

Thème : B Critères de conception

EROSION INTERNE DE LA FONDATION

Jean-Jacques FRY

EDF CIH

Jean-Robert COURIVAUD

EDF CIH

Laurent LEVEQUE

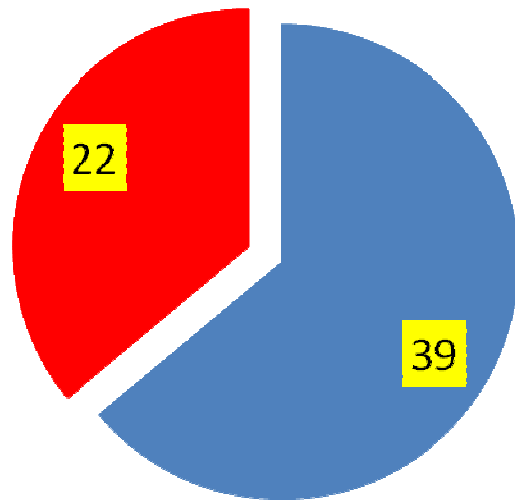
EDF CIH

Colloque CFBR – Fondations des Barrages
8 et 9 avril 2015 – Chambéry



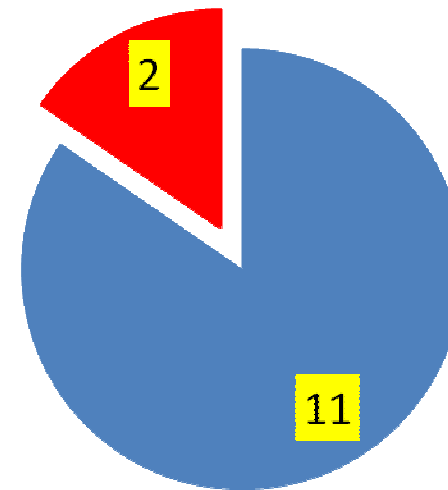
RUPTURES EN FONDATION

■ REMBLAI ■ FONDATION



RUPTURES UNICIV

■ REMBLAI ■ FONDATION



RUPTURES ERINOH

Paradoxe : moins de ruptures en fondation que dans le remblai

RUPTURES DE GRANDS BARRAGES

- 22 par érosion interne en fondation (jusqu'à 1997)
- Seules 3/22 ruptures après 10 ans d'exploitation (en orange)



- Piège géologique découvert à la mise en eau

- D'après Foster M., Spannagle M., Fell R. 1998 UNICIV Report

Nom du barrage	Pays	Type	Construction	Rupture	Chemin
St-Lucien	Algerie	TE	1861	1862	F
Hauser Lake I	U.S.A.	Steel	1906	1908	F
Black Rock (A)	U.S.A.	TE/ER	1907	1909	F
Julesberg (B)	U.S.A.	TE	1905	1911	F
Horse Creek (Colorado)	U.S.A.	TE	1912	1914	R + F
Lake Toxaway	U.S.A.	TE	1902	1916	F
Blyderivier	R. Afrique Sud	TE	1922	1922	F
Log Falls	Canada	TIM	1921	1923	F
Corpus Christi	U.S.A.	TE	1930	1930	F
Lower Khajuri	Inde	TE/PG	1949	1949	F
Alamo Arroyo Site 2	U.S.A.	TE	1960	1960	F
Jennings Creek Watershed N°3	U.S.A.	TE	1962	1963	F
Baldwin Hills	U.S.A.	TE	1951	1963	F
Jennings Creek Watershed N°16	U.S.A.	TE	1960	1964	F
Nanak Sagar	Inde	TE	1962	1967	F
La Laguna	Mexique	TE	1912	1969	F
Manivali	Inde	TE	1975	1976	R+ F
Teton	U.S.A.	TE/ER	1976	1976	R+ F
El Salto	Bolivie	TE		1976	F
Ruahihi Canal	Nlle. Zélande	TE	1981	1981	F
Embalse Aromos	Chili	TE	1979	1984	F
Quail Creek	U.S.A.	TE	1984	1988	R+ F

RUPTURES DE GRANDS BARRAGES

Fondations meubles		Fondations rocheuses	
% Ruptures (total:10)	% horizon géologique	% ruptures (total : 8)	% horizon géologique
50% fond. alluviales	56% sols alluviaux	25% grès	21% grès
10% fond. glaciaires	19% sols glaciaires	25% schiste argileux	21% schiste argileux
30% sols résiduels	8% sols résiduels	37,5% calcaire	7% calcaire
	7% sols colluviaux		7% granite
	6% sols éoliens		7% gneiss
	2% sols maritimes		7% schiste métamorph.
	1% sols lacustres		6% siltite
10% fond. volcaniques	1% sols volcaniques		14% divers, ...
100% total	100% Total	12,5% volcanique	10% volcan. : tuf+basalte
		100% total	100% Total

Légende

Répartition des ruptures par type de fondation

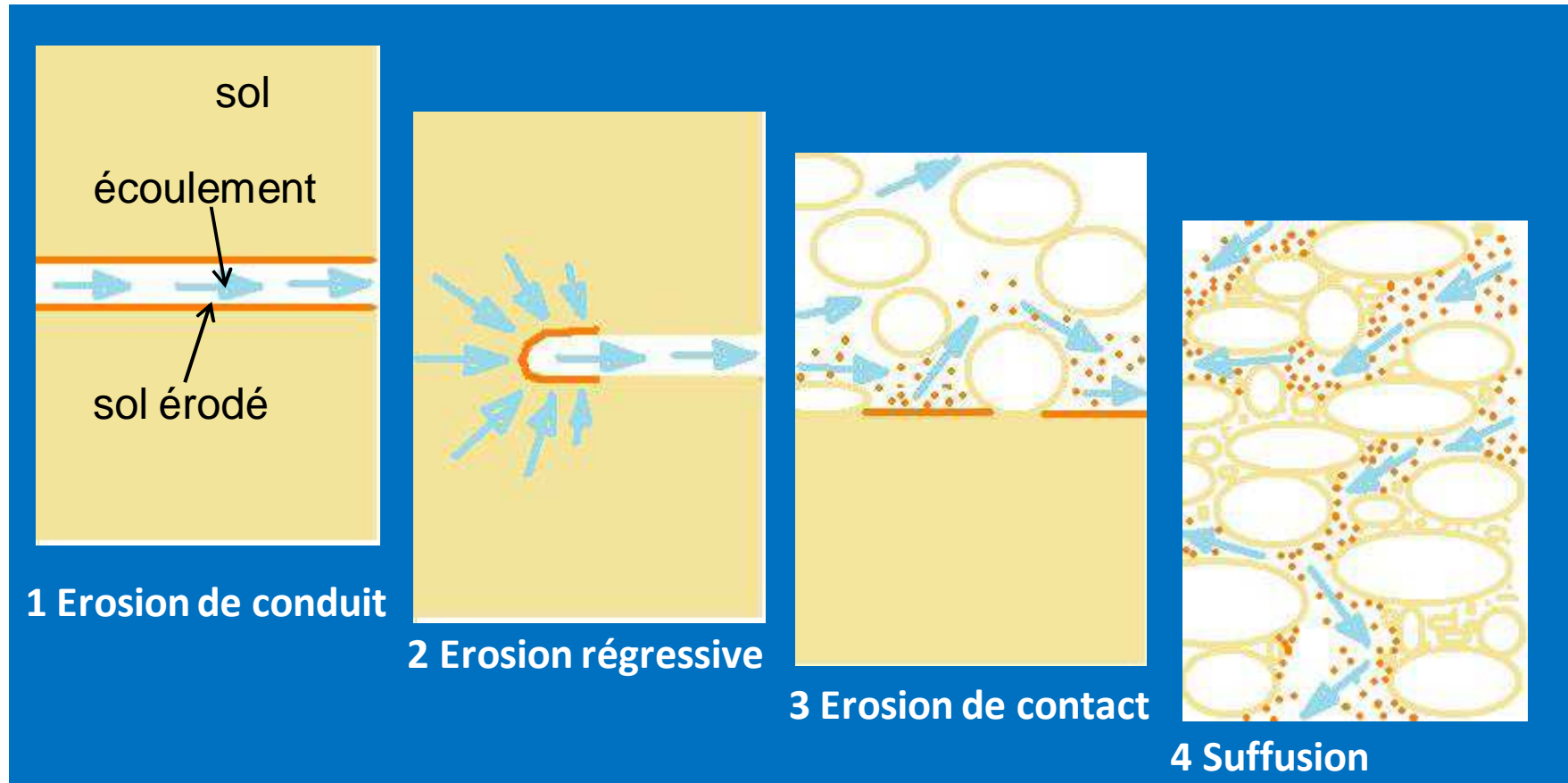
- D'après Foster M., Spannagle M., Fell R. 1998 UNICIV Report R. 374

% de ruptures nettement plus forte

% de ruptures un peu plus forte

% de ruptures nettement plus faible

4 MECANISMES D'EROSION INTERNE



- **Du plus dangereux ou plus rapide au plus lent**
Importance de l'identification des mécanismes d'érosion, notamment en conditions exceptionnelles d'exploitation

FONDITIONS GLACIAIRES



Deux entonnements dans des retenues alpines

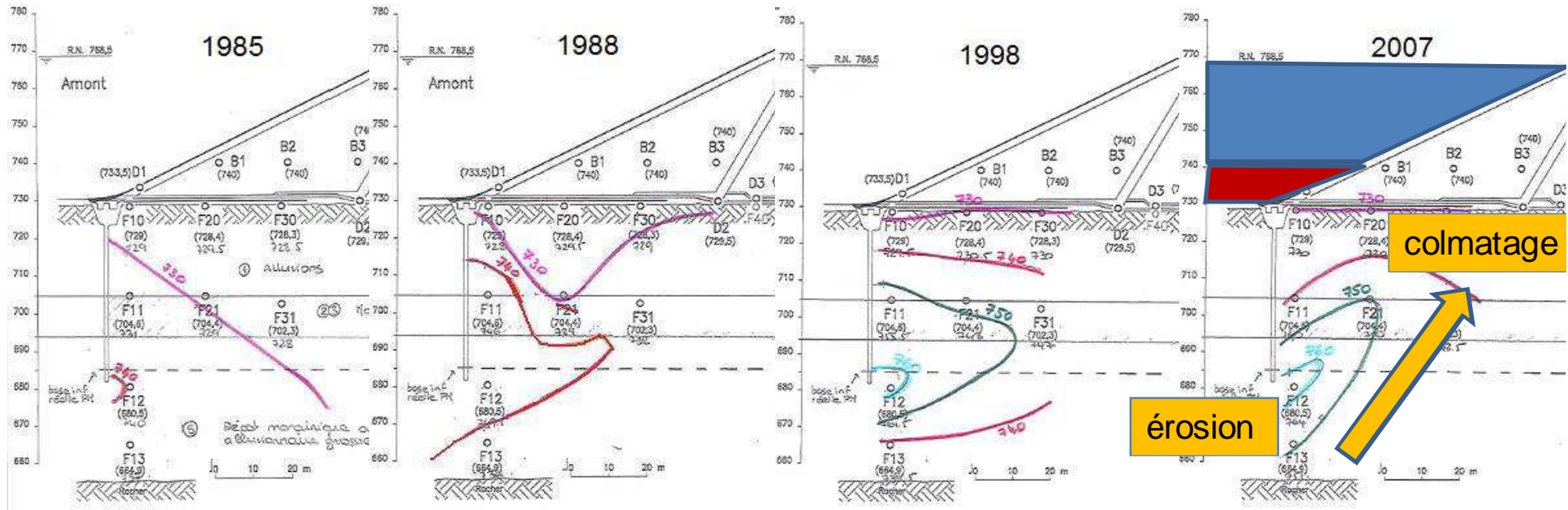
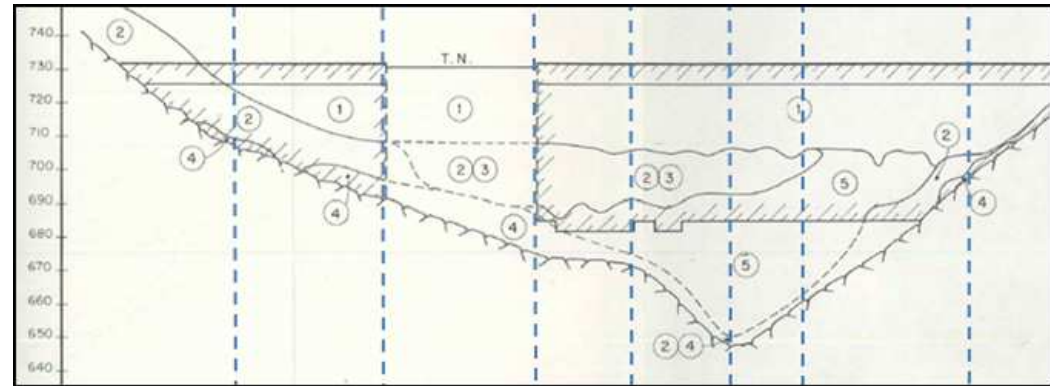
- Renards? Non!
- Des écoulements préférentiels par suffusion



FONDITIONS GLACIAIRES

BARRAGE DU VERNEY (H=40m, 1984, France)

- Géologie: remplissage 80 m
 - Alluvions sur moraine dure
- Observation:
 - Débit constant (0 caniveau)
 - Evolution des pressions
 - Suffusion sous contrôle



FONDITIONS GLACIAIRES

ATTENTION A :

1. LA SUFFUSION A SURVEILLER

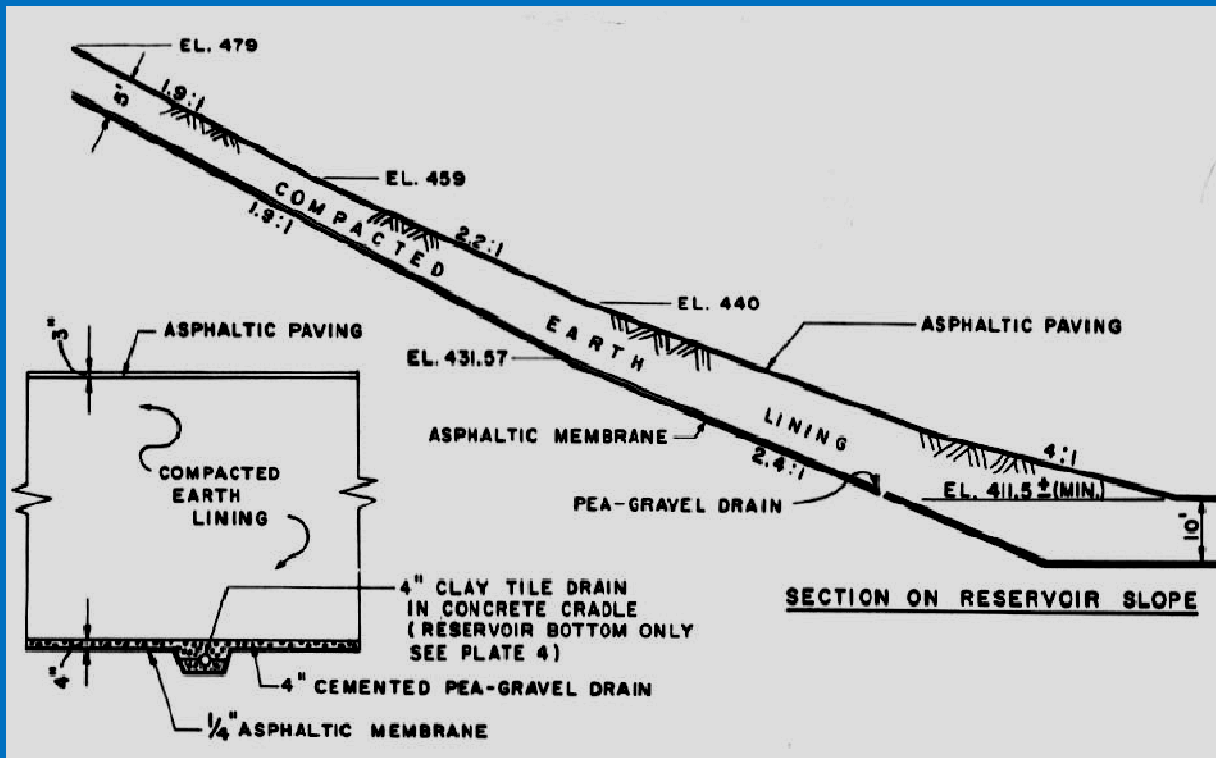
FONDATION EN SOLS RESIDUELS



La rupture en 1963: la brèche surplombe le tracé de la faille I

- **Baldwin Hill (H=70m, USA, 1951)**

RUPTURE DE BALDWIN HILL



Rupture malgré la double étanchéité !

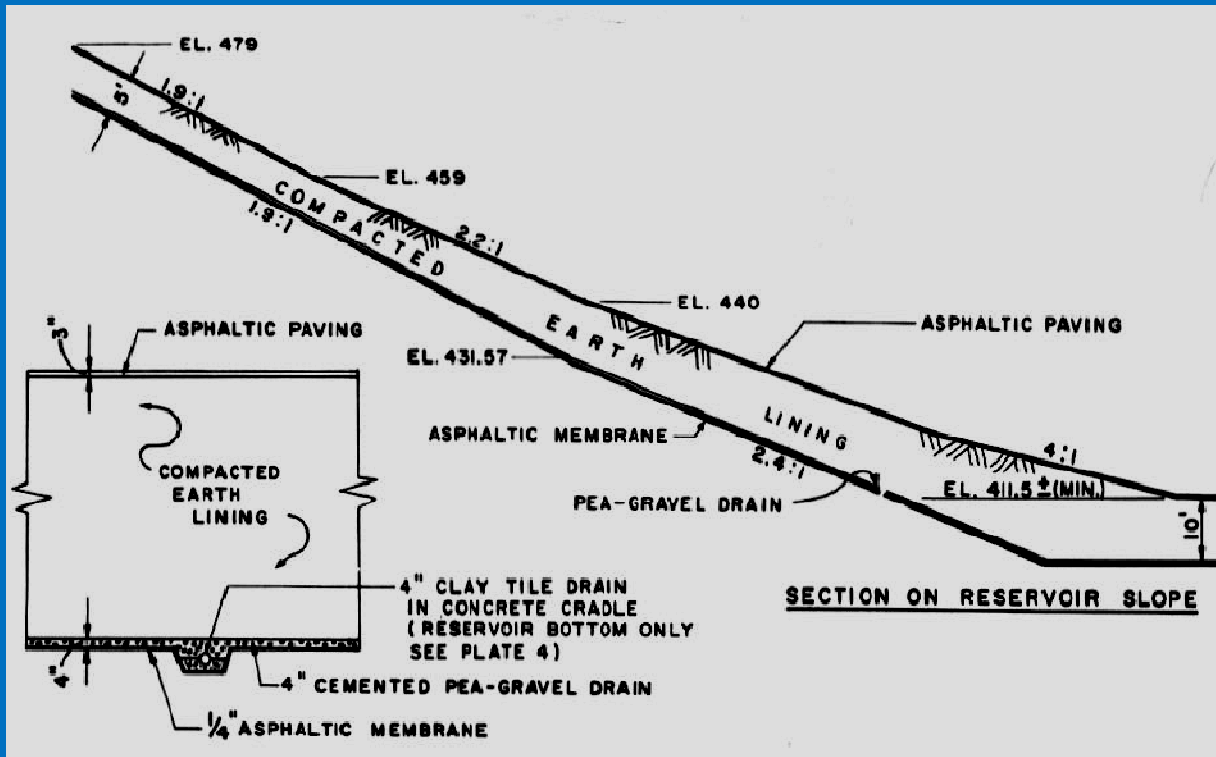
- 2 failles dans le réservoir, une faille active à 100m
- empilement de couches fines de sable et de silt dur et argile dispersive
- exploitation de puits de pétrole à proximité



- Tassements dif.
- Nombreuses fuites et réparations du réseau de drainage
- érosion soudaine

- **Fondation dans un contexte tectonique et sismique actif**

RUPTURE DE BALDWIN HILL



Rupture malgré la double étanchéité !

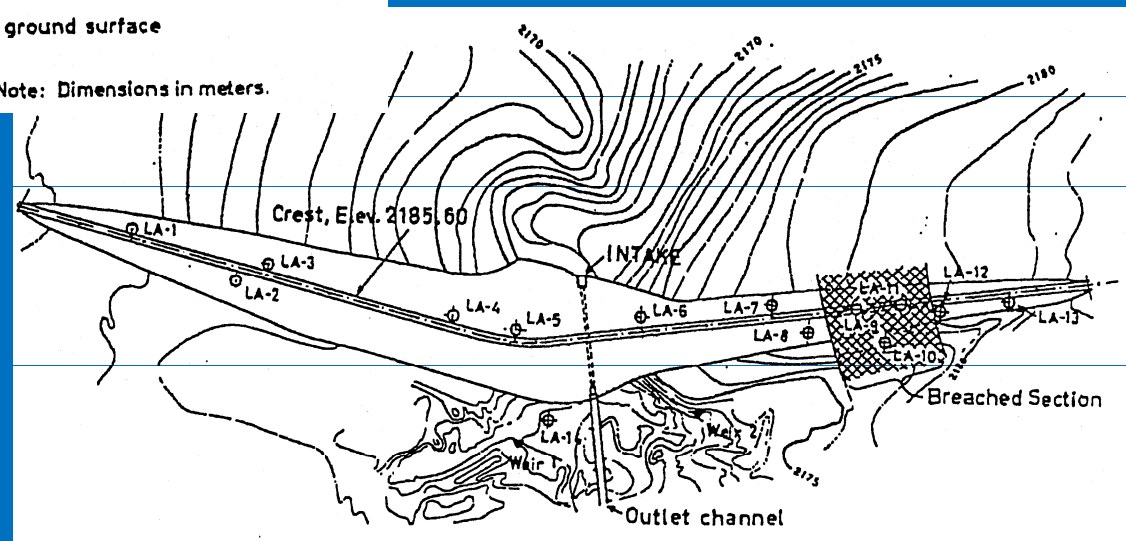
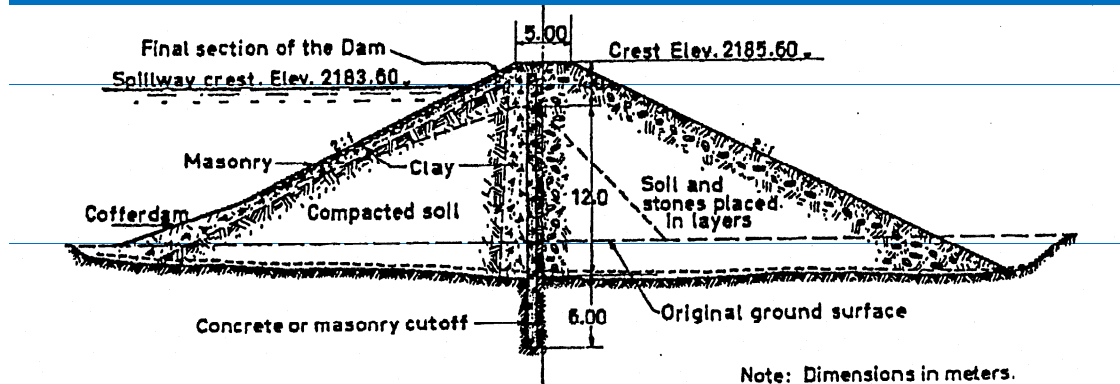
- 2 failles dans le réservoir, une faille active à 100m
- empilement de couches fines de sable et de silt dur et argile dispersive
- exploitation de puits de pétrole à proximité



- Tassements dif.
- Nombreuses fuites et réparations du réseau de drainage
- érosion soudaine

- **Fondation dans un contexte tectonique et sismique actif**

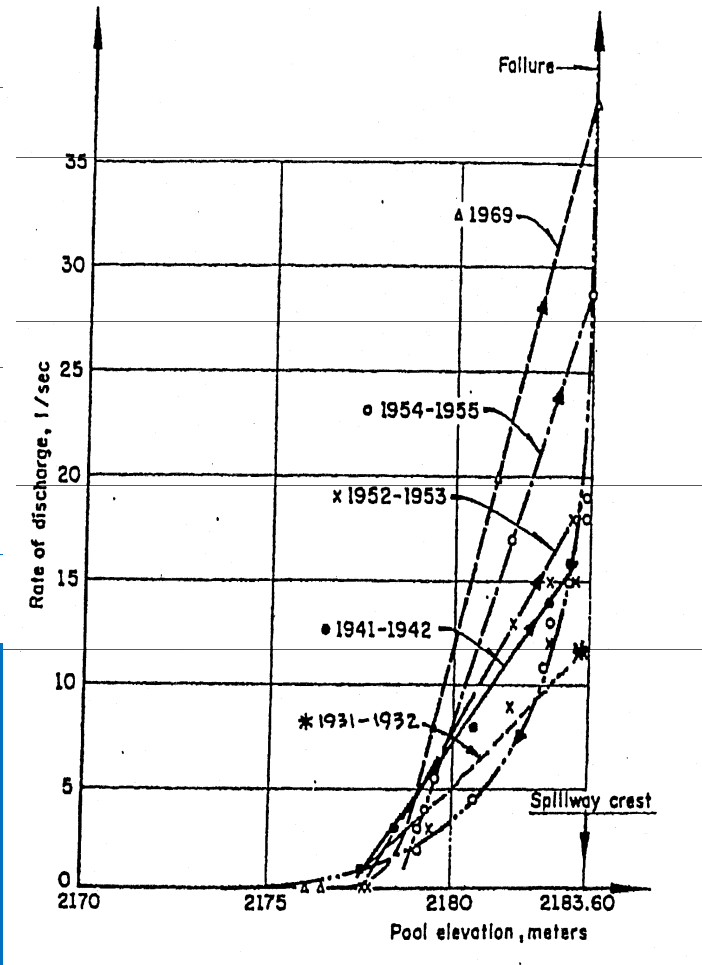
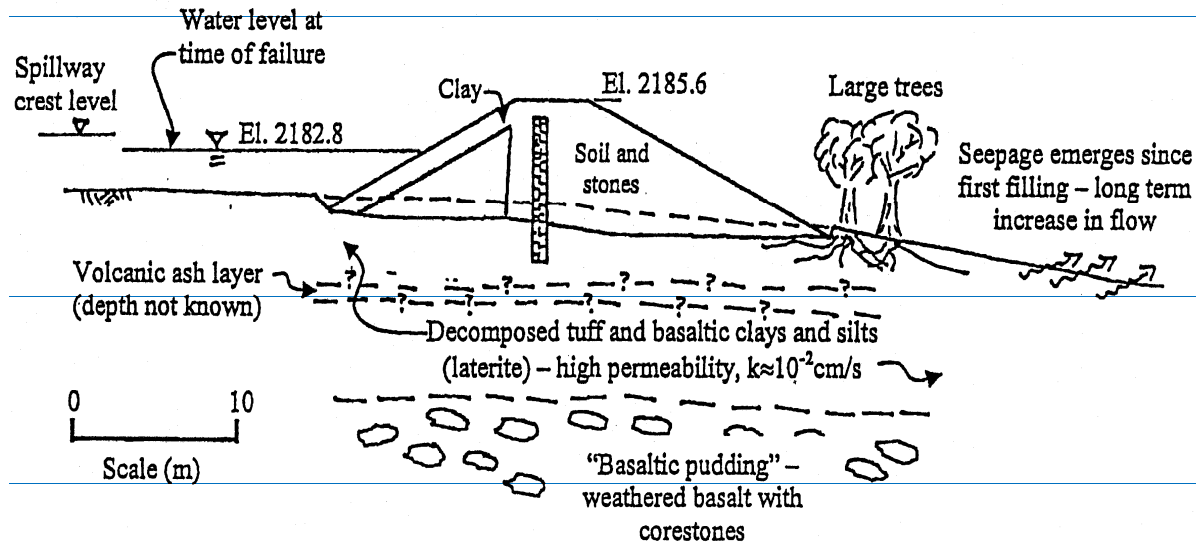
FONDATION EN SOLS RESIDUELS



Rupture : 1969

- Le barrage de Laguna (1908, H=16m, Mexique)

RUPTURE DE LAGUNA



Rupture après 60 ans de résurgence croissante:

1927: 12l/s

1953: 26l/s

1969 : <50l/s en septembre

1969 : 55l/s le 25 octobre

1969 : 75l/s le 31 octobre et rupture

- **Fondation : latérite d'altération du tuff et du basalt**

FONDATIONS EN SOLS RESIDUELS

ATTENTION AUX:

1. ARGILES DISPERSIVES
2. FUITES RECURRENTES

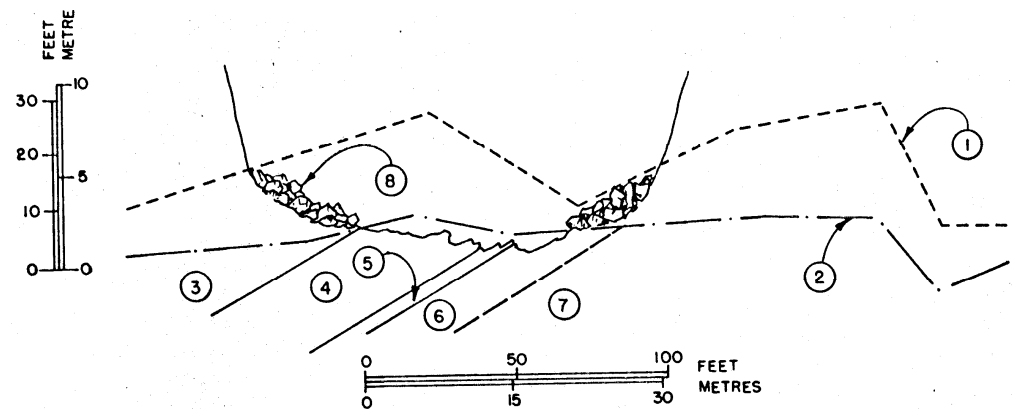
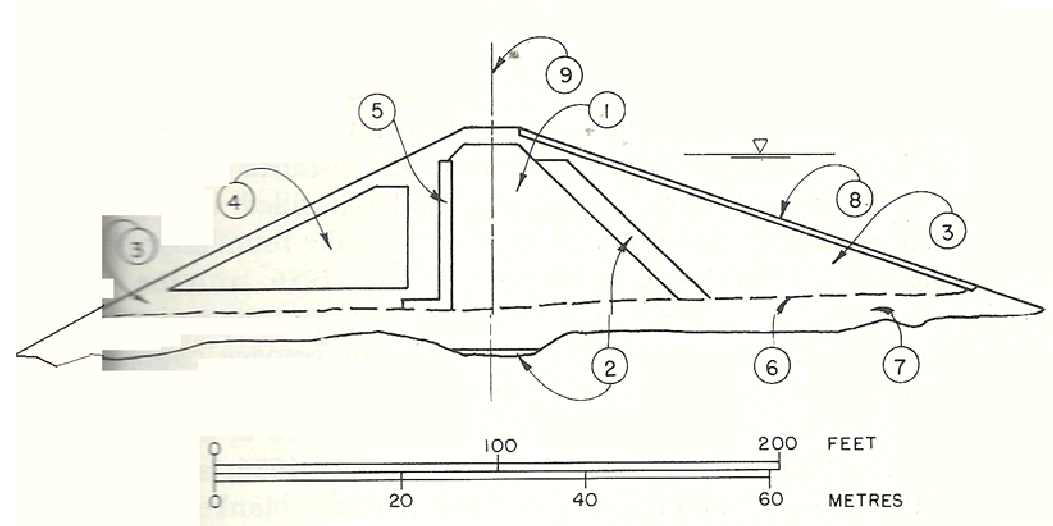
FONDATIONS CALCAIRES

▪ Rupture de Quail Creek (H=25m, USA, 1985)

- 1. Zone I – Sable limoneux
- 2. Zone II – Schiste argileux
- 3. Zone III – Grave sableuse
- 4. Zone IV – Tout venant
- 5. Filtre
- 6. Fondation après décapage
- 7. Terrain naturel
- 8. Protection

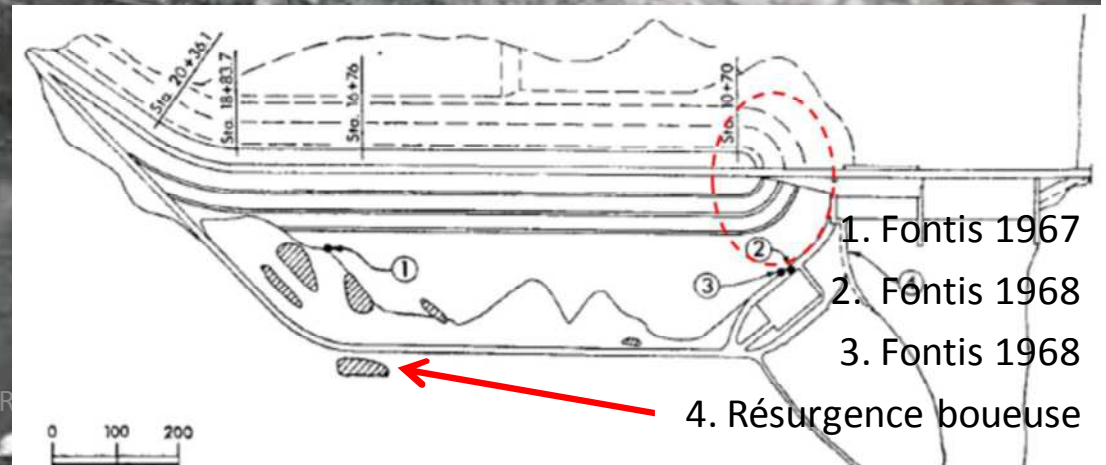
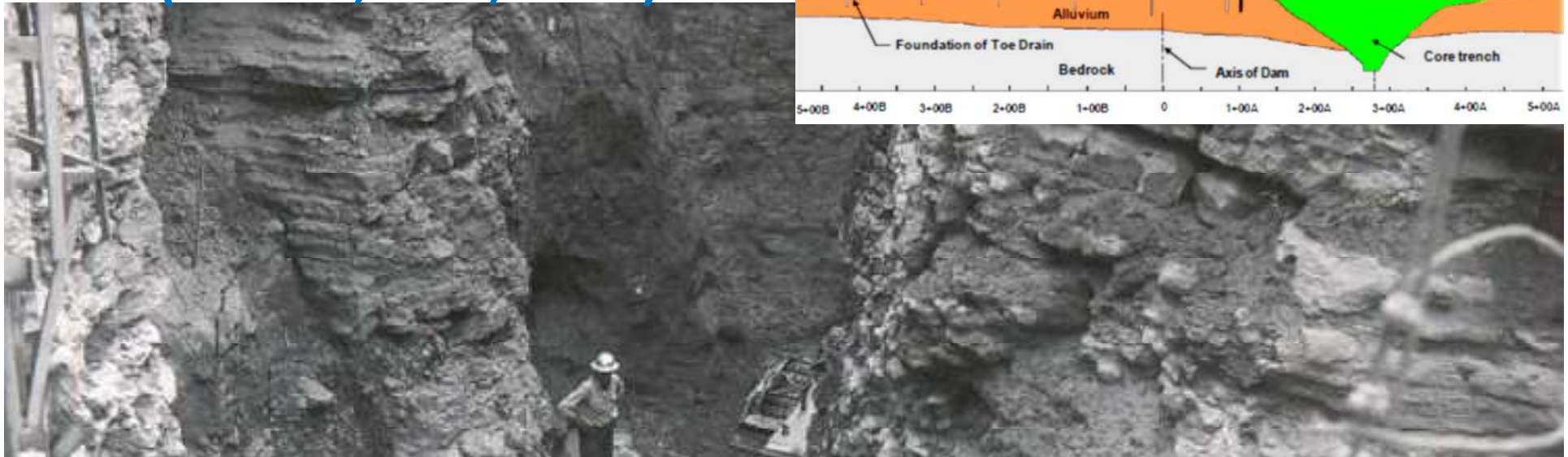
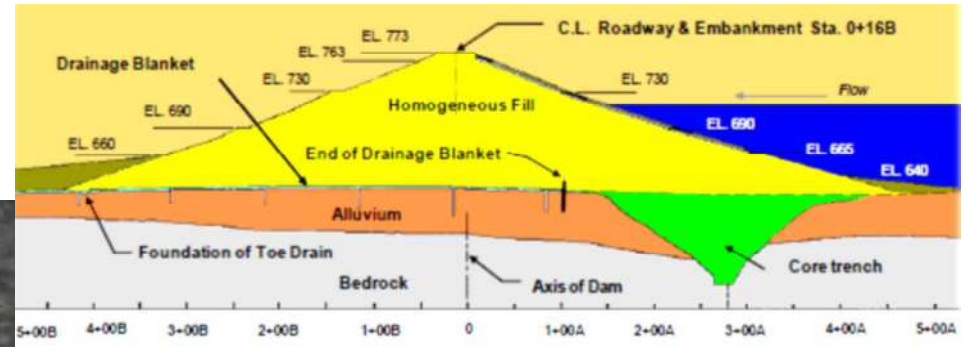
La fondation

- 1. Terrain Naturel
- 2. Surface excavée
- 3. Siltstone
- 4. Dolomicrite
- 5. Gypse
- 6. Dolomicrite
- 7. Dolomicrite et Gypse
- 8. Trace de la brèche



FONDATIONS KARSTIQUES

- Accident à Wolf Creek
(H=76m, USA, 1952)



1. Fontis 1967
2. Fontis 1968
3. Fontis 1968
4. Résurgence boueuse

FONDATIONS KARSTIQUES

Entrée de karst dans la retenue



- Incident à Salhab

FONDATIONS KARSTIQUES

Sortie de karst en pied du barrage

- Barrage de Salhab



FONDATIONS KARSTIQUES

Trois fontis alignés au dessus d'une faille sont apparus dans la retenue du barrage d'El Gassanieh après une crue rare



La crue provoqua une submersion de 1m qui suffit à provoquer ces fontis de 15 à 25 m de diamètre



FONDATIONS KARSTIQUES



- 32 fontis apparurent sur l'aménagement de Rabite-Alcheich (Syrie) après la crue rare de 2003. L'un d'entre eux était dans le parement amont du remblai.

- Le maître d'ouvrage décida d'abaisser le seuil libre de l'évacuateur et injecta le fontis sur le barrage.



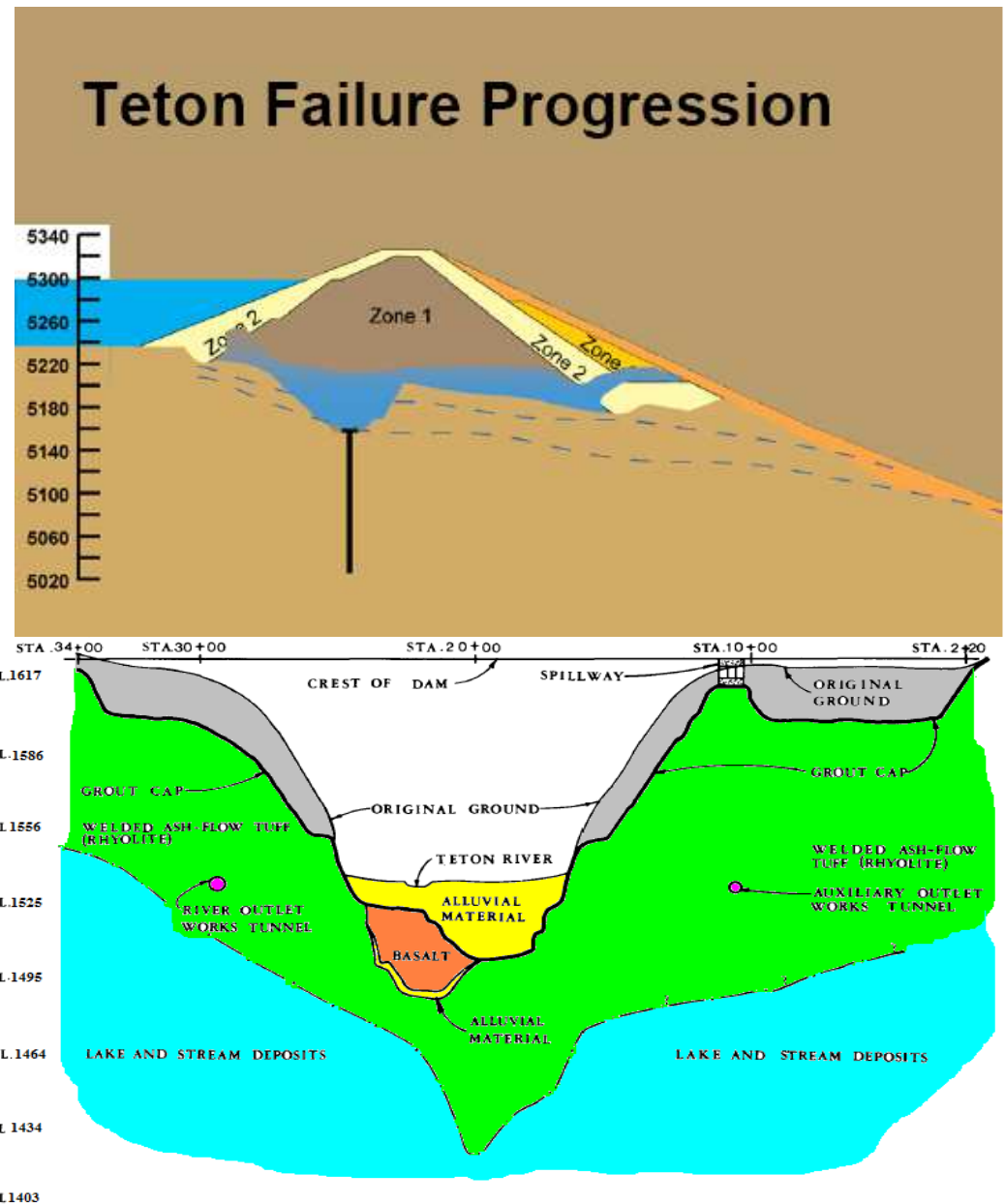
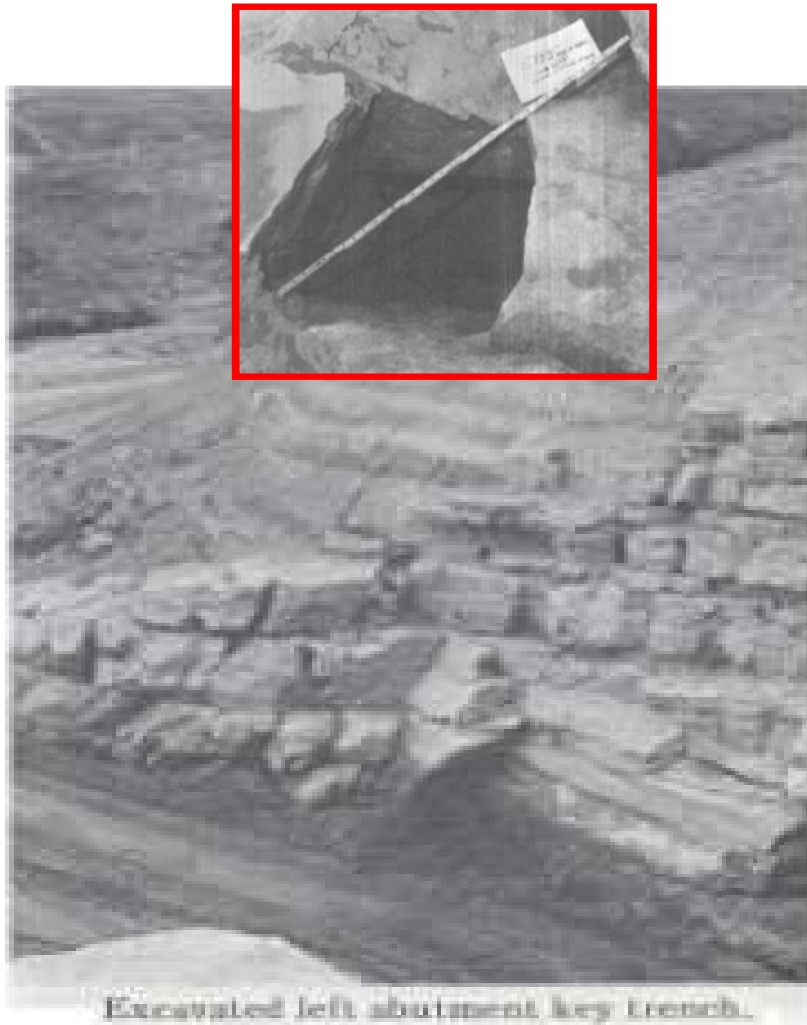
FONDATIONS CALCAIRES OU KARSTIFIES

ATTENTION A LA:

1. DETECTION DES CAVITES
2. IDENTIFICATION DES
MECANISMES D'EROSION

FONDATIONS VOLCANIQUES

- Rupture de Teton (H=93m, USA, 1976)



FONDATIONS VOLCANIQUES

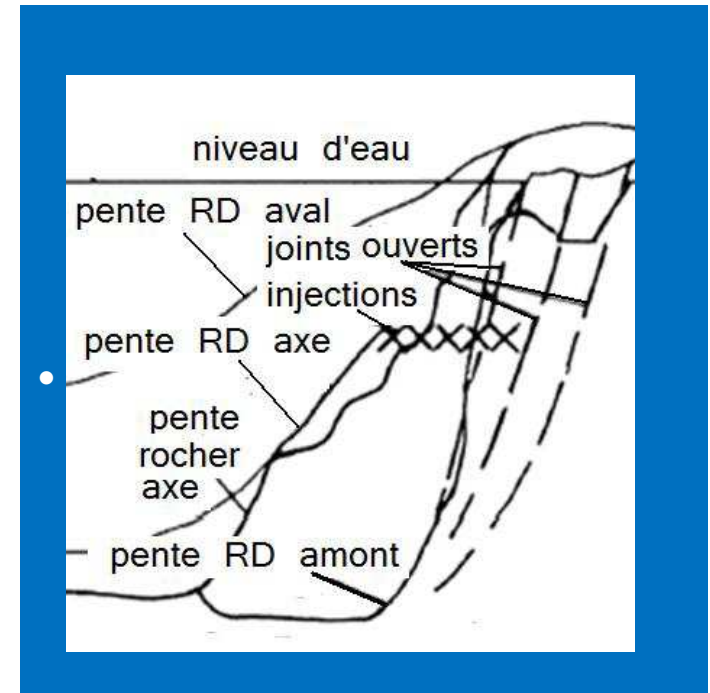
ATTENTION AUX:

1. CENDRES ET TUFFS PERMEABLES
2. BASALTES ALTERES ET FRACTURES

FONDATION GRESEUSE

■ Accident de Fontenelle (H=50m, USA, 1965)

- Joints ouverts
- Potentiel amont sous recharge aval
- Instabilité de la recharge aval
- Erosion régressive de la recharge



FONDITIONS GRESEUSES

ATTENTION AUX:

1. DIACLASES

2. RESISTANCE DU GRES

FONDATION MAL CONNUE

- 1^{er} crue :



submersion
et érosion de
pied

- Le barrage (1950, H=10m, L=110m, Brésil)



Les clapets fermés causent surverse et érosion en pied



FONDATION MAL CONNUE

- 2^{eme} crue 1 mois après sans submersion :



RUPTURE



- **La fondation était au rocher (talweg) et en sol (rives) !**