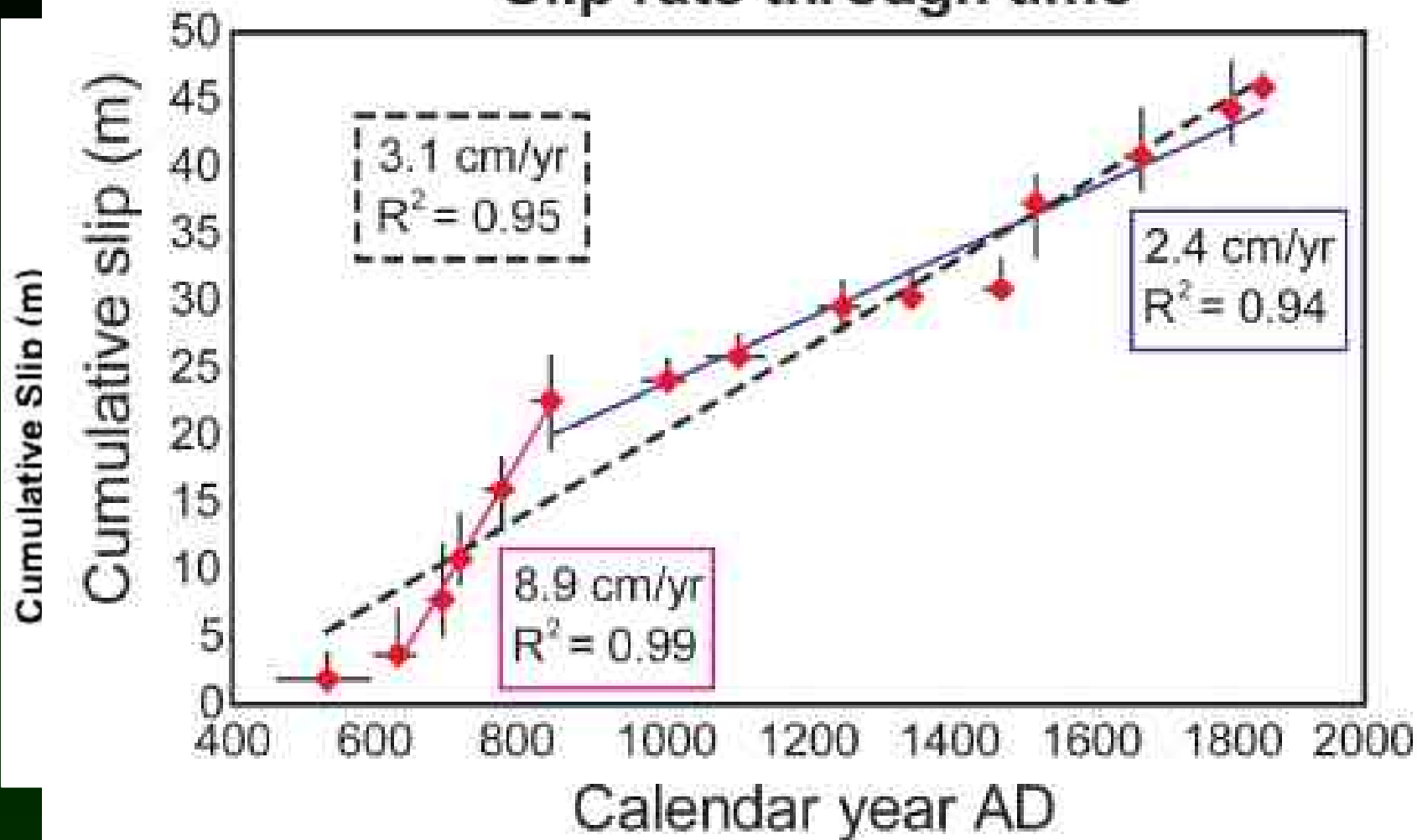
- Les valeurs de déplacement s'articulent en 6 classes distinctes
- Le déplacement cumulé augmente avec la profondeur de l'incision (i.e. avec son âge)



4.7 – 5.1 mm/an depuis 47500 ans BP

Vitesse variable

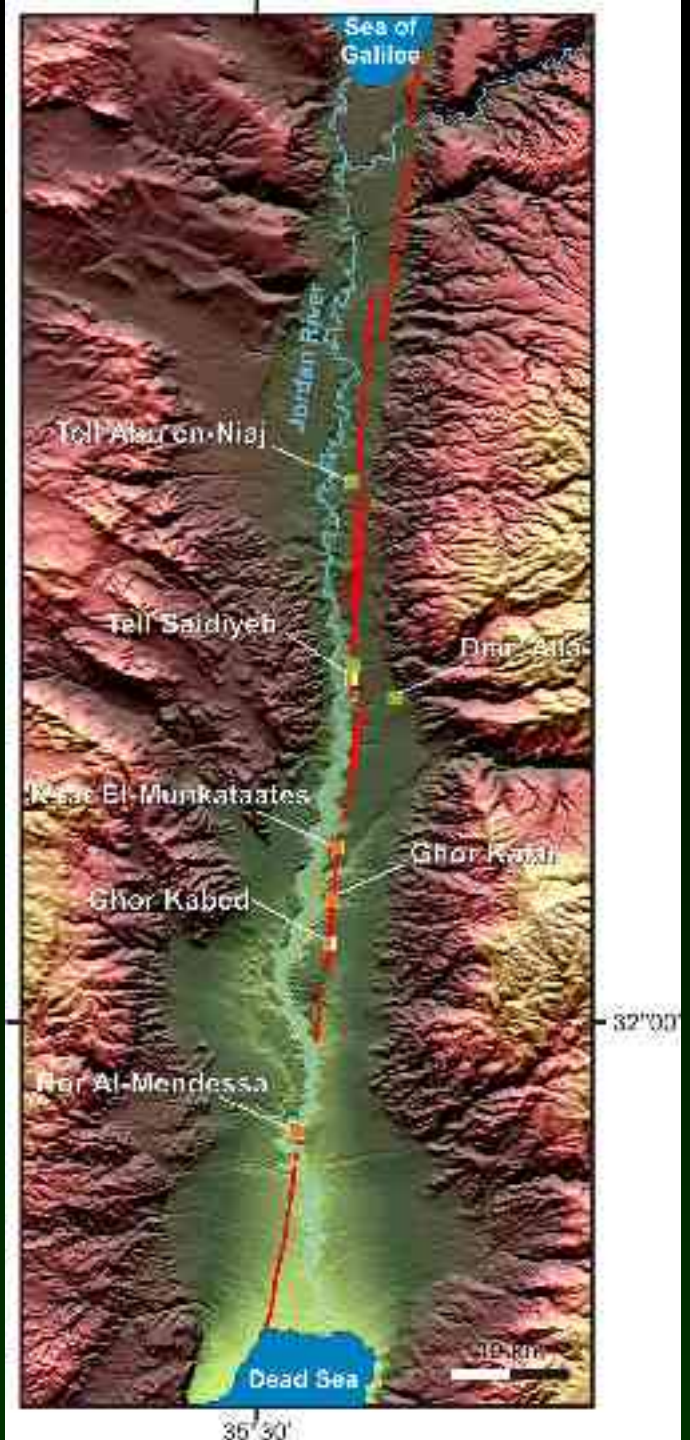
Slip rate through time



rép.

Paléosismicité

Ghor Kabed
Tell Saidiyeh



Ghor Kabed

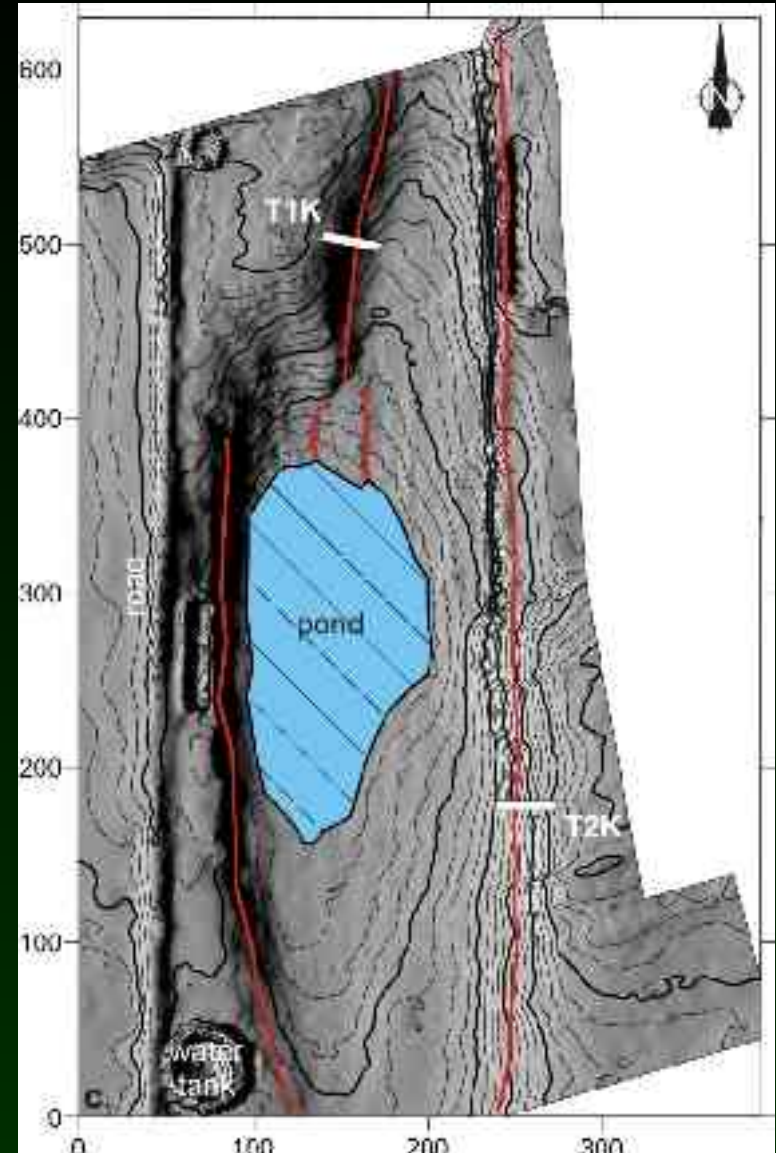


Vue du bassin en pull-apart depuis le sud

Morphologie de Ghor Kabed

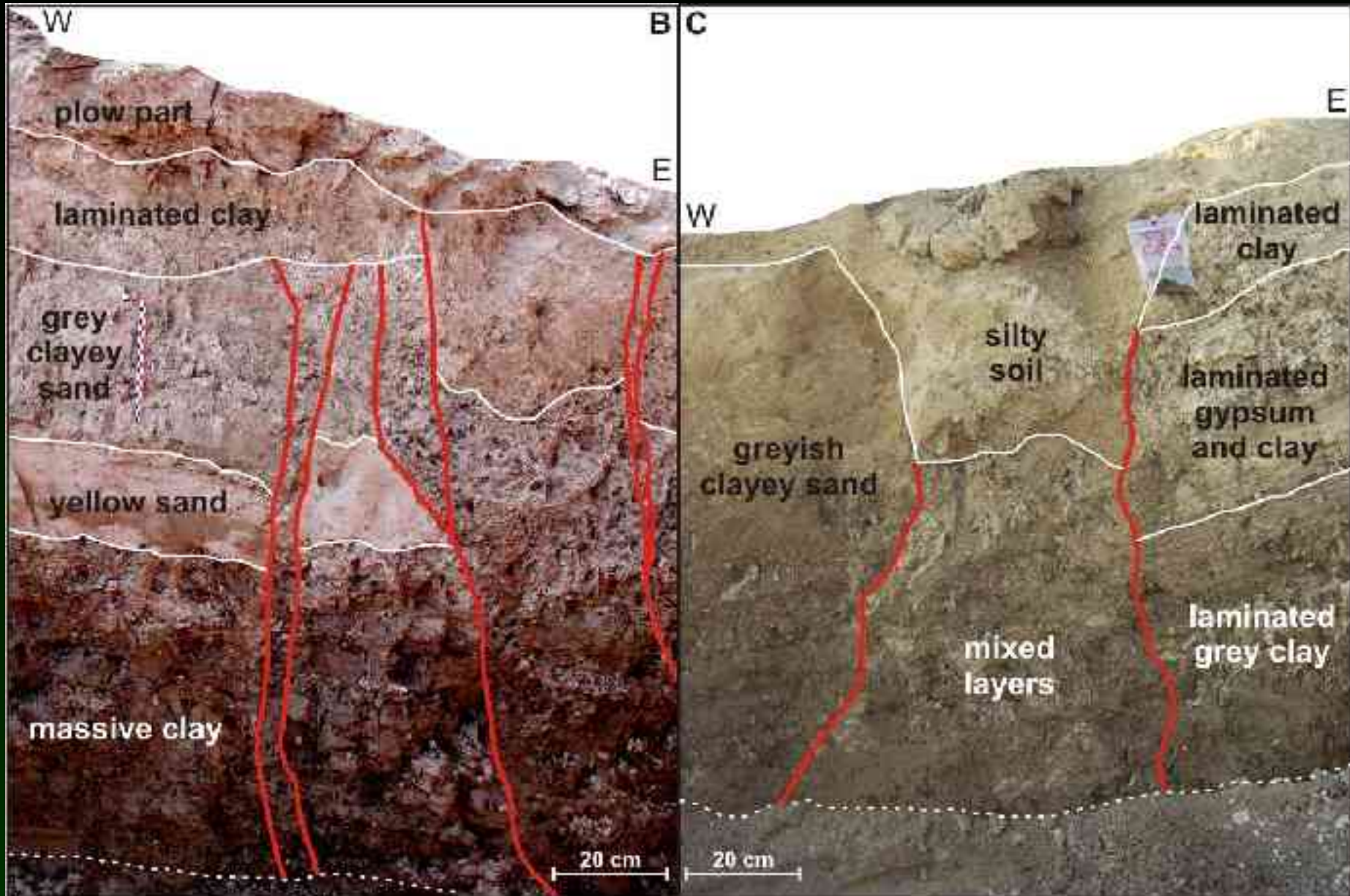


Photo aérienne au

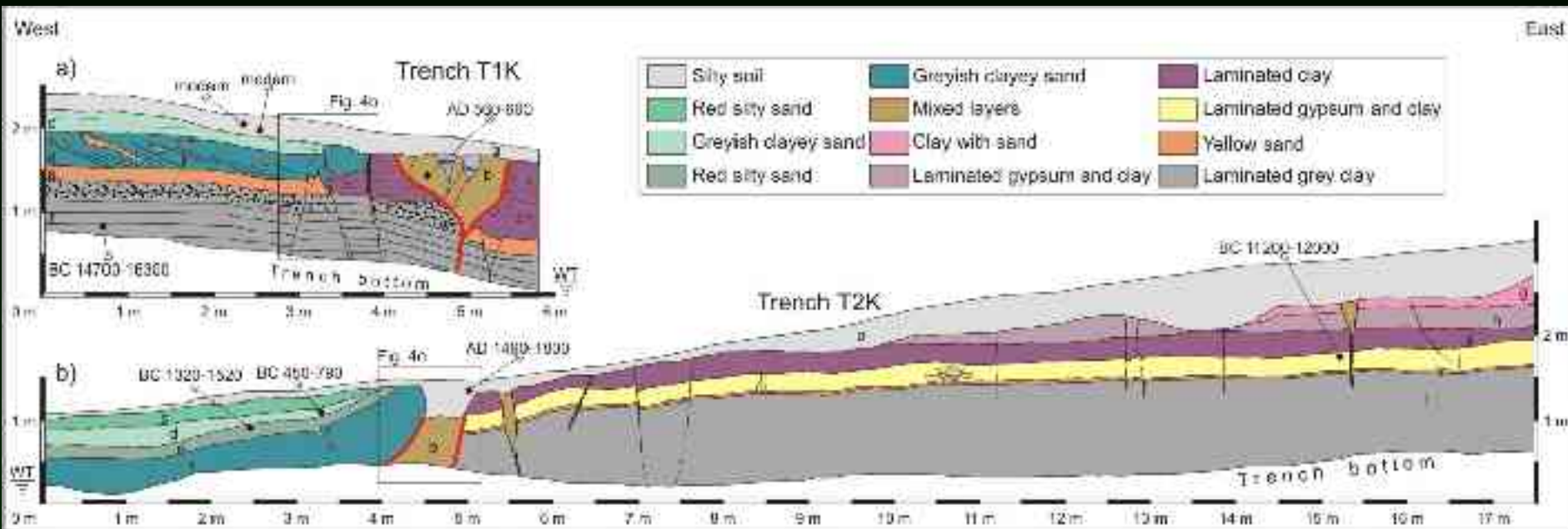


Microtopographie de détail

Zones de faille



Tranchées, Ghor Kabed

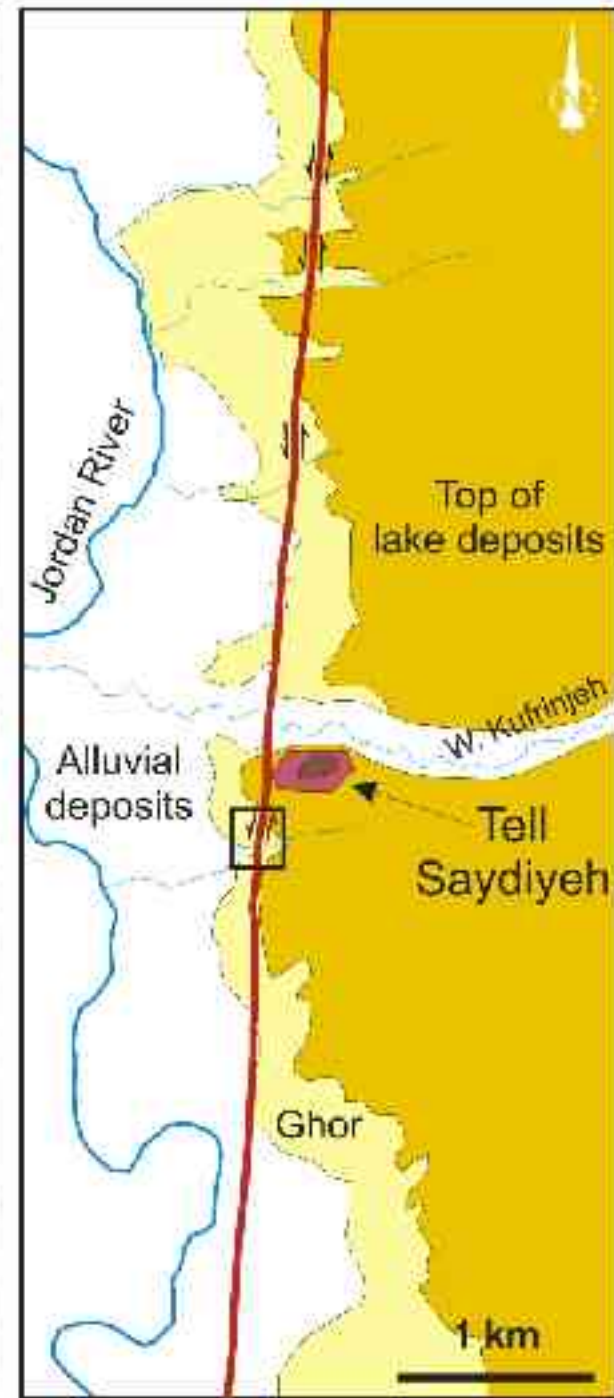


Deux séismes depuis 560 – 660 AD

Tell Saidiyeh



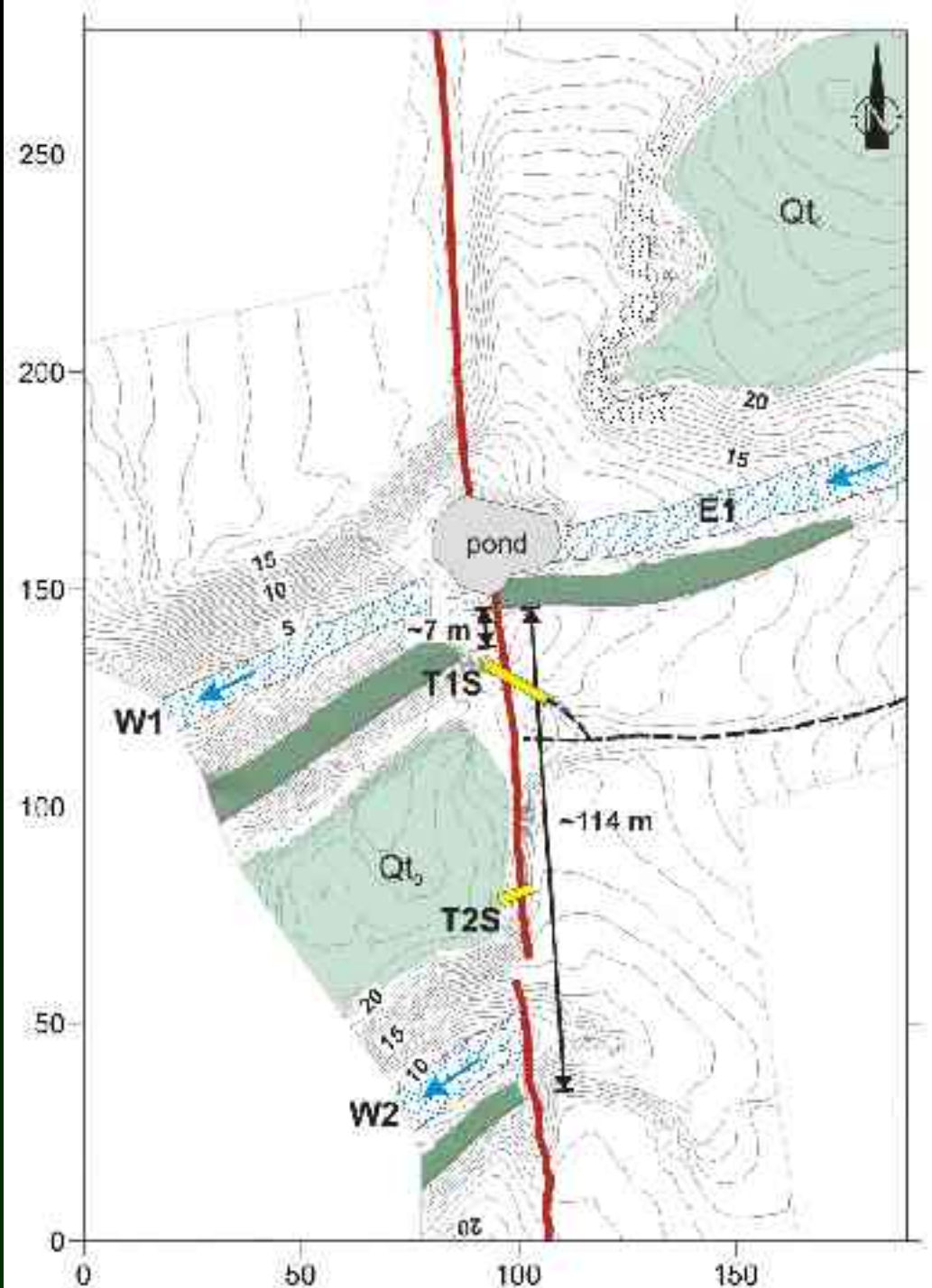
Tell Saidiyeh depuis l'espace

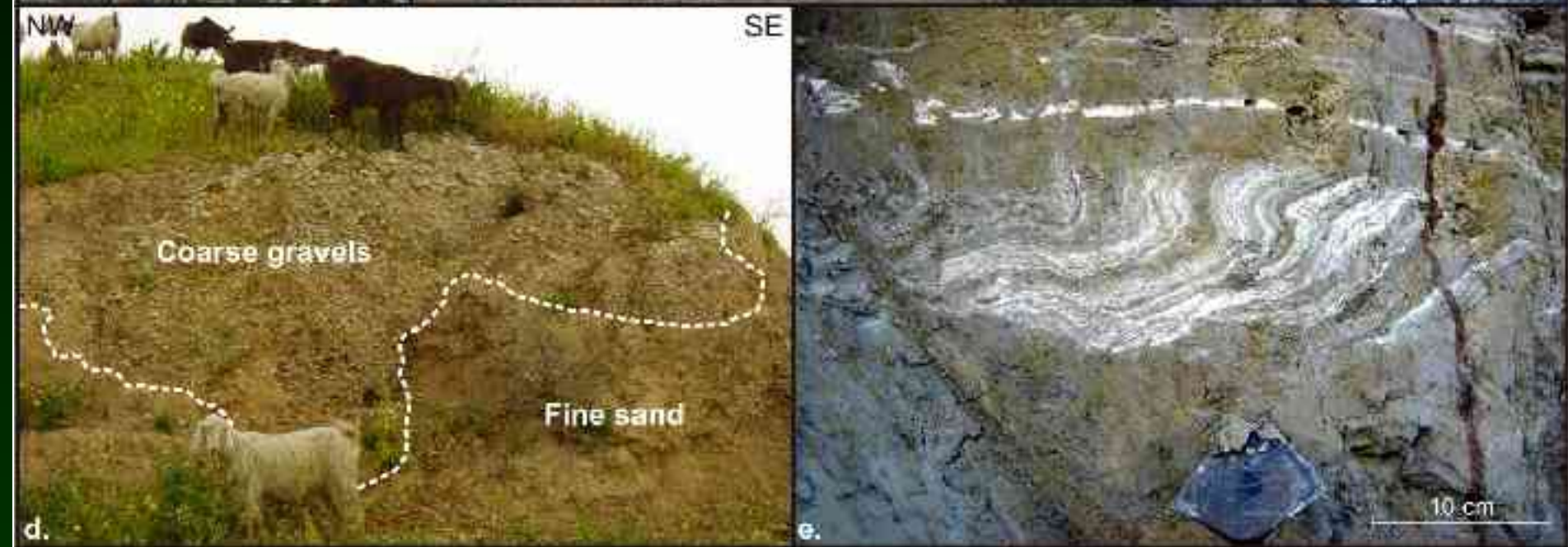


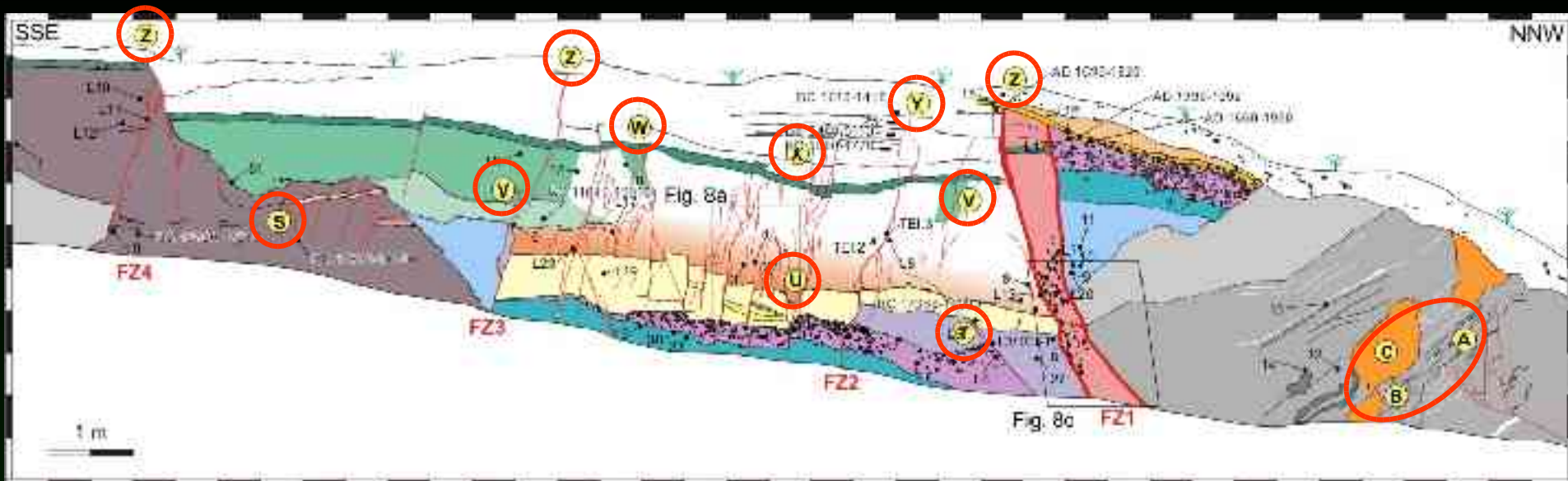
Géomorphologie du Tell Saidiyeh

Le bord sud (vert foncé) du ruisseau actuel E1/W1 est décalé de ~ 7 m.

Le ruisseau au sud W2 n'a pas de correspondant à l'est de la faille: il s'agit d'un vestige étété décalé ~ 114 m.







Event Z: before AD 1660 – 1950 ?

Event Y: BC 5060 - 1410

Event X: BC 4770 - 11610

Event W: BC 4770 - 11610

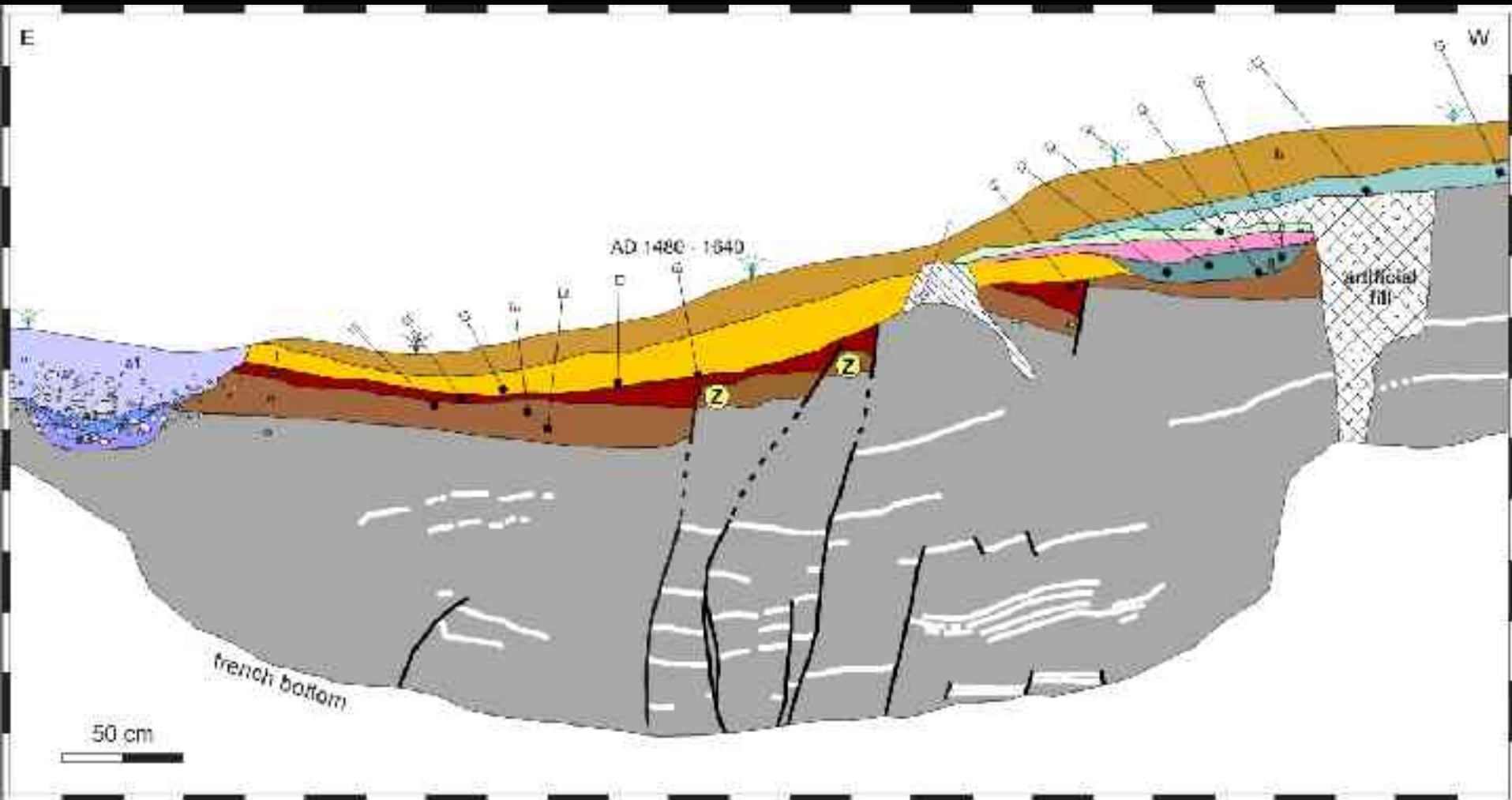
Event V: BC 4770 - 11610

Event U: older than BC 17350 - 16990

Event T: older than BC 17350 - 16990

Event S: BC 10910 - 11790

*Echantillons supplémentaires en cours de datation
Amélioration des échantillons déjà datés*



Evènement Z antérieur à AD 1480-1640: AD 1033

Site archéologique de Tell Saidiyeh



Vue du tell depuis le nord

Archéologie du Tell Saidiyeh

Espace de traitement de l'huile
d'olive au sein du "palais",
Âge de bronze

Escaliers d'accès à la citerne,
12^{ème} siècle av. JC



(d'après J.N. Tubb, *Canaanites*, 1996)

Archéosismologie du Tell Saidiyeh

Les niveaux noirs résultent
d'une destruction rapide et
intense. On y retrouve des
tessons de poterie et des
objets carbonisés.





Entrée bloquée et vaisselle brisée, in situ, Stratum XII, fin 12^{ème} siècle av.

JC,

(K...), IN... (1999)

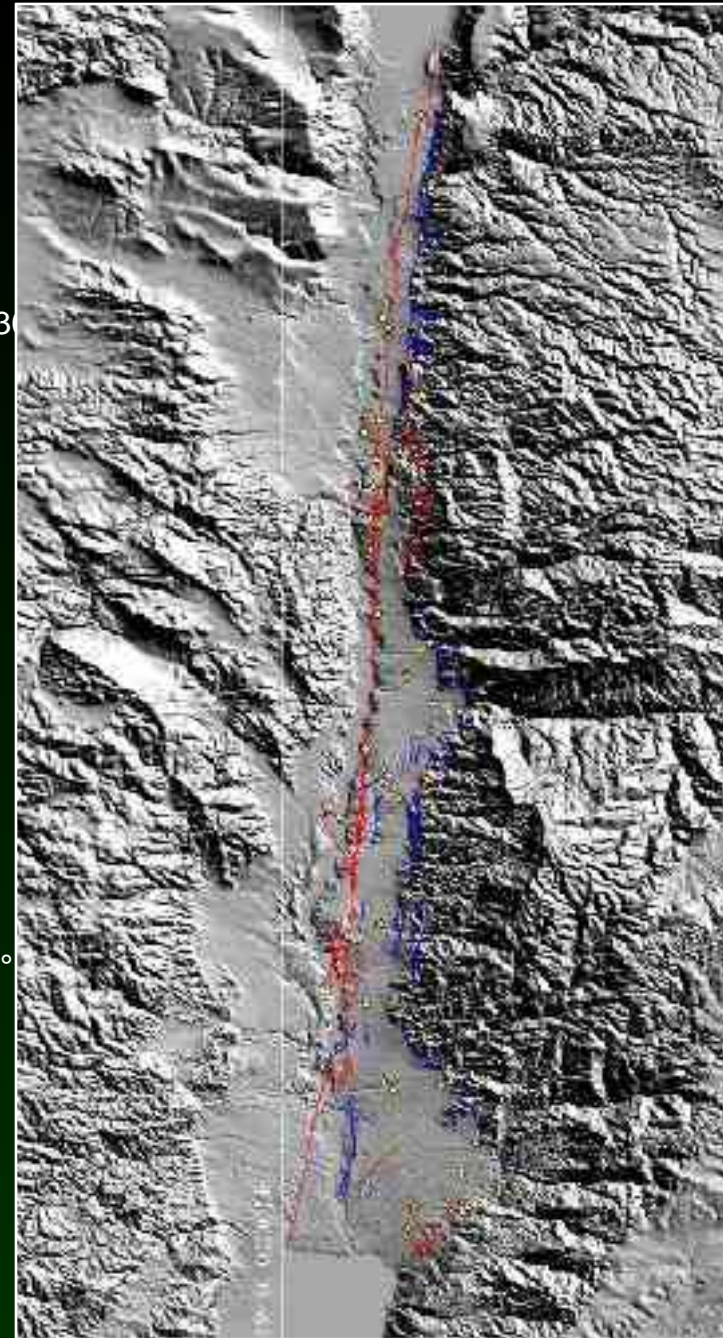
Potentiel archéosismologique de la vallée du Jourdain

- De 6000 BC à 0 AD
- Plus de 50 sites répertoriés
- Très bonne distribution
- Nombreux sites sur la faille

32° 3'

32°

35° 30'



Séismes et patrimoine culturel en Jordanie

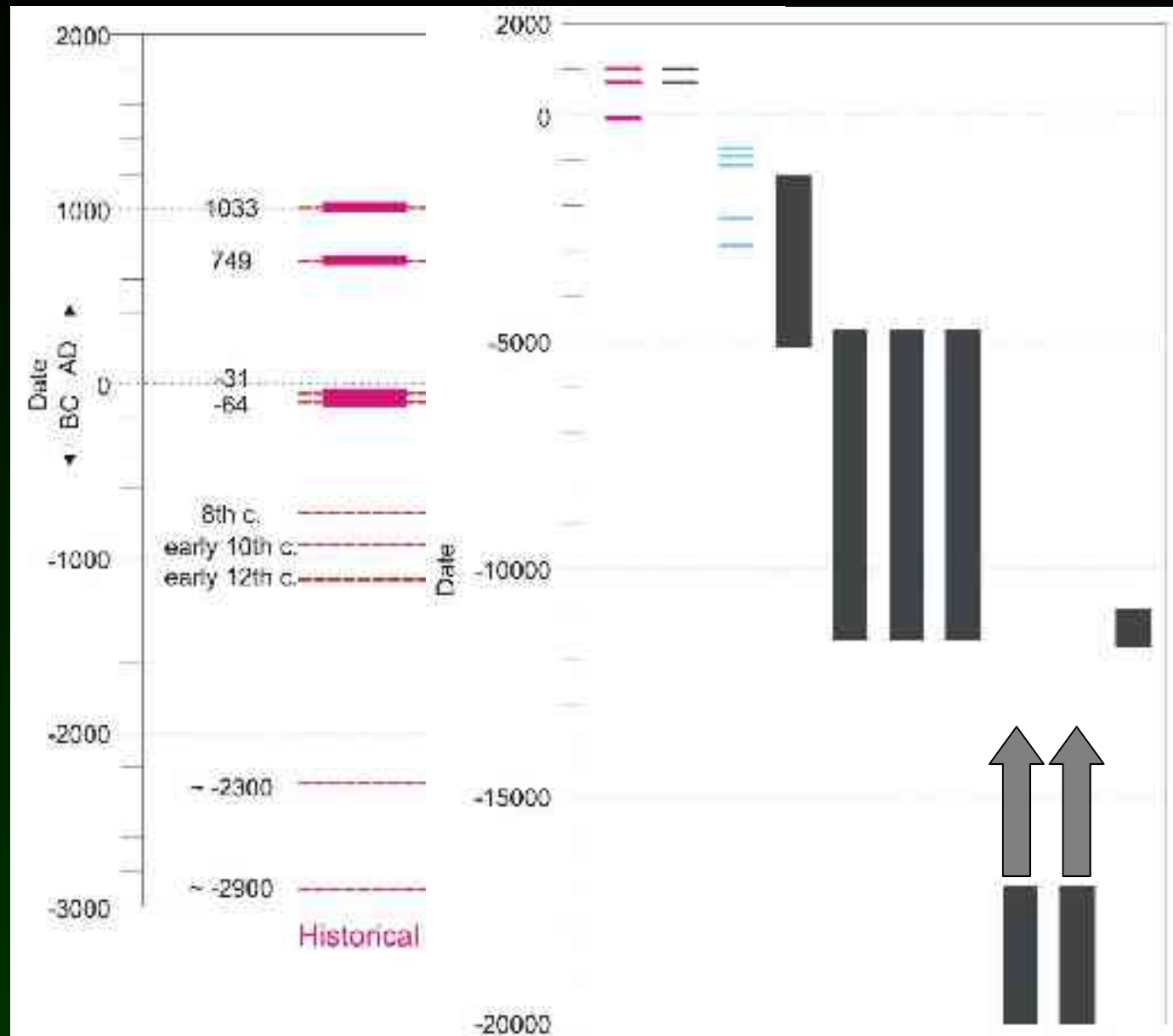


Jerash

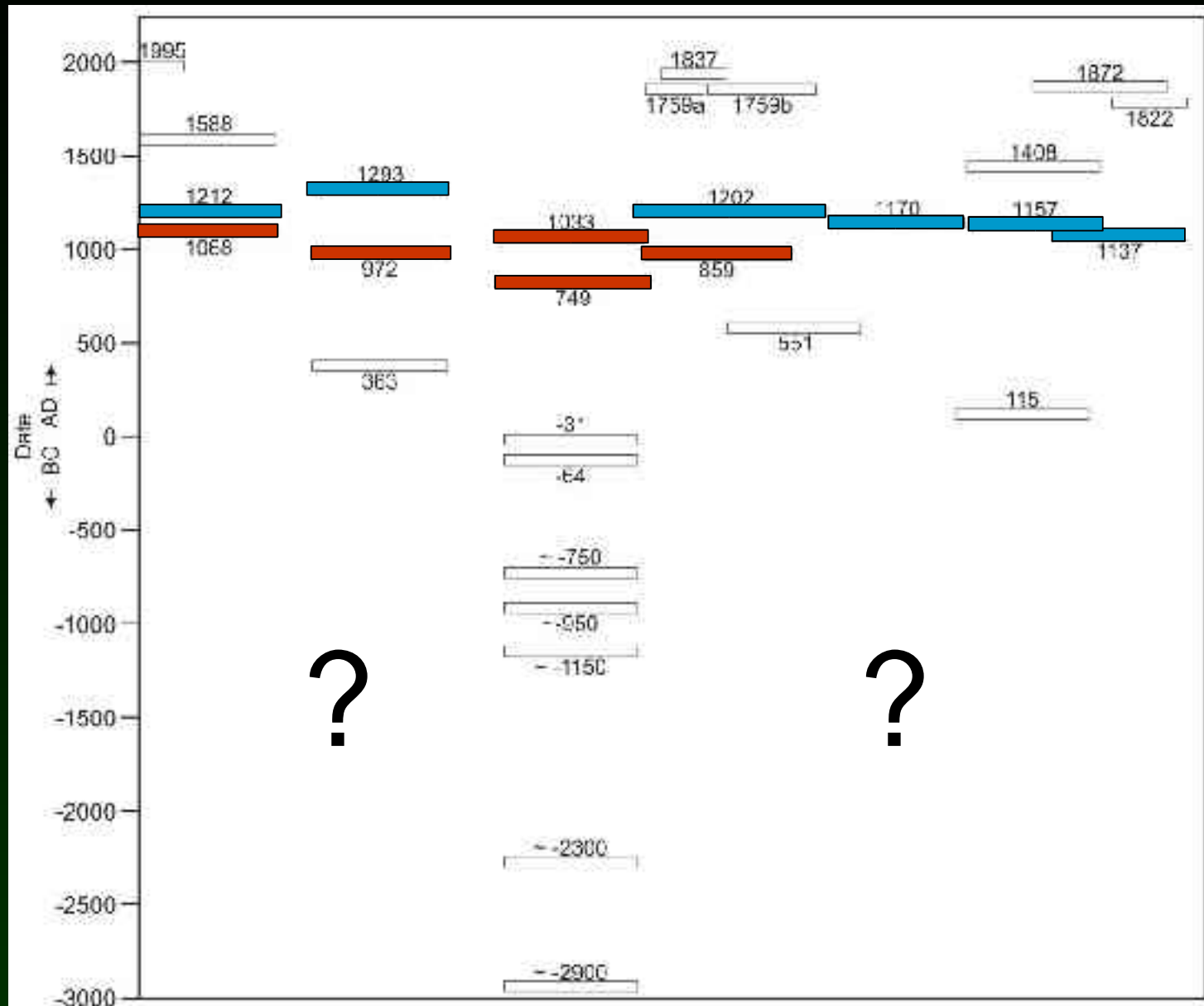


Petra (AD 363)

Catalogue intégré



Séquences sismiques



Résultats

- **Géomorphologie – Microtopographie**
- Décalages systématiques et cumulés des réseaux de drainage
- Vitesse de glissement pour les derniers 47500 ans
 - constante de 4.7 à 5.1 mm/an
 - variable de 3.5 à 11 mm/an
- **Archéosismologie** (niveaux de destruction)
- Cinq séismes sur trois sites entre ~ 2900 BC et ~ 700 BC
- **Tranchées**
- Deux séismes depuis 560-660 AD (AD 749 et AD 1033 à Ghor Kabed)
- Huit séismes dans les derniers 14000 ans (à Tell Saidiyeh)
- Datations ¹⁴C supplémentaires en cours

Intervalle de récurrence compris entre 500 et 1000 ans
Jusqu'à 5 m de déficit de glissement depuis AD 1033

Comportement de la faille du Levant

- Très faible sismicité instrumentale
 - Blocage total avant un fort séisme?
 - Fluage partiel?
- Intervalle de récurrence
 - 500 ans (sism. hist. et archéo.)
 - 1000 ans (paléosism.)
- 5 m de déficit de déplacement M_w 7.5 sup.
- Interactions entre segments et séquences sismiques

Perspectives

- Mieux contraindre les longueurs de rupture

Tranchées

- Compléter le catalogue intégré

- Mettre à jour des séquences sismiques anciennes

Archéosismologie et tranchées

- Mieux contraindre les variations de vitesse sur la faille et sur les segments adjacents

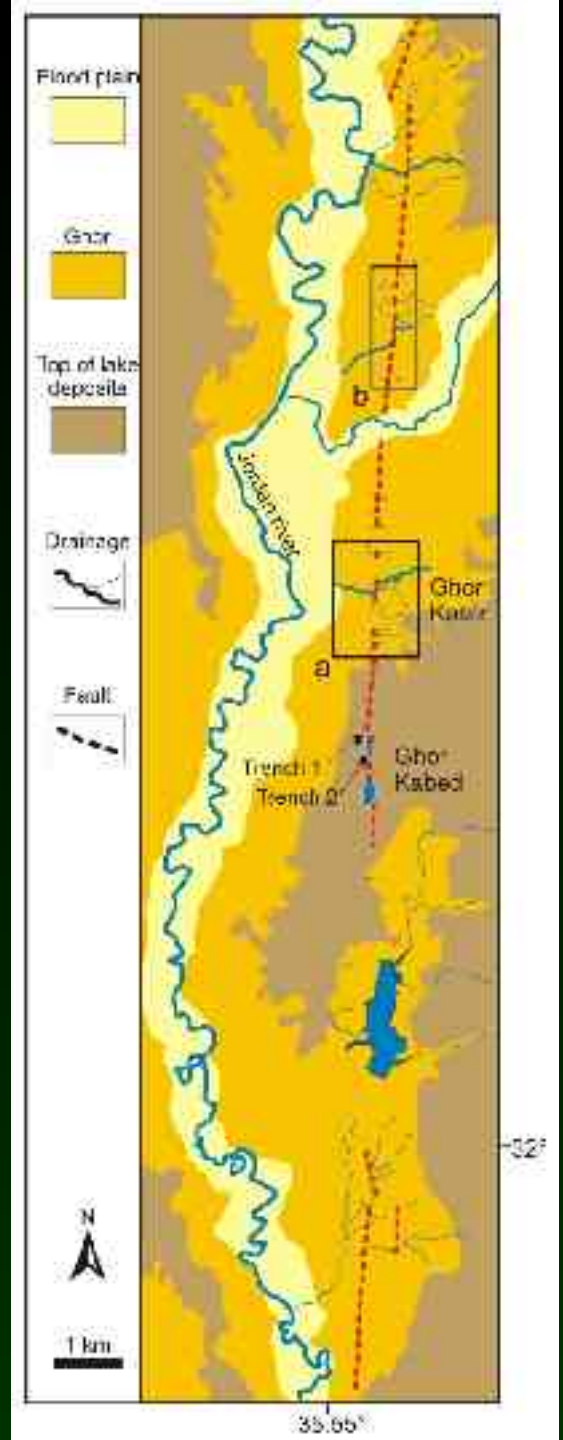
Géomorphologie et tranchées



Merci de votre attention...

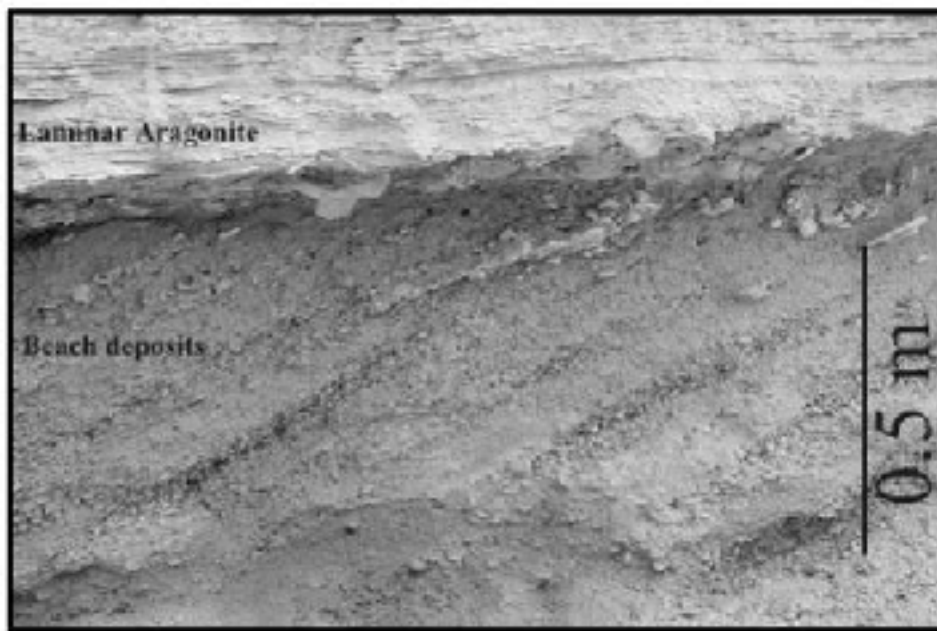
Extra balls!

Géomorphologie de la vallée du Jourdain



Détermination des paléo-niveaux du lac Lisan

Bartov et al., 2003



Dépôt de plage dans l'ancien

Analogie actuel

Enregistrement des ruptures de surface

