An aerial photograph of a dam in a mountain valley. The dam is a long, low structure across a narrow valley. Behind it is a large reservoir of water. The surrounding mountains are rugged and covered in snow. The sky is clear and blue.

## Barrages en remblai

**Mattmark, Valais, 120 m, 1967**

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Barrages en remblais (digues)

#### Barrages en remblais

##### Barrages en terre

Barrages en terre homogène

Barrages en terre zonée

à noyau d'argile

à masque amont  
(béton ou bitume)

à membrage interne  
(béton bitumineux)

##### Barrage en enrochement

à noyau d'argile

à masque amont  
(béton ou bitume)

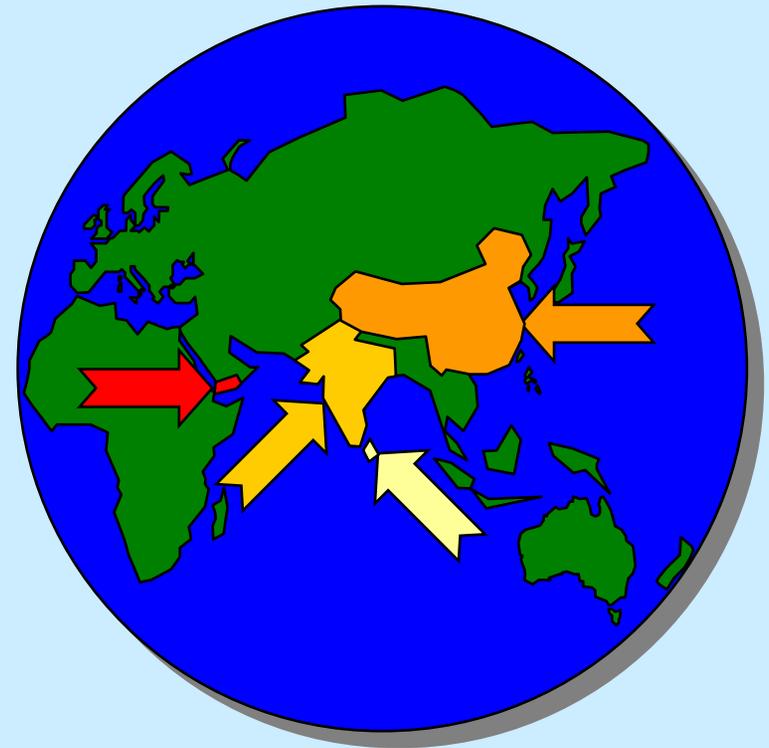
à écran interne d'étanchéité  
(membrane, béton bitumineux)

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Historique

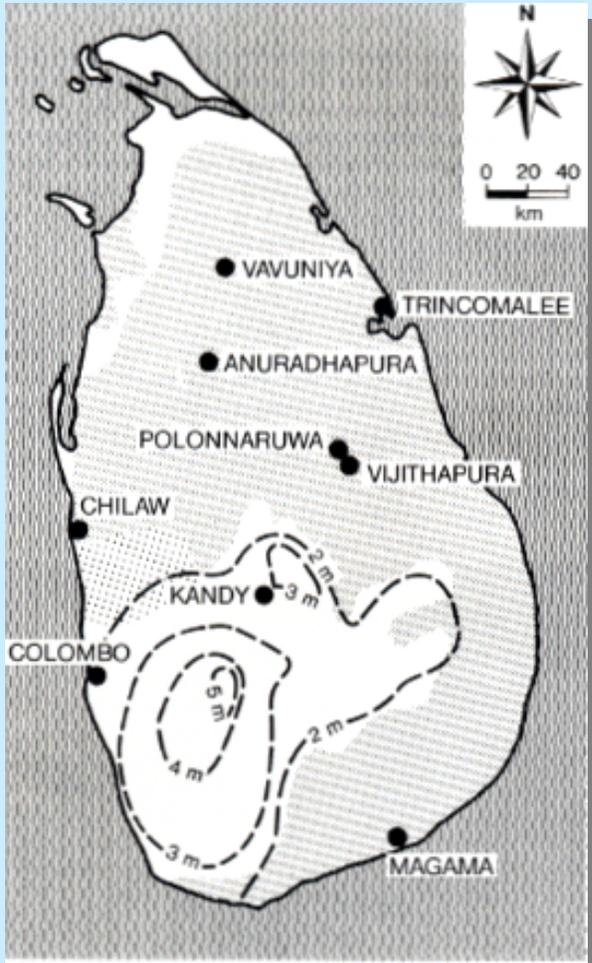
- ⇒ Digues en terre comme:
  - ◆ ouvrage de protection le long des rivières
  - ◆ barrage d'accumulation
- ⇒ Parmi les plus anciens ouvrages de génie civil dans l'histoire de l'homme
  - ◆ Réalisations il y a plus de 2000 ans
    - ✓ en Inde
    - ✓ au Sri Lanka
    - ✓ à Yemen
    - ✓ en Chine



# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Sri Lanka - grandes retenues cinghalaises



#### Conditions hydrologiques en Sri Lanka

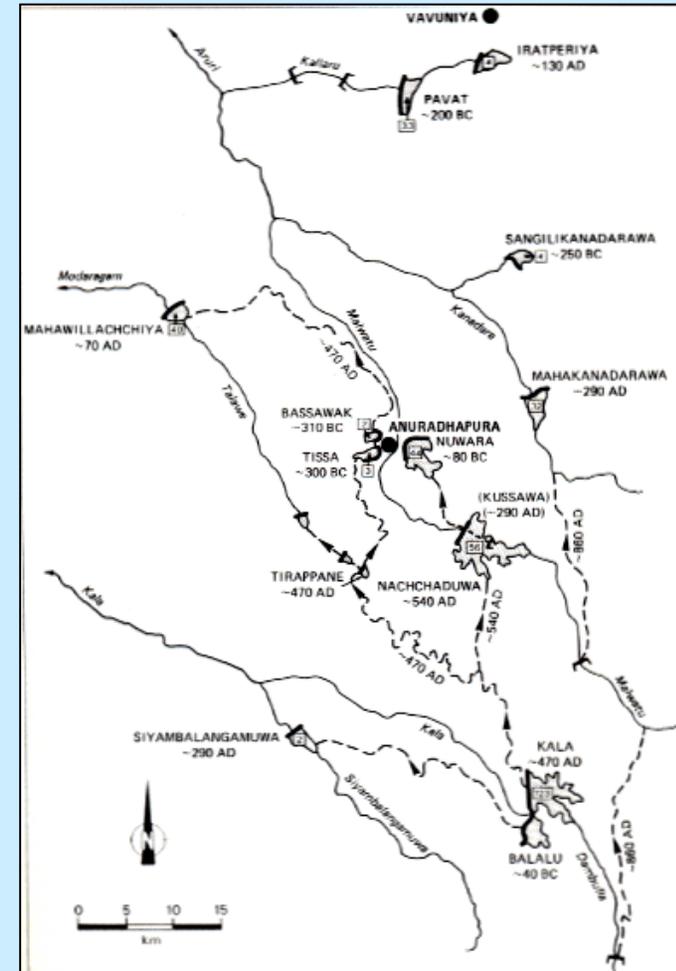
- surface de l'île: 66'000 km<sup>2</sup>
  - seulement un quart de l'île au sud-ouest reçoit des précipitations suffisantes, voire même abondantes; cette partie est très montagneuse et se prête moins bien à l'agriculture
  - le reste de l'île reçoit des précipitations moyennes annuelles de 2 m, ce qui constitue une quantité considérable, mais ces précipitations sont concentrées sur la période de décembre à février (mousson)
  - la couverture végétale des terrains meubles et du rocher cristallin est très mince et sa capacité de rétention de l'eau est limitée
- *La réponse à ce problème consiste en la construction de retenues annuelles permettant d'accumuler l'eau pour l'irrigation*

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Sri Lanka - grandes retenues cinghalaises

- En 554 avant J.C., le conquérant indo-européen, prince Vijaya de Bengale, établit la dynastie cinghalaise des rois du Sri Lanka
- début d'une activité intense dans la construction de barrages (croissance démographique de la population indigène)
- construction d'une des premières retenues Panda Wewa (= retenue), près de la ville de Chilaw (370 avant J.C)
  - volume retenu 9 mio m<sup>3</sup>
  - longueur du couronnement 2.6 km (suivant la topographie du terrain)
  - hauteur 7 m
  - largeur du couronnement 2.4 km



# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Sri Lanka - grandes retenues cinghalaises

Table 4. Ancient Sinhalese embankments on Sri Lanka.

Period of construction	Name(s)	Location (Fig. or km from city)	Height (m)	Length (km)	Capacity (million m <sup>3</sup> )
370 BC	Panda	26E Chilaw	7	2.6	9
310 BC	Basawak (Ablaya)	Fig. 33, center	7(10)	1.8(1.2)	4(2)
300 BC	Tissa/Anurâdhapura	Fig. 33, center	8(11)	1.3(3.5)	(3)
300 BC	Tissa/Magama	Fig. 34, center	6	1.2	4
300 BC	Paskanda Ulpotha I	23 SE Polonnaruwa	17	?	?
3rd c. BC	Sanglikanadarawa	Fig. 33, top right	5	2.5	8
Late 3rd c. BC	Yoda (Duratissa)	Fig. 34, bottom	4	1.0	10
3rd/2nd c. BC	Pavat	Fig. 33, top	9(14)	3.0(3.1)	22(33)
Early 2nd c. BC	Vavuni (Peliwapi)	40 NW Vavuniya	7(14)	4.1(3.3)	17(49)
2nd c. BC	Yoda Kandiya	Fig. 34, top	5	3.5	11
2nd/1st c. BC	Batalagoda	33 NW Kandy	9	1.8	4
80 BC	Nuwara	Fig. 33, center	11(11)	4.8(6.8)	43(44)
1st c. AD	Wahalkada	37 E Vavuniya	(19)	(5.1)	(53)
70+290 AD	Minneryya	15 NW Polonnaruwa	(21)	(1.9)	(136)
290 AD	Hunulu	26 NW Polonnaruwa	(25)	(2.4)	(68)
290 AD	Kaudulla	24 N Polonnaruwa	(15)	(9.2)	(51)
460 AD	Paskanda Ulpotha III	23 SE Polonnaruwa	34	?	?
40 BC+470 AD	Balalu + Kala	Fig. 33, bottom	(15)	(9.7)	(123)
540 AD	Nachchaduwa	Fig. 33, center	17(17)	1.7(1.6)	15(56)

In parenthesis: Modern dimensions after reconstruction.  
*Info.*: Record breaking dimensions.

### But des retenues:

Approvisionnement en eau de la capitale Anurâdhâpura (pendant 1000 ans) et des villes de Vavuniya et Polonnâruwa (y compris zones rurales autour de ces villes)





**Tissawewa, Sri Lanka, 300 BC**



Nuwara, Sri Lanka, 80 BC

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Sri Lanka - grandes retenues cinghalaises

#### Détails constructifs

- Barrages en remblai homogène avec pentes amont et aval faibles
- protection par pavage contre les vagues
- évacuateurs de crues combinés avec des dépressions rocheuses

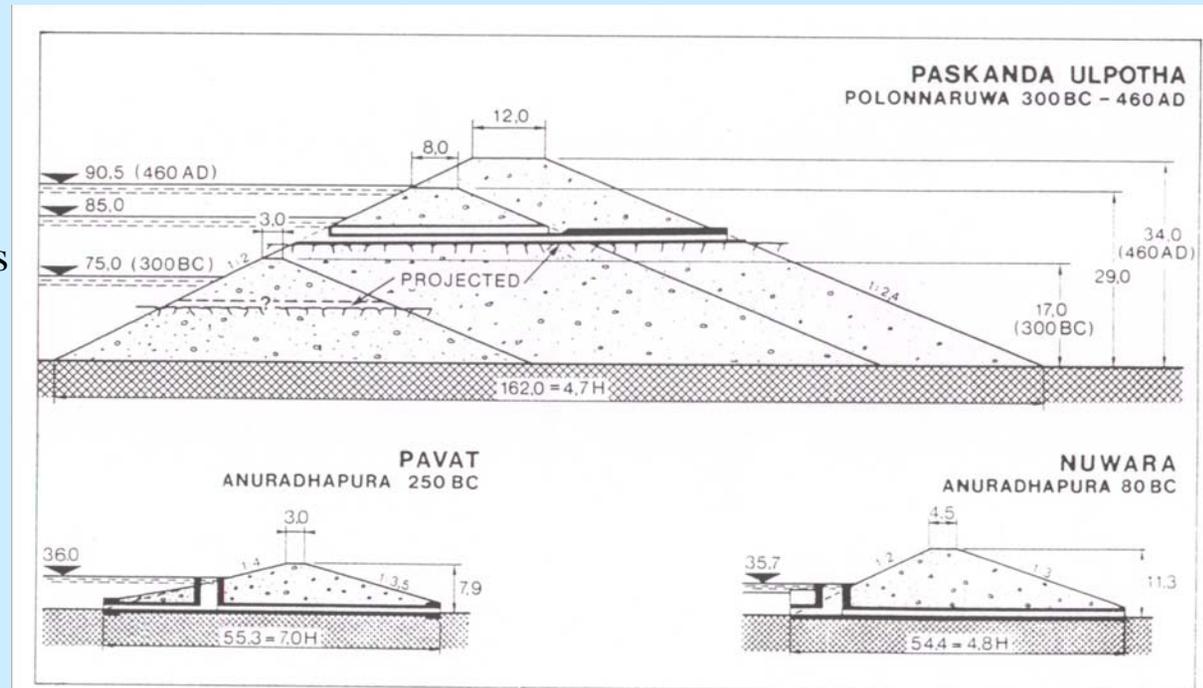


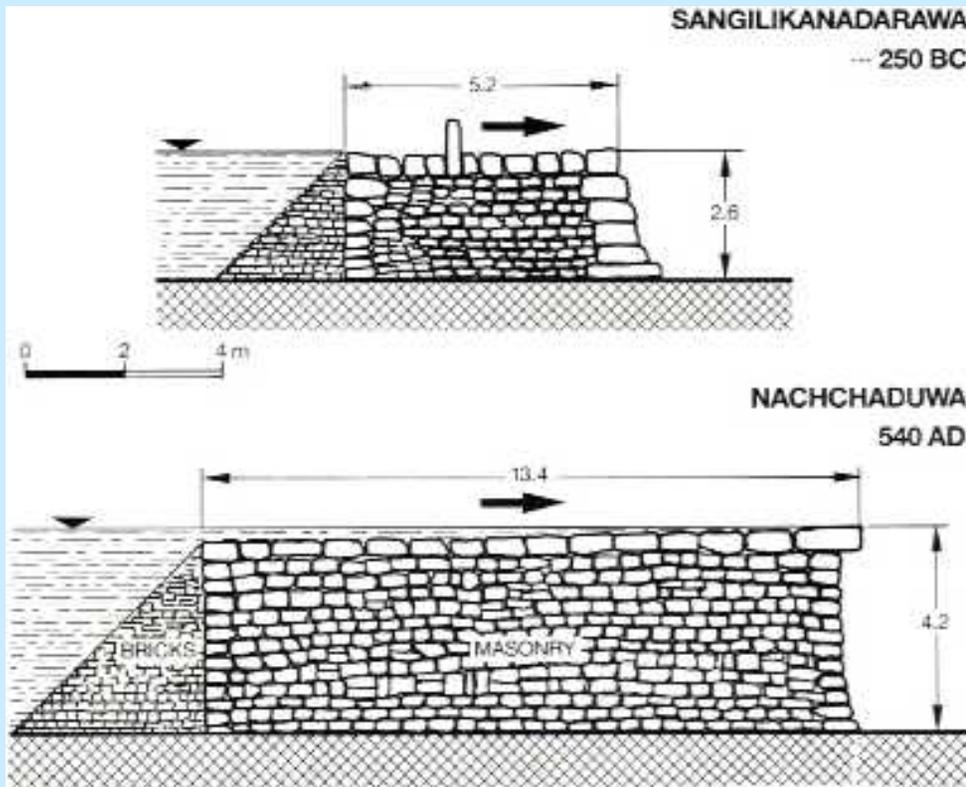
Figure 35. Cross sections of three ancient dams in Sri Lanka (after Parker 1909 and Benson et al. 1983).

# Barrages en remblai

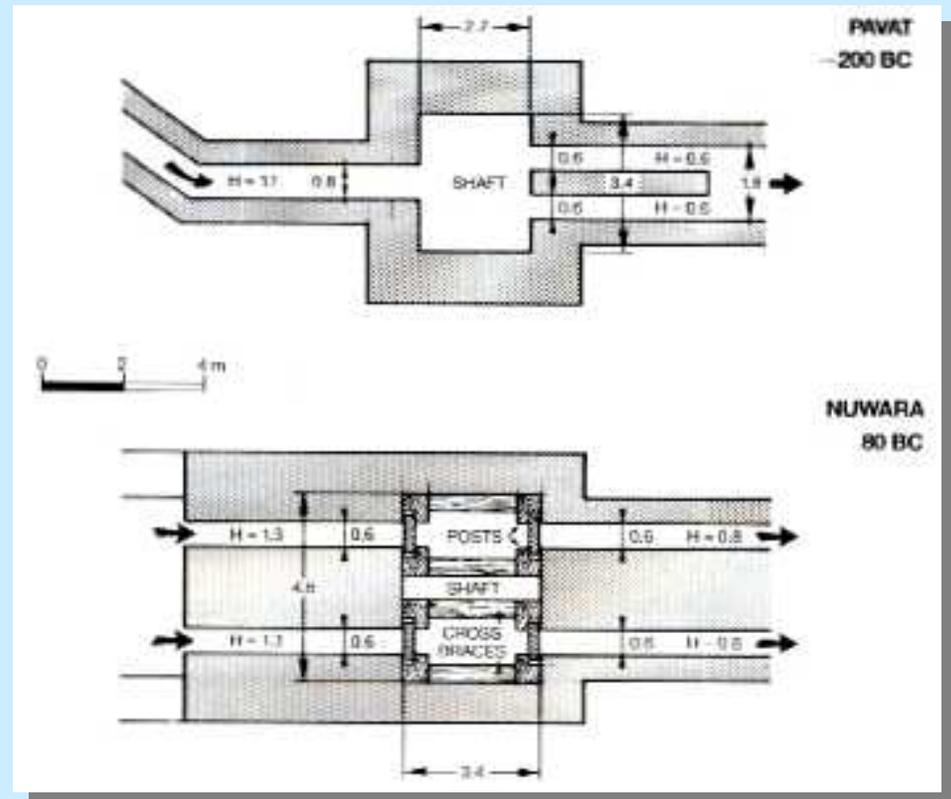
## Généralités - Choix des types

### Sri Lanka - grandes retenues cinghalaises

Evacuateurs de crues (murs submersibles)



Tour de prise d'eau



### Histoire

#### Développement dans la technique de construction des digues (dimensionnement)

- ⇒ B. Bassel (1907)
  - ◆ largeur de base min. pour mobiliser le frottement (Facteur de sécurité: 10)
- ⇒ Fellinius (1926)
  - ◆ méthode de calcul pour la stabilité de pentes basée sur des cercles de glissement
- ⇒ von Terzaghi (1926)
  - ◆ principe de la mécanique des sols, effet de la pression interstitielle (concept des contraintes effectives)
- ⇒ Proctor R. (1933)
  - ◆ teneur en eau optimum pour le compactage, pentes min. de 1:2 à 1:4
- ⇒ Janbu et Bishop (1954/55)
  - ◆ méthodes analytiques pour le calcul de la stabilité des digues



# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Généralités

⇒ Pourcentage de digues réalisées par rapport au nombre total de barrages

	Hauteur dépassant	
	15 m	100 m
Monde	80..85 %	45 %
Suisse	37 %	8 %

⇒ Hauteur maximale sur fondations

Monde	Nurek (Tadjikistan)	(1980)	300 m
Suisse	Gscheneralp	(1960)	155 m
	Mattmark	(1967)	120 m
	Marmorera	(1956)	91 m

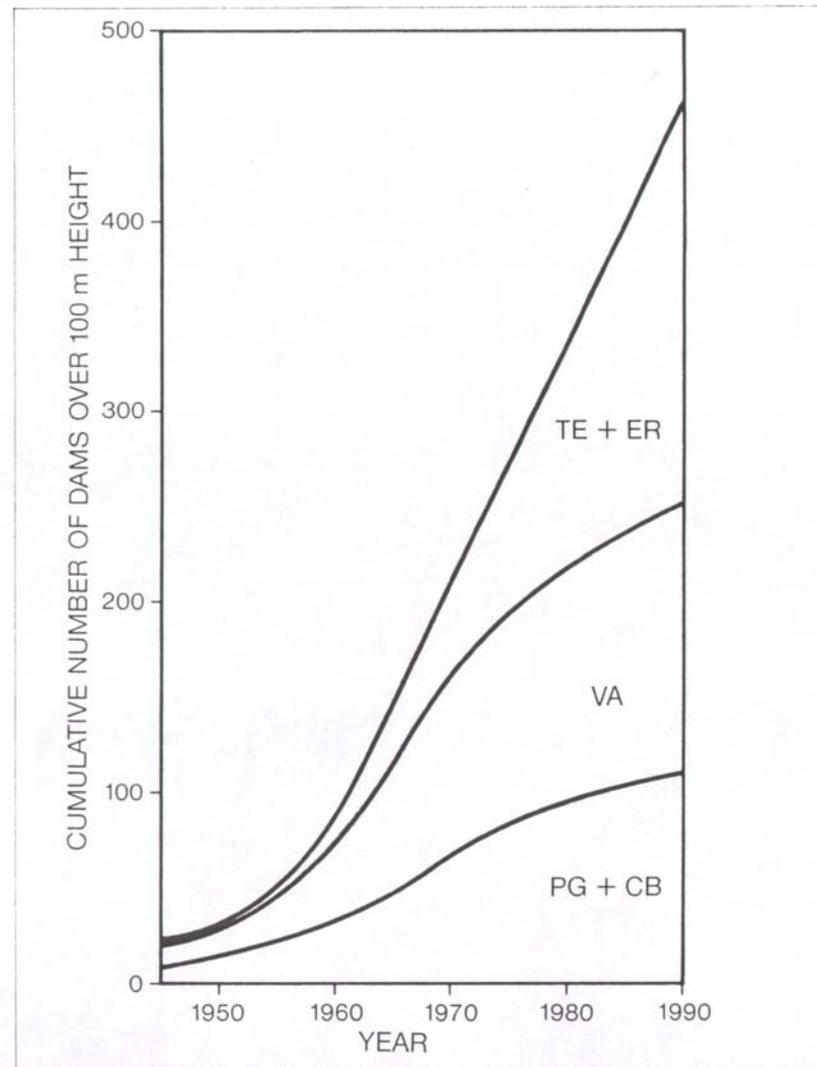
# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Généralités

⇒ Pourcentage de digues réalisées plus hautes que 100 m par rapport aux barrages en béton

Worldwide development of high dam construction since World War II, showing the successive replacement of the gravity and buttress types (PG+CB) by the arch (VA), and, of the latter, by the earth and rockfill dams (TE+ER).





**Goescheneralp, Uri, 155 m**

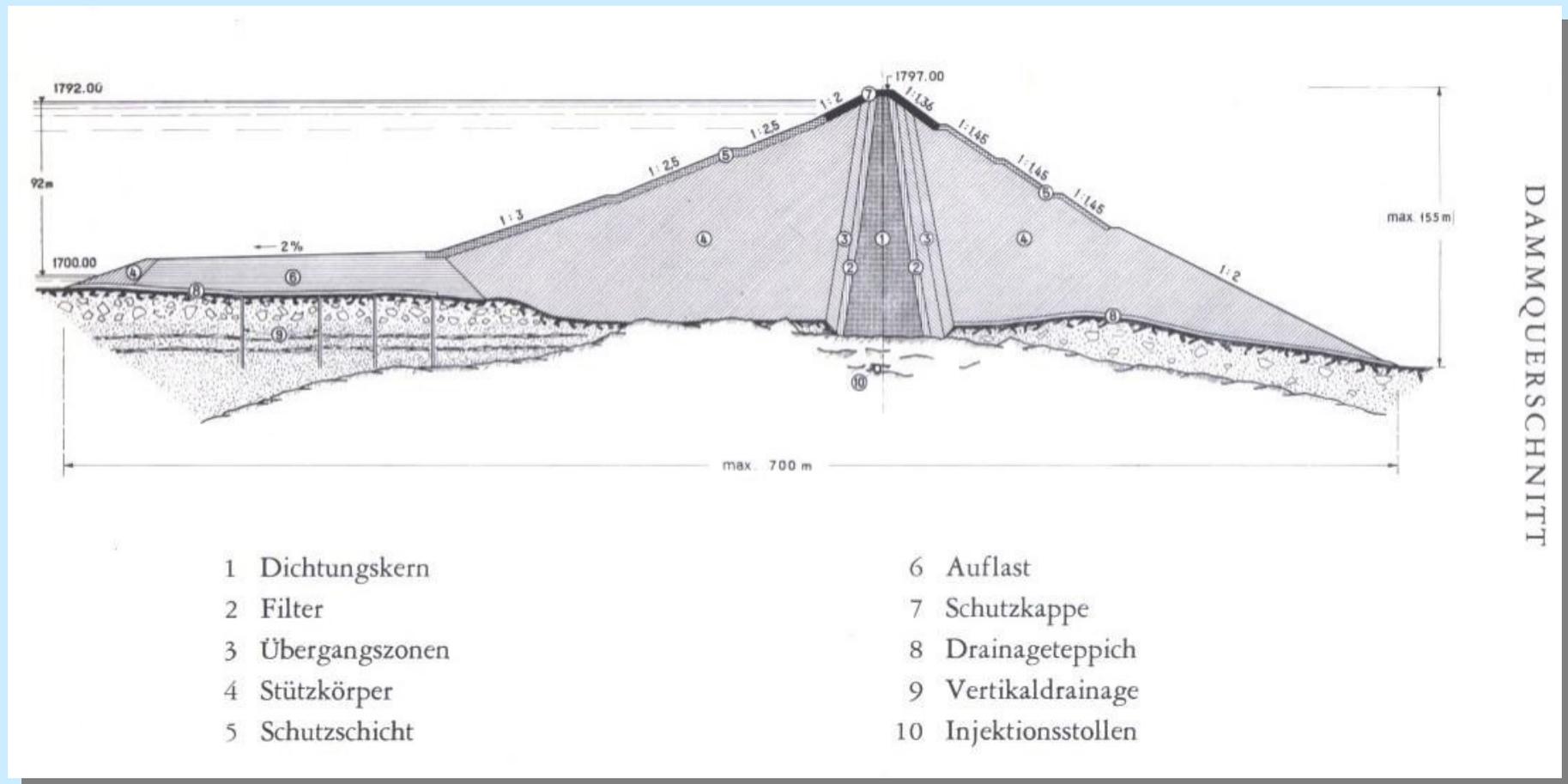


Goescheneralp, Uri, 155 m

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

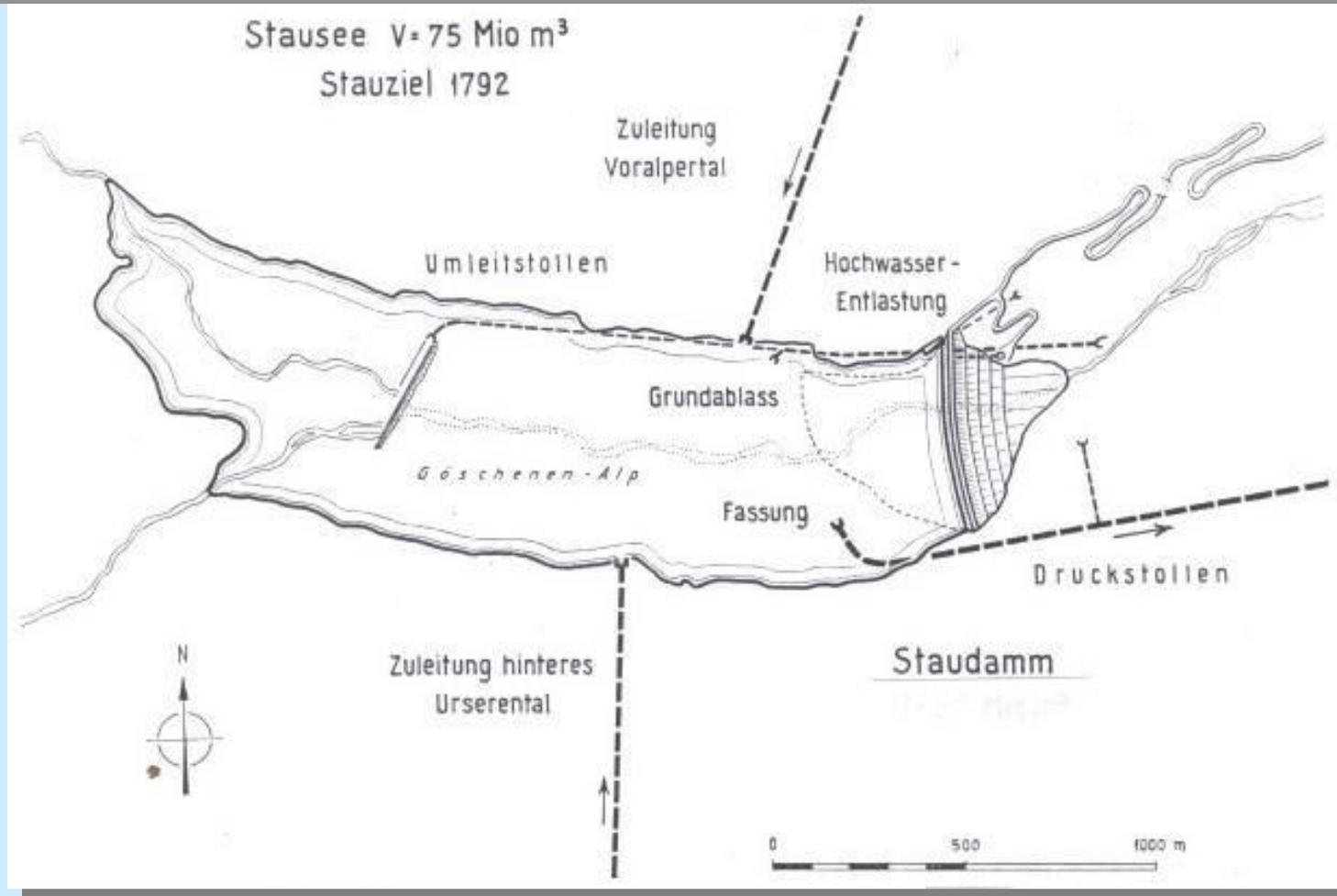
### Göscheneralp, Kt. Uri, 155 m



# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Göscheneralp, Kt. Uri, 155 m





Goescheneralp, Uri, 155 m



**Goescheneralp, Uri, 155 m**



Goescheneralp, Uri, 155 m

Goescheneralp, Uri, 155 m



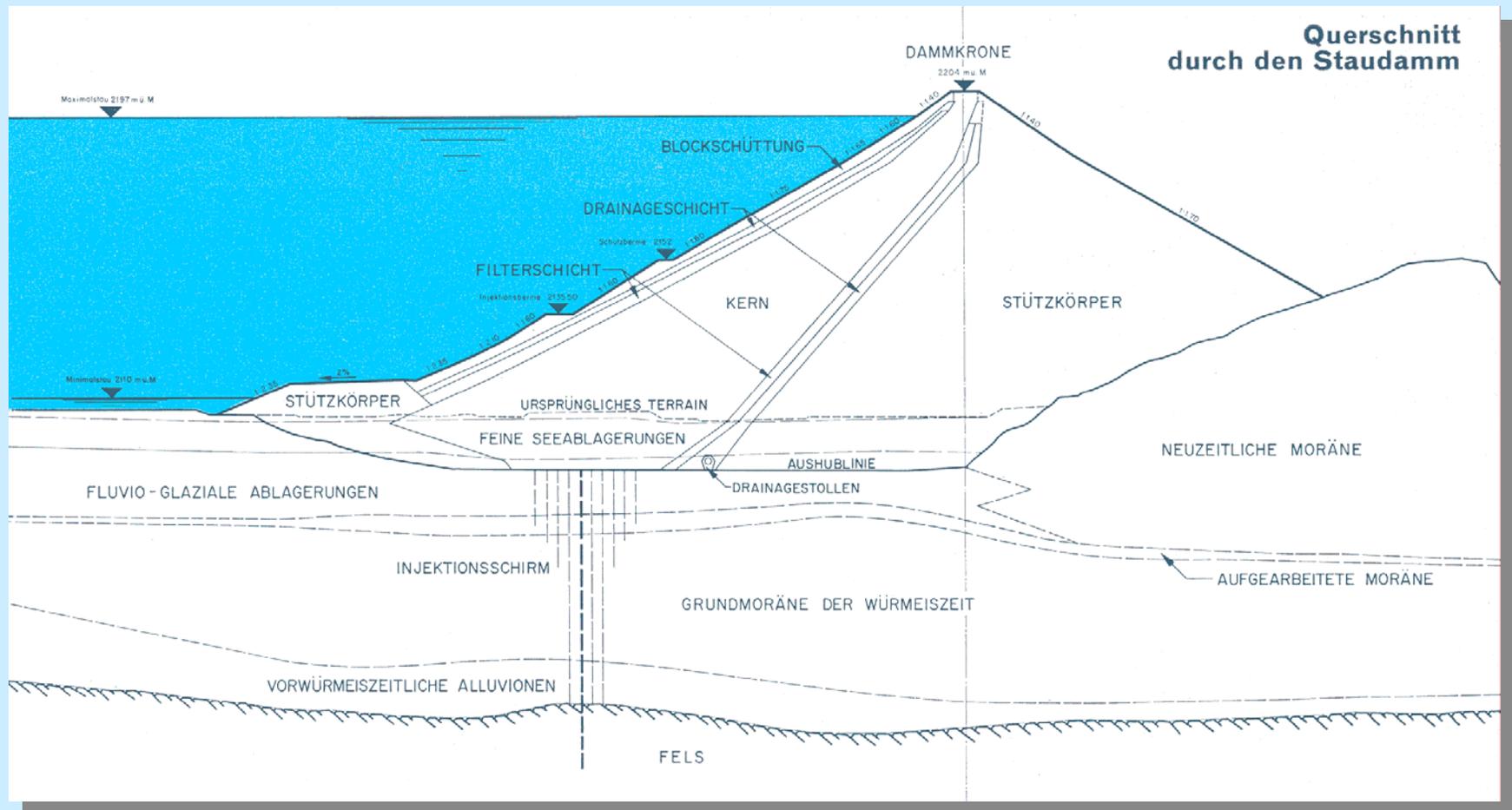


Mattmark, Valais, , 120 m, 1967

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

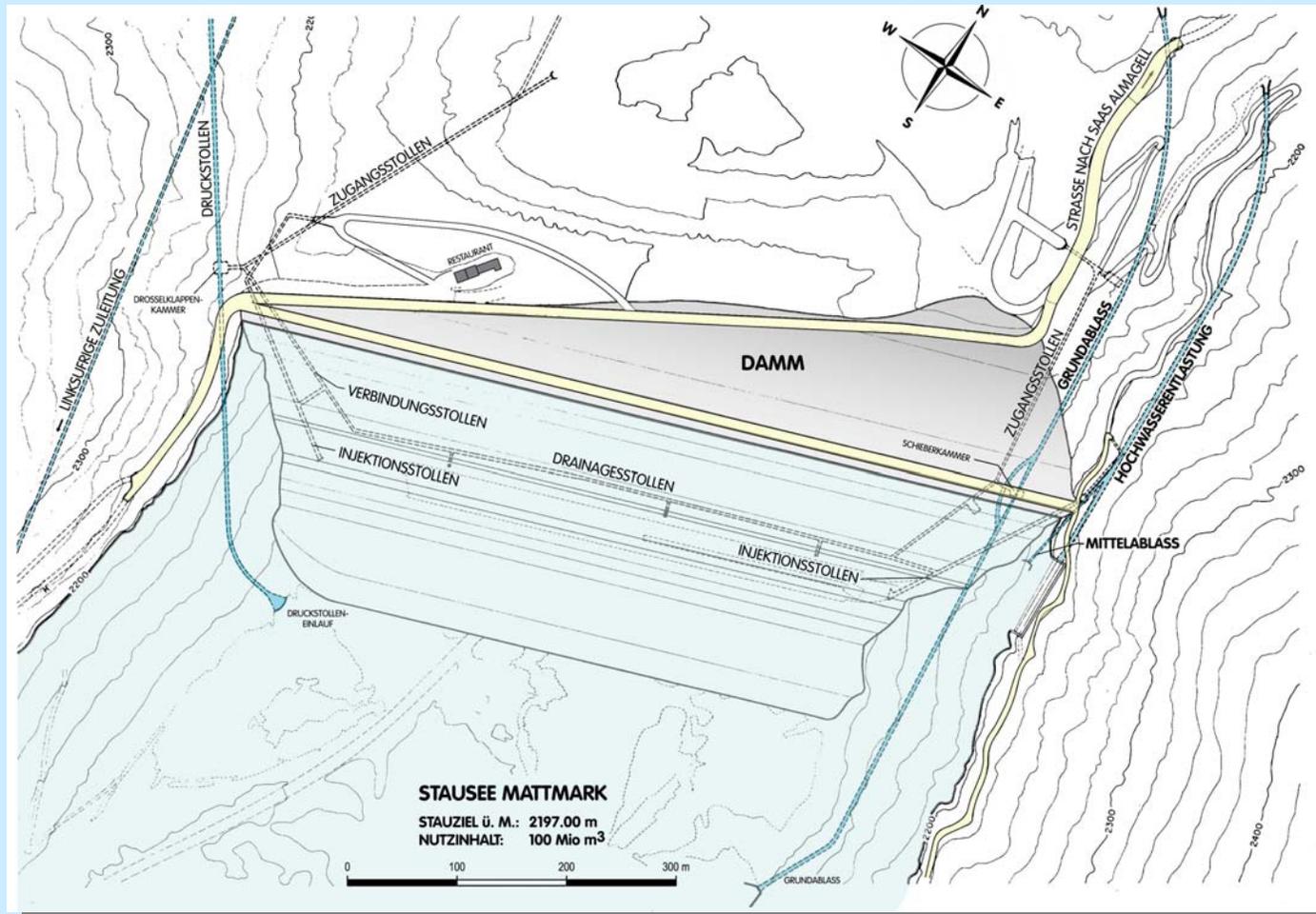
### Mattmark, Valais, 120 m, 1967



# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

Mattmark, Valais, 120 m, 1967





Mattmark, Valais, , 120 m, 1967

Mattmark, Valais, , 120 m, 1967



Mattmark, Valais, , 120 m, 1967



# Barrages en remblai

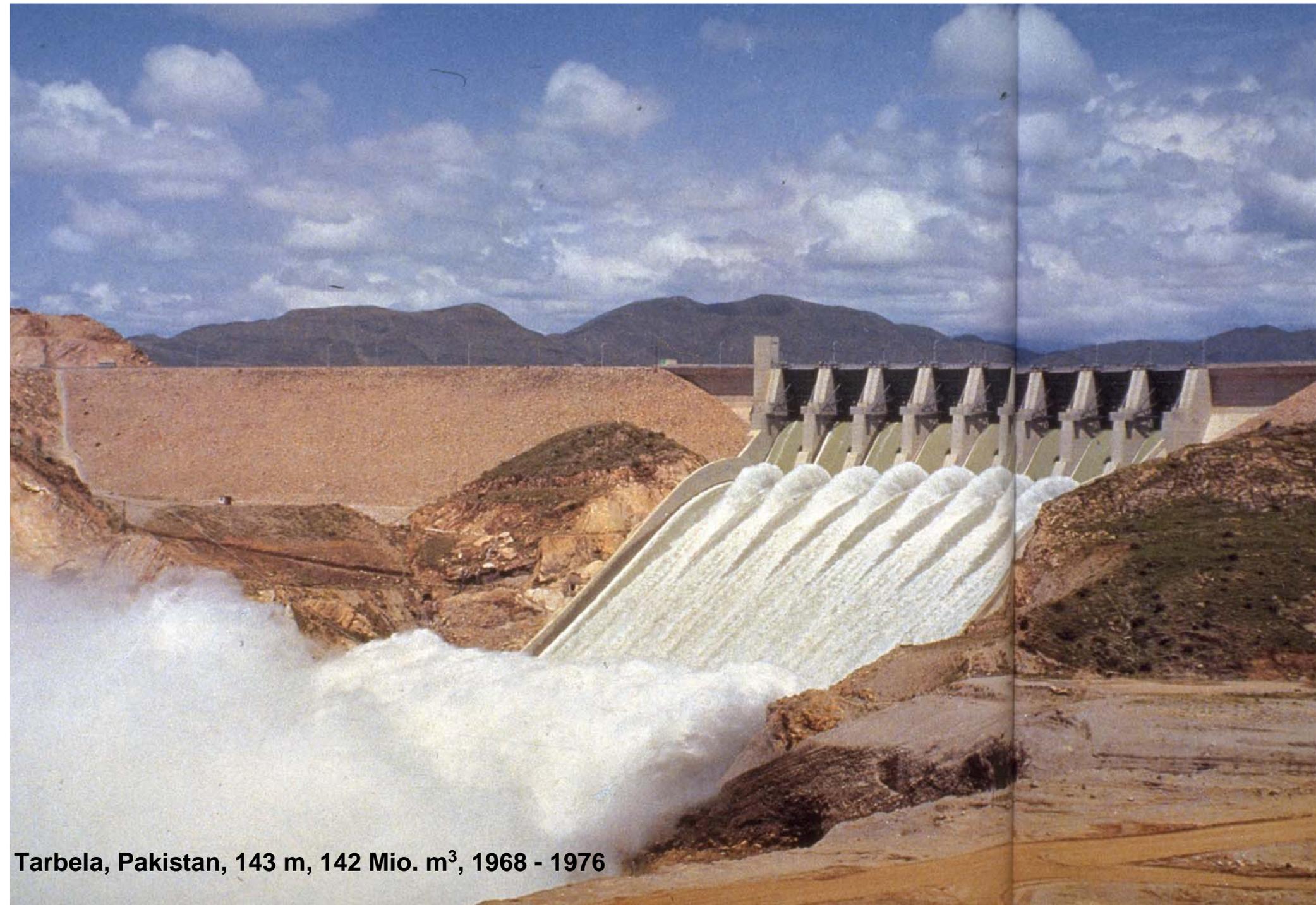
## Généralités - Choix des types

Mattmark, Valais, 120 m, 1967



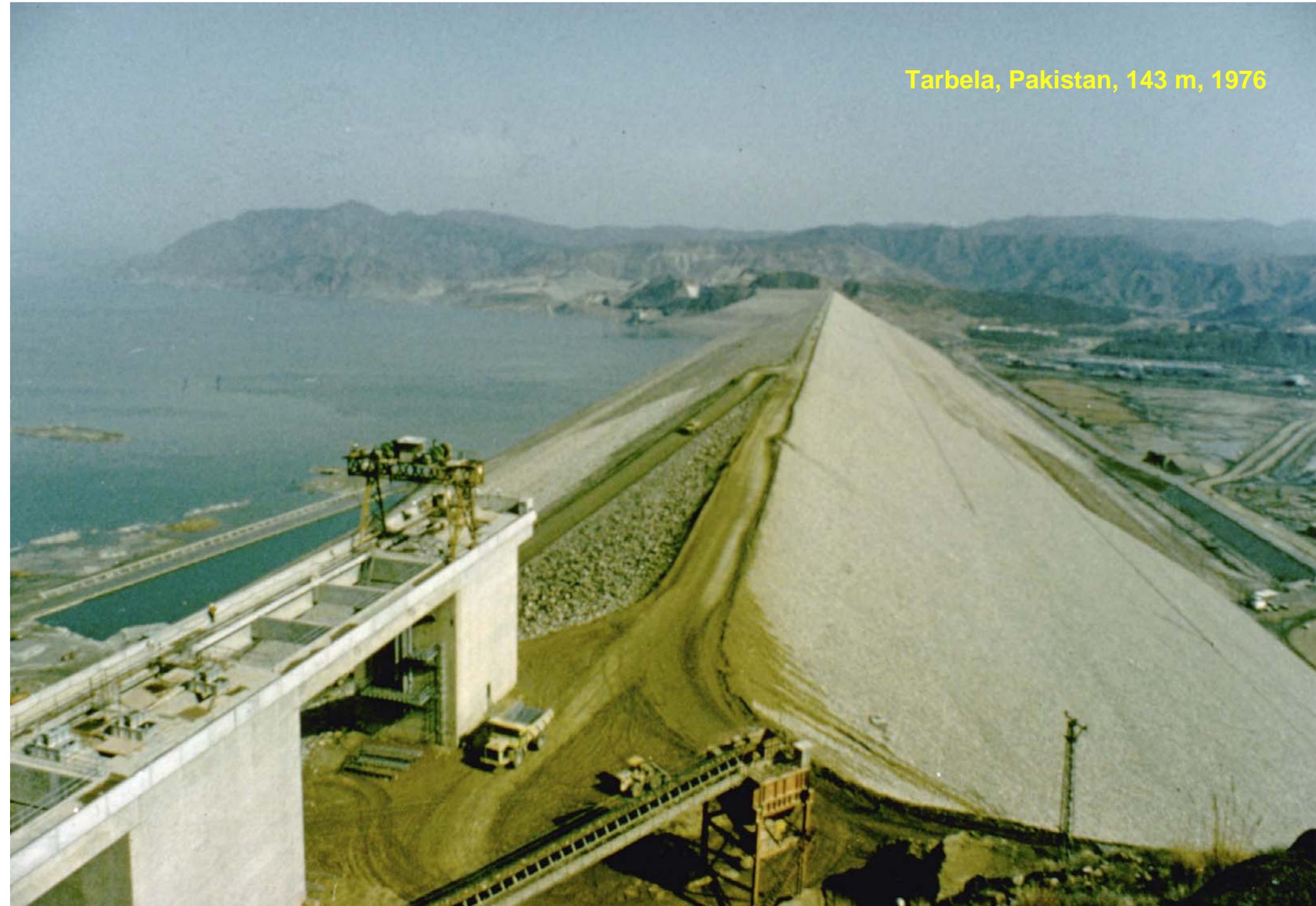


Marmorera, Grison, 91 m, 1954

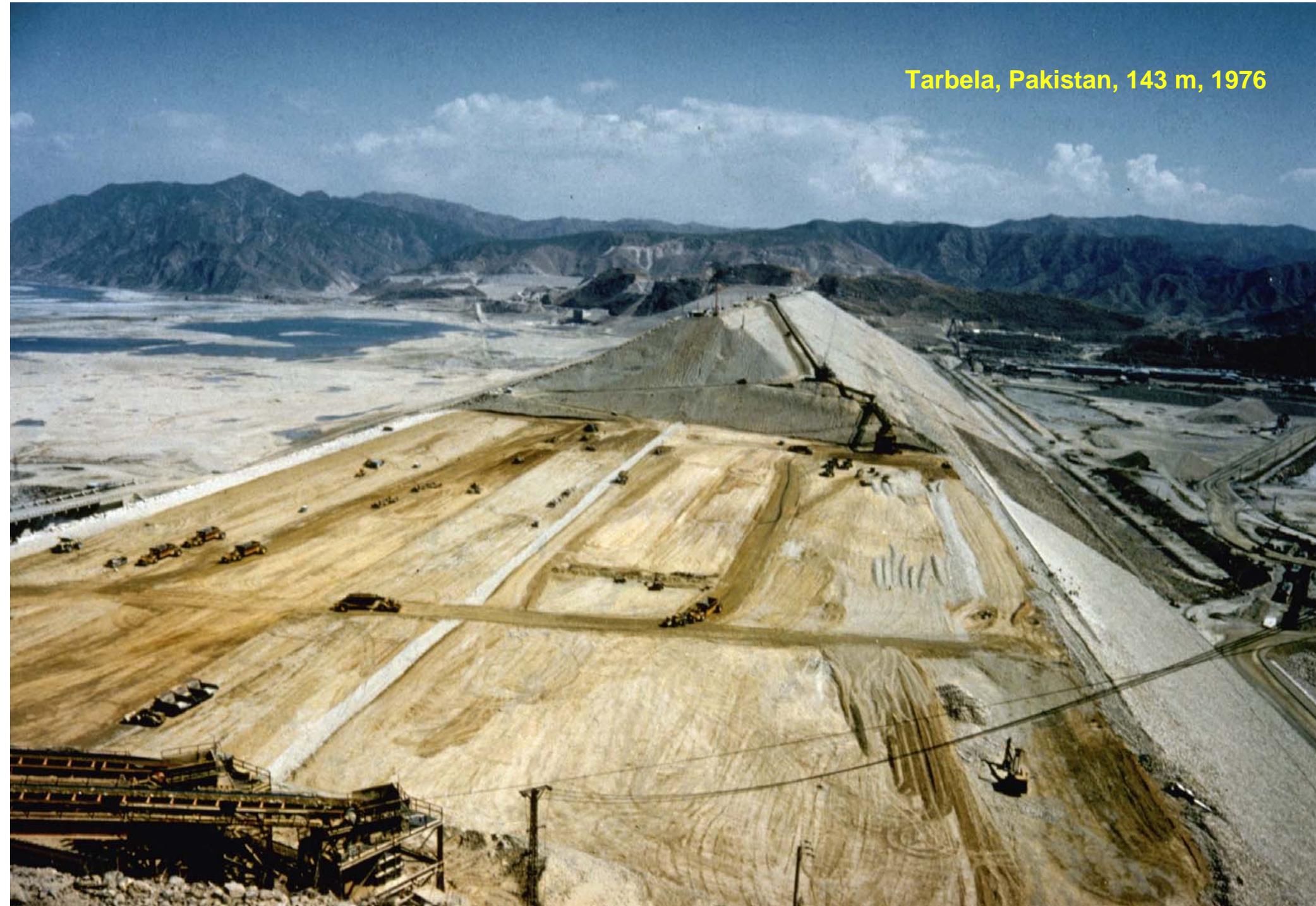


**Tarbela, Pakistan, 143 m, 142 Mio. m<sup>3</sup>, 1968 - 1976**

Tarbela, Pakistan, 143 m, 1976



Tarbela, Pakistan, 143 m, 1976



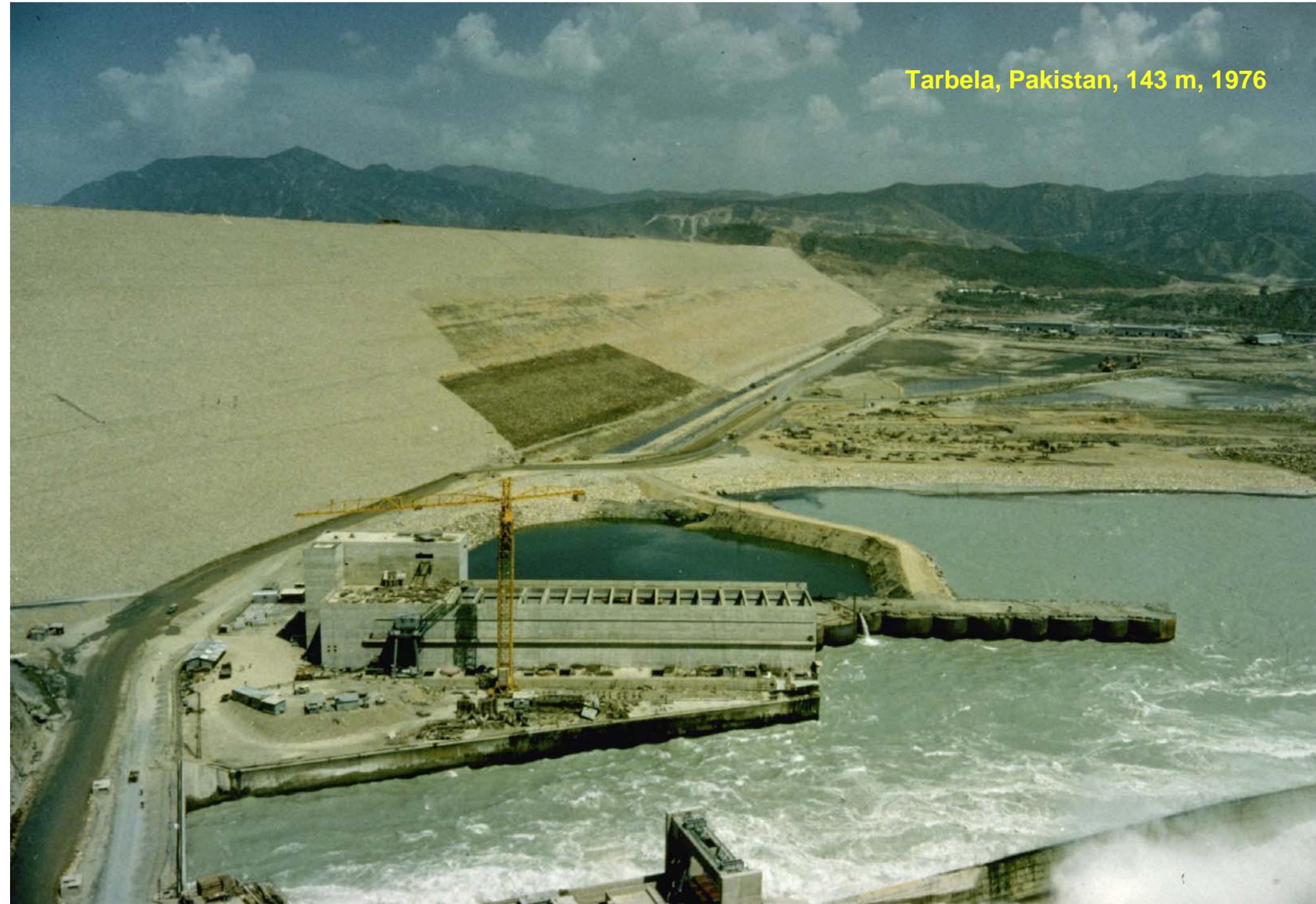


Tarbela, Pakistan, 143 m, 1976

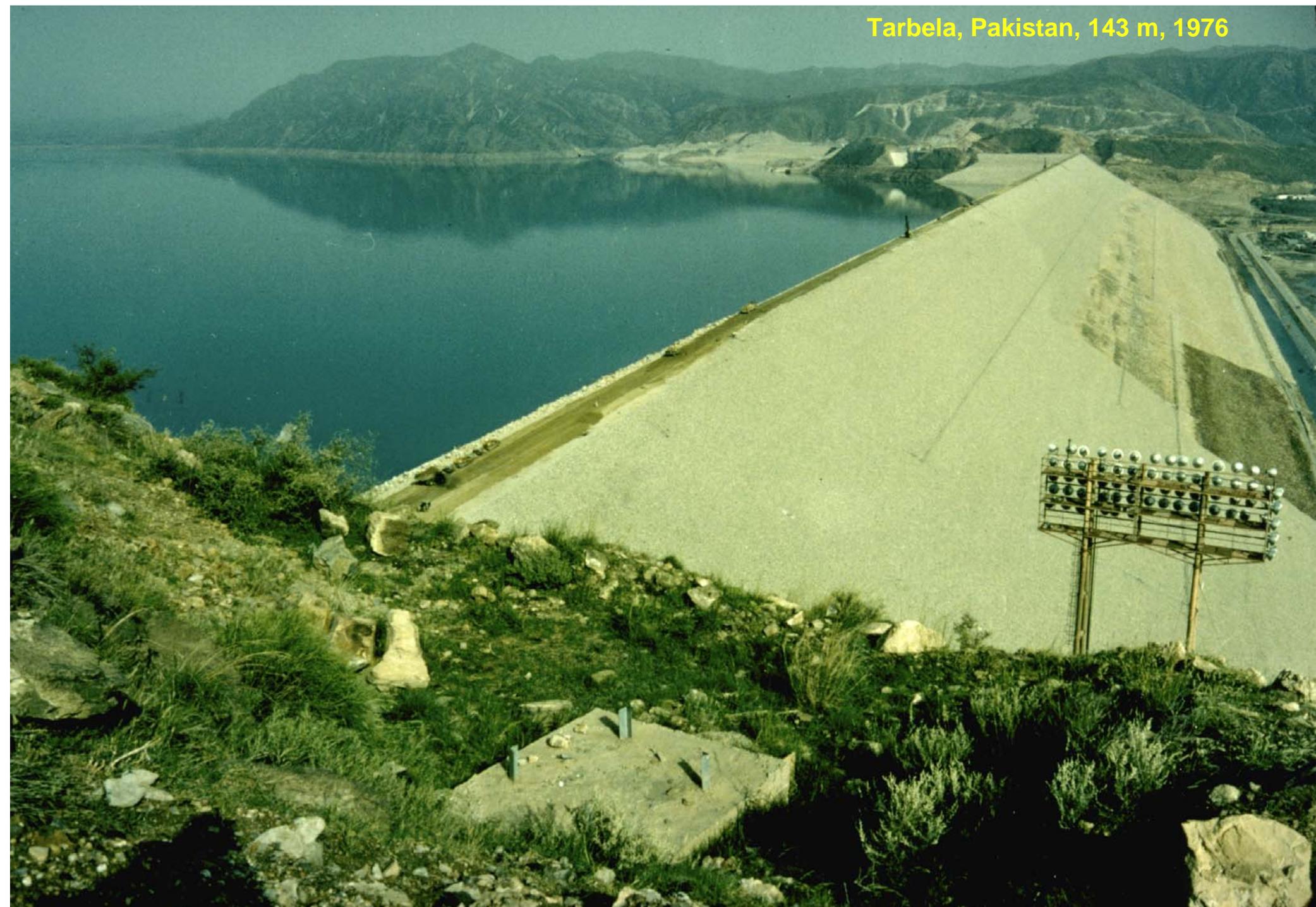
Tarbela, Pakistan, 143 m, 1976



Tarbela, Pakistan, 143 m, 1976



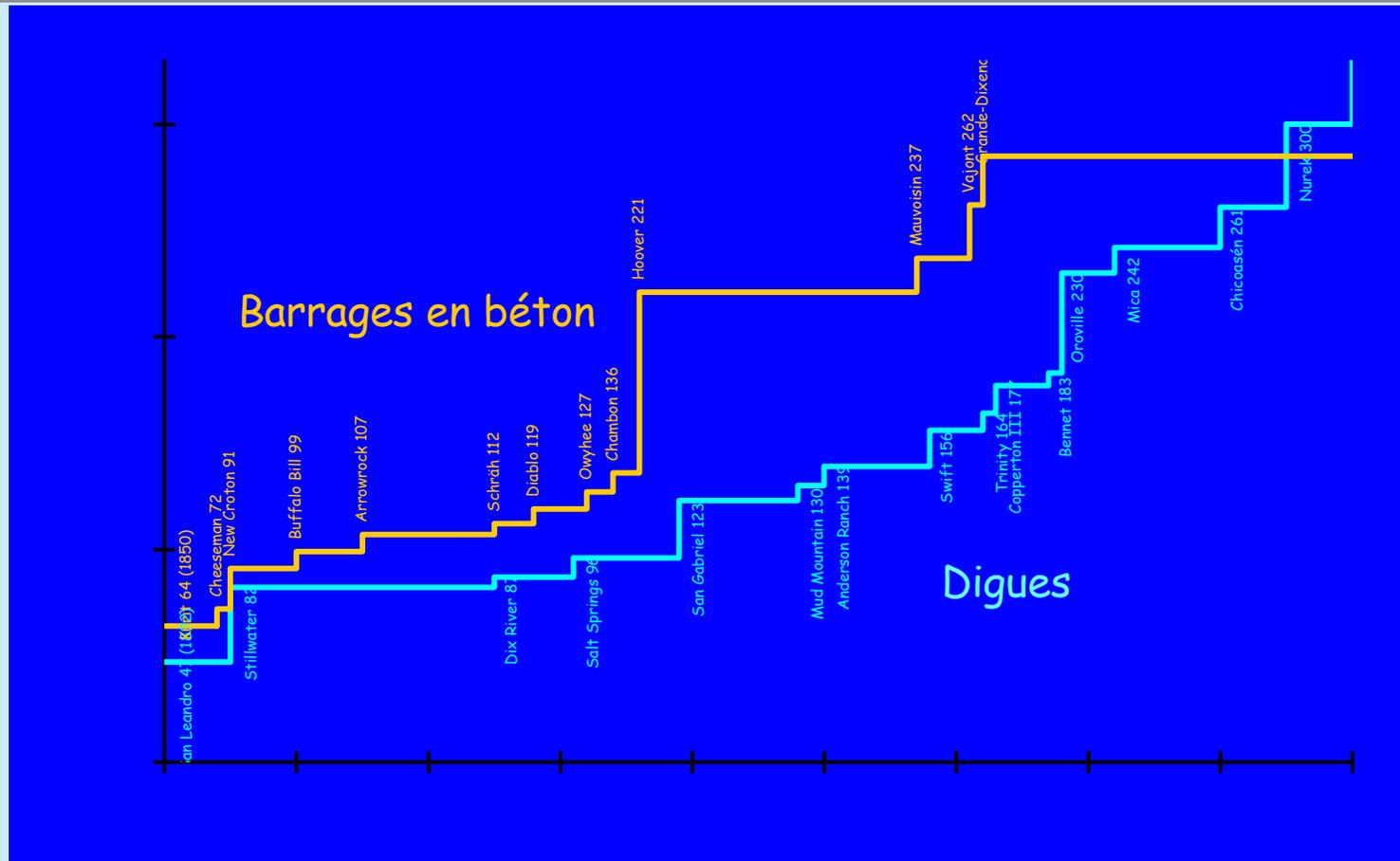
Tarbela, Pakistan, 143 m, 1976

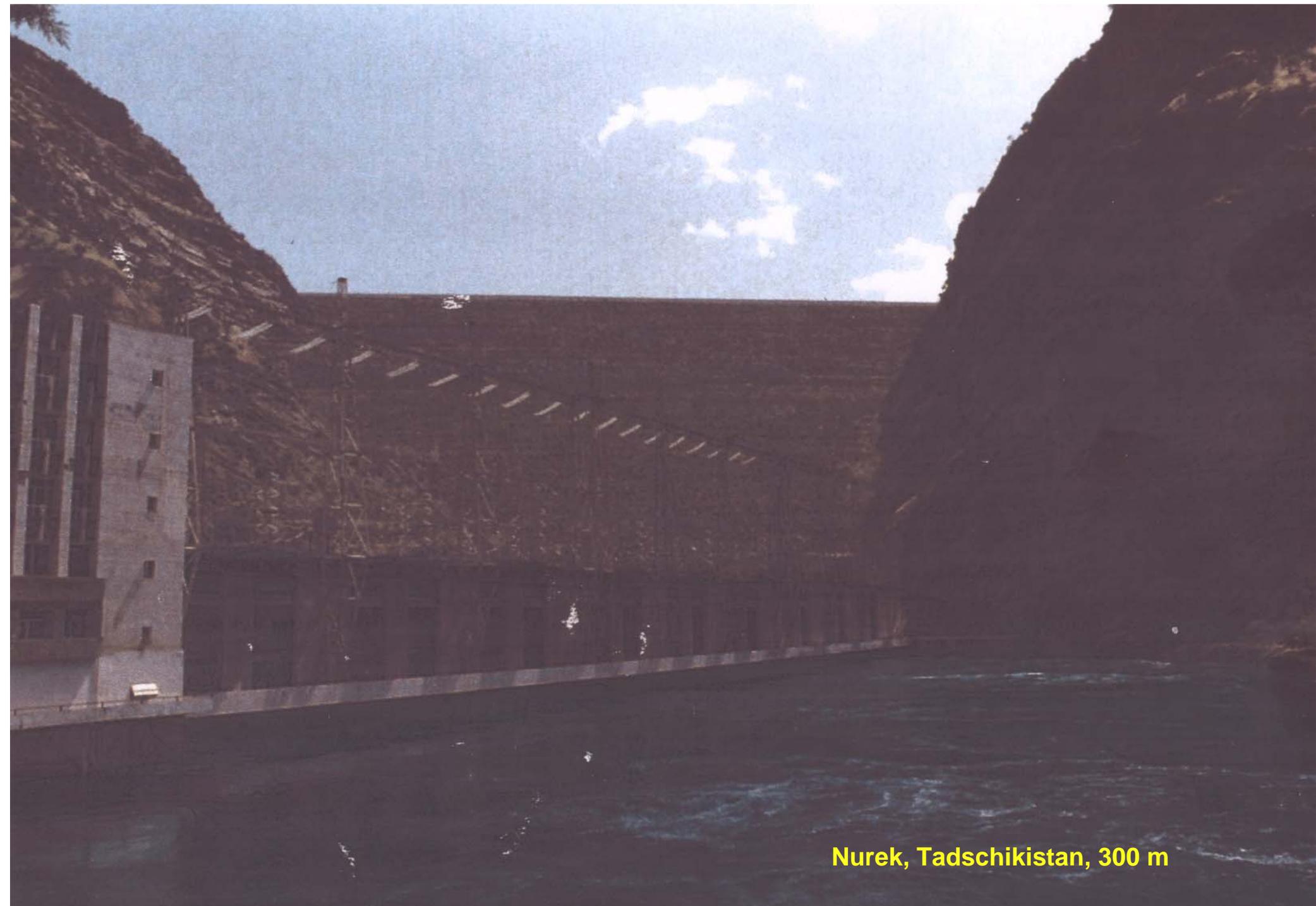


# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Rétrospective sur l'évolution de la hauteur maximale des barrages





**Nurek, Tadschikistan, 300 m**

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Critères de choix pour les sites

#### ⇒ Avantages des digues par rapport aux barrages en béton

- ◆ géologie et topographie moins déterminantes
- ◆ installations et équipements moins sophistiqués
- ◆ peu susceptible aux tassements et aux séismes

#### ⇒ Topographie

- ◆ forme de la vallée
- ◆ géologie
- ◆ matériaux de remblais

#### ⇒ Géologie

- ◆ réservoir
- ◆ site
- ◆ matériaux

#### ⇒ Fondation

- ◆ rocher ou matériaux meubles

#### ⇒ Comportement des digues

- ◆ construction
- ◆ consolidation
- ◆ variations du plan d'eau

#### ⇒ Ouvrages annexes

- ◆ dérivation provisoire
- ◆ vidange de fond
- ◆ prise d'eau
- ◆ évacuateur de crues

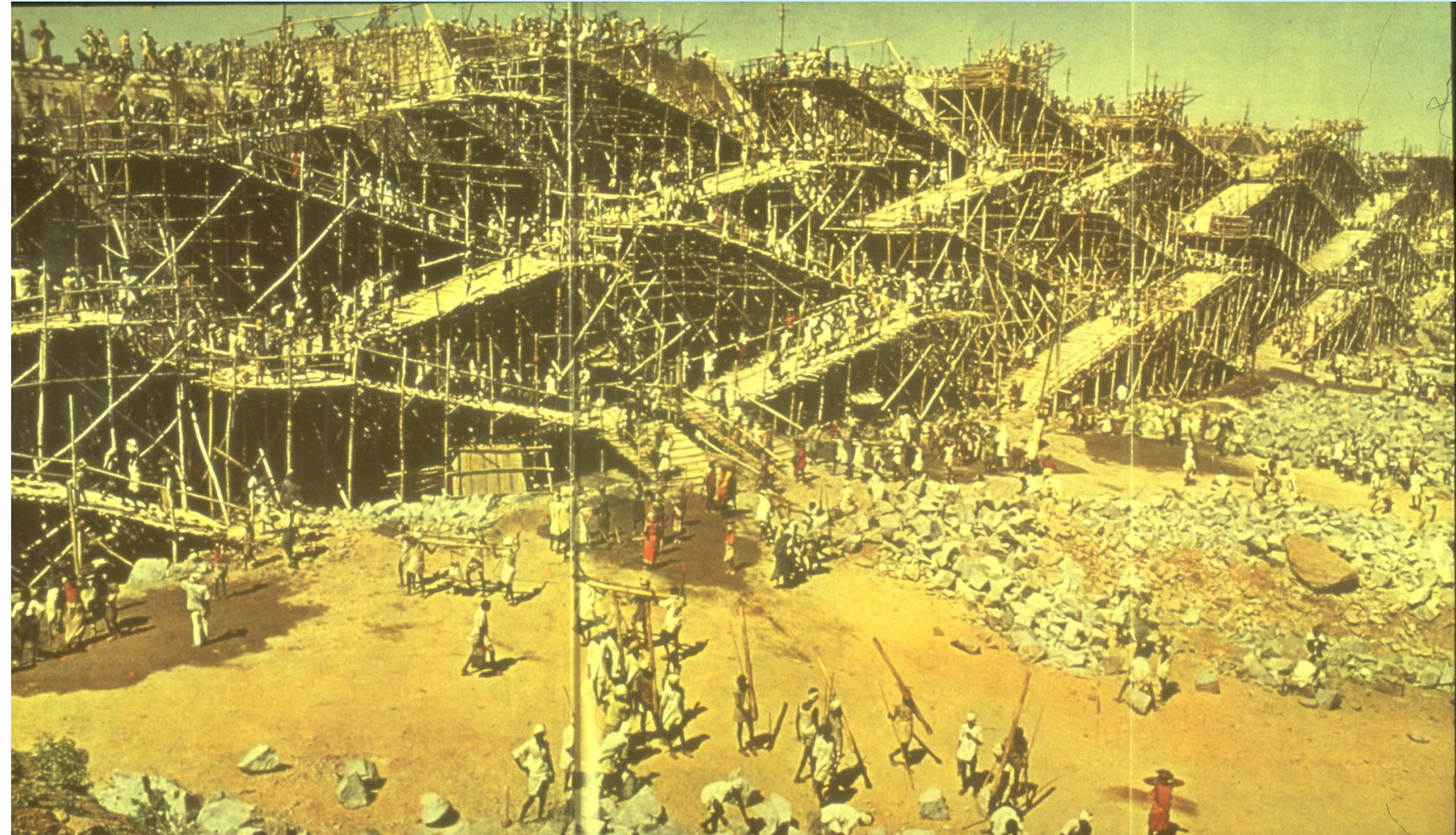
# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

---

---

---



## Critères de choix de sites - Topographie

Alicura, Argentine



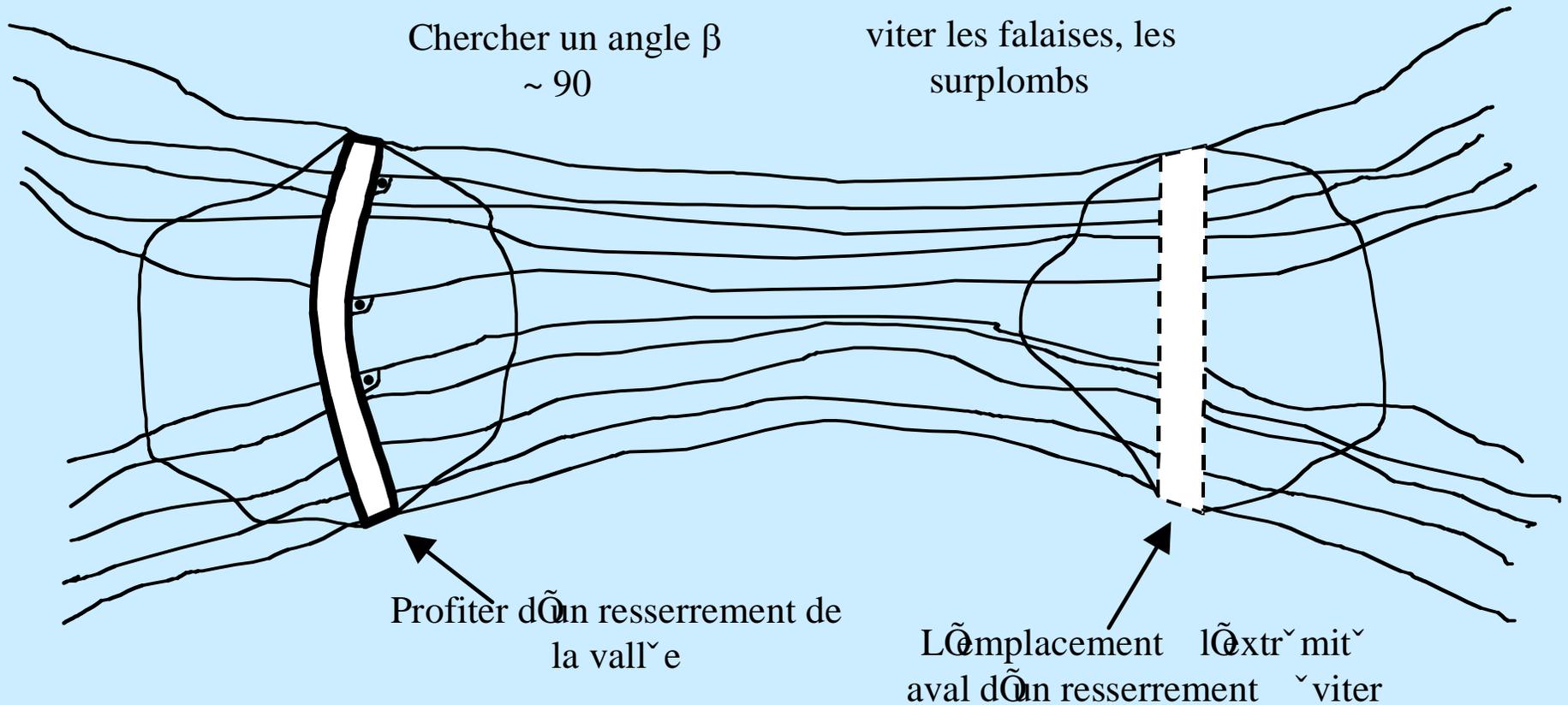
Alicura, Argentine, 130 m, 1987, 13 Mio. m<sup>3</sup>



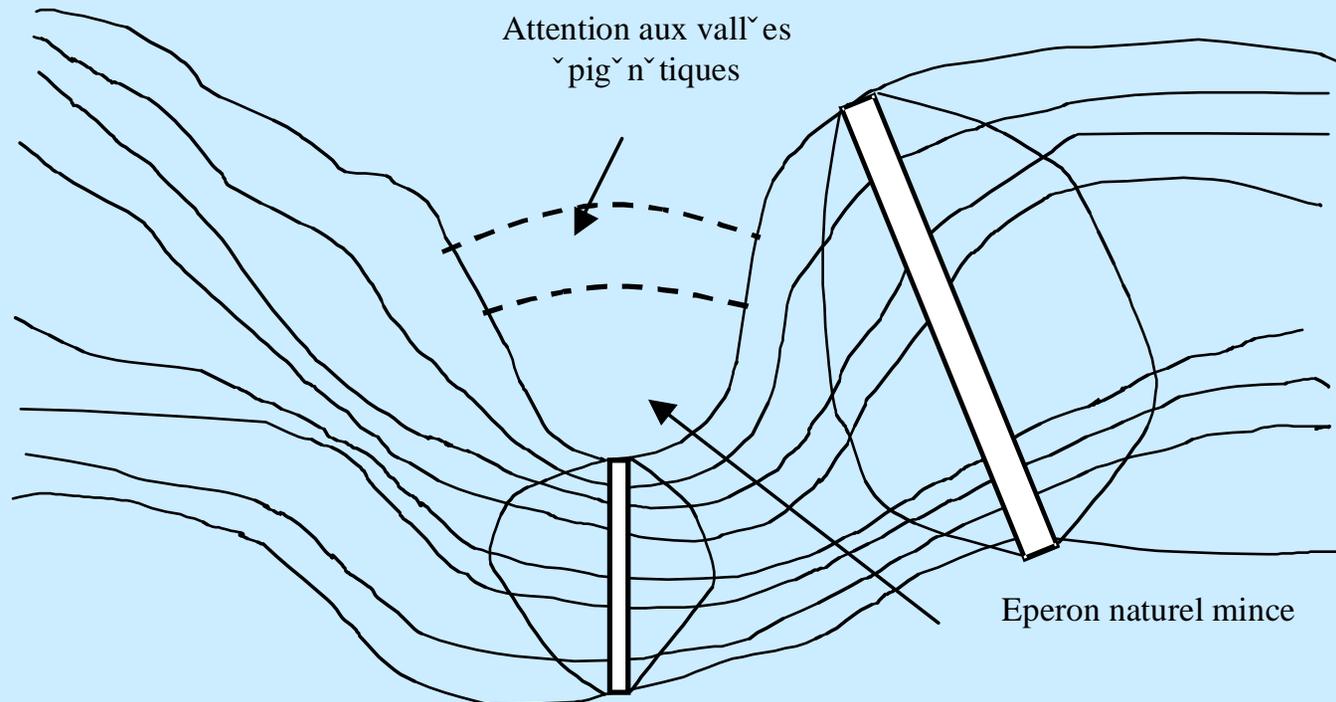
# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Critères de choix de sites - Topographie



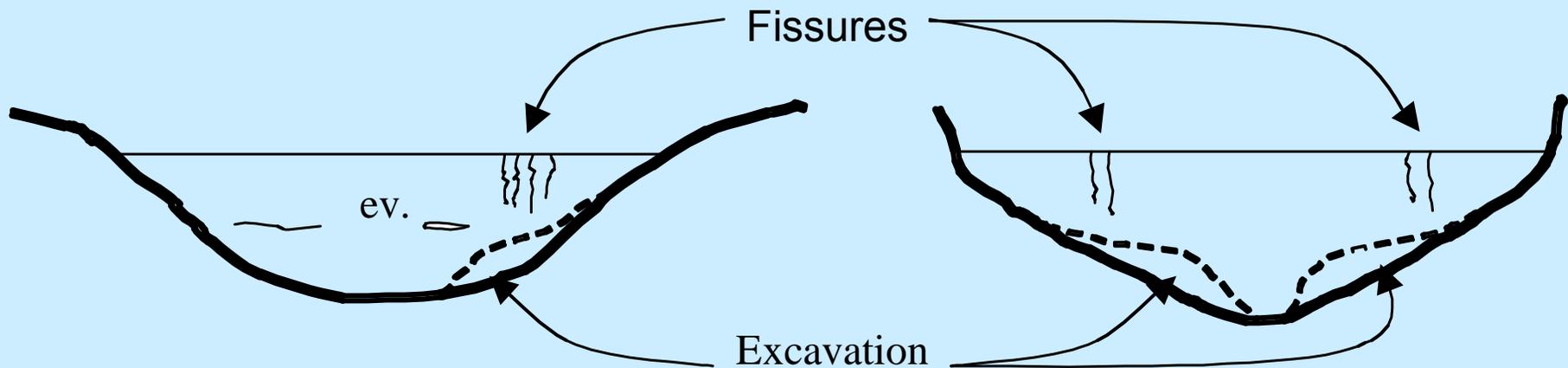
### Critères de choix de sites - Topographie



Attention d'utiliser un eperon naturel mince □ pentes raides, seulement si la forme est garantie par la qualité du rocher.

Critères de choix de sites - Topographie

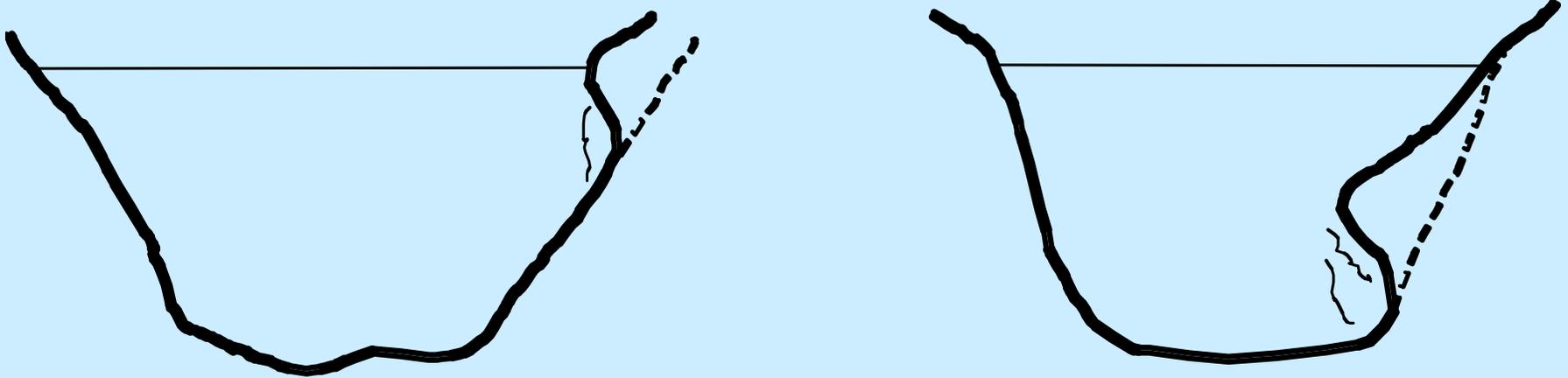
Coupes transversales



Eviter un changement brusque de la pente de l'apui!

Critères de choix de sites - Topographie

Coupes transversales



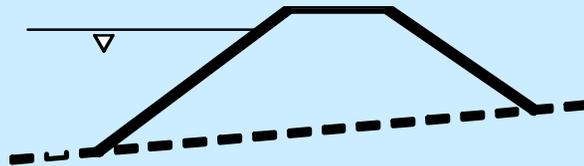
Eviter des appuis subverticaux et surtout des surplombs !

# Barrages en remblai

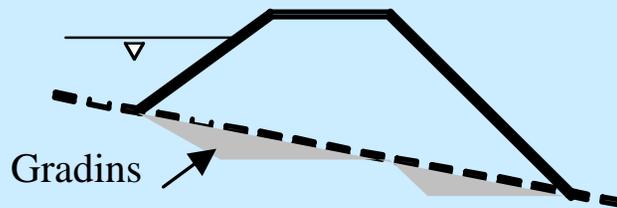
## Généralités - Choix des types

### Critères de choix de sites - Topographie

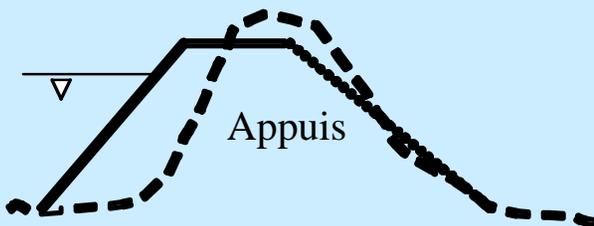
#### Coupes longitudinales



Une fondation inclinée vers l'amont est préférable



Si la fondation est inclinée vers l'aval, des gradins sont indispensables



Eviter que la prolongation du parement tombe dans le vide

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Critères de choix pour les sites

#### ⇒ Avantages des digues par rapport aux barrages en béton

- ◆ géologie et topographie moins déterminantes
- ◆ installations et équipements moins sophistiqués
- ◆ peu susceptible aux tassements et aux séismes

#### ⇒ Topographie

- ◆ forme de la vallée
- ◆ géologie
- ◆ matériaux de remblais

#### ⇒ Géologie

- ◆ réservoir
- ◆ site
- ◆ matériaux

#### ⇒ Fondation

- ◆ rocher ou matériaux meubles

#### ⇒ Comportement des digues

- ◆ construction
- ◆ consolidation
- ◆ variations du plan d'eau

#### ⇒ Ouvrages annexes

- ◆ dérivation provisoire
- ◆ vidange de fond
- ◆ prise d'eau
- ◆ évacuateur de crues

#### Critères de choix de sites - Géologie

Les précautions à prendre et les investigations à effectuer pour un barrage en remblai sont équivalentes à celles qu'on prendrait pour un barrage en béton, même si **les exigences concernant la qualité du sous-sol sont moins prononcées**

Lorsque la géologie n'est pas favorable à la réalisation d'un ouvrage en béton, le barrage en remblai peut constituer une alternative. Dans ce cas (**géologie médiocre**), les connaissances approfondies de la géologie sont indispensables pour garantir la faisabilité d'un barrage en remblai.

La construction nécessite **d'importants volumes de matériaux de remblai**. La prospection détaillée de toute la région entourant un site, accompagnée d'une étude géotechnique, est indispensable.

L'étude de faisabilité est le fruit du travail conjoint de l'ingénieur et du géologue.

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Reconnaitances géologiques

#### ⇒ Réservoir

- ◆ étanchéité du réservoir
- ◆ stabilité des rives
- ◆ transport / apport de matériaux solides

#### ⇒ Site

- ◆ étanchéité des appuis
- ◆ stabilité des appuis
- ◆ stabilité des excavations à la surface et en souterrain
- ◆ écoulements souterraines
- ◆ degré et profondeur d'altération superficielle

#### ⇒ Matériaux

(collaboration avec un ingénieur géotécnicien)

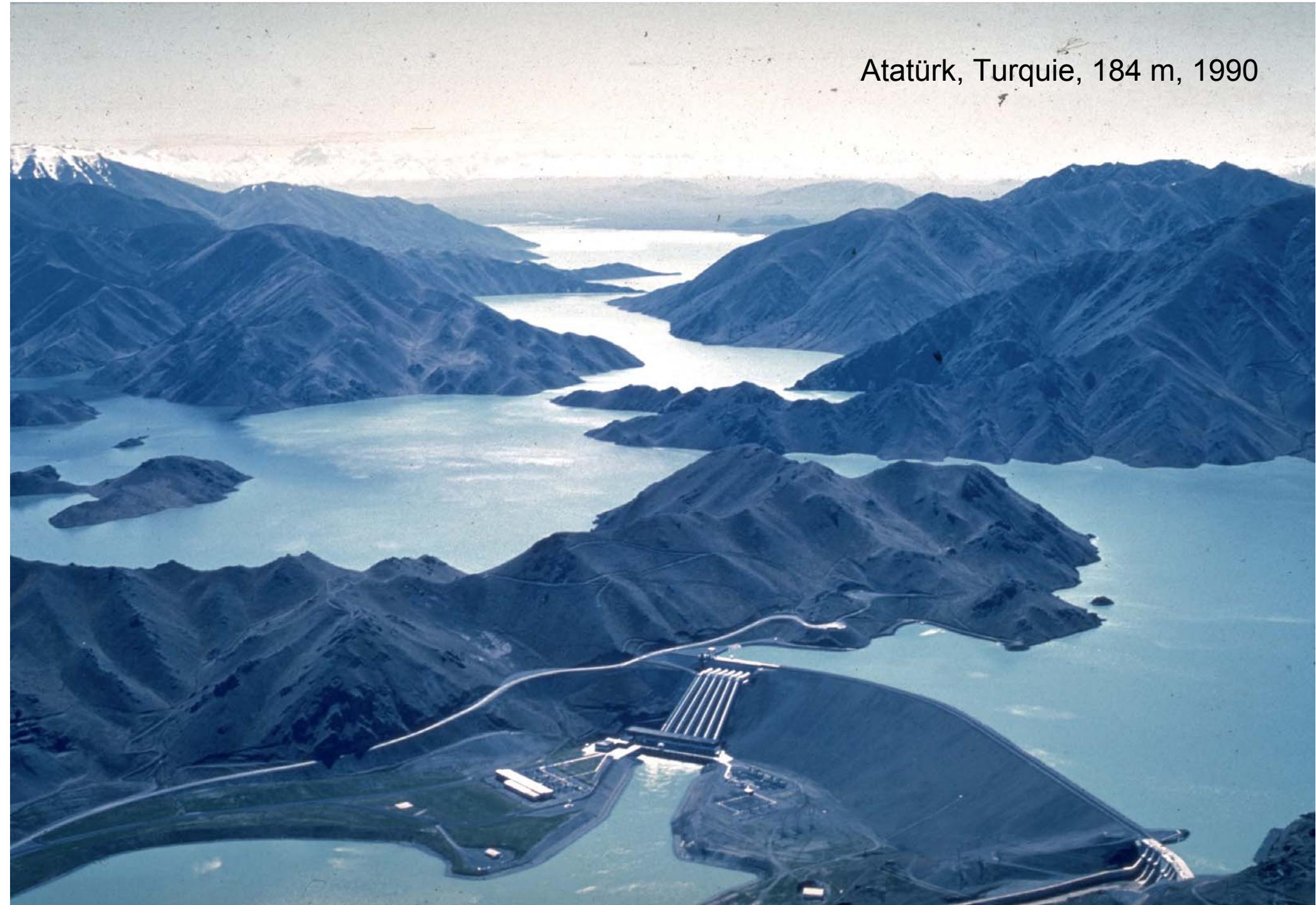
- ◆ inventaire des matériaux meubles exploitables
- ◆ volume approximatif de matériaux meubles disponible pour la construction
- ◆ nature et volume de roches de carrière (éventuellement)



Karkeh, Iran, 127 m



Atatürk, Turquie, 184 m, 1990



---

Atatürk, Turquie, 184 m, 1990

QuickTime™ et un  
décompresseur TIFF (non compressé)  
sont requis pour visionner cette image.

---

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Critères de choix pour les sites

#### ⇒ Avantages des digues par rapport aux barrages en béton

- ◆ géologie et topographie moins déterminantes
- ◆ installations et équipements moins sophistiqués
- ◆ peu susceptible aux tassements et aux séismes

#### ⇒ Topographie

- ◆ forme de la vallée
- ◆ géologie
- ◆ matériaux de remblais

#### ⇒ Géologie

- ◆ réservoir
- ◆ site
- ◆ matériaux

#### ⇒ Fondation

- ◆ rocher ou matériaux meubles

#### ⇒ Comportement des digues

- ◆ construction
- ◆ consolidation
- ◆ variations du plan d'eau

#### ⇒ Ouvrages annexes

- ◆ dérivation provisoire
- ◆ vidange de fond
- ◆ prise d'eau
- ◆ évacuateur de crues

#### Influence de la condition de la fondation sur le choix des digues

- ⇒ Il y a peu d'ouvrages de génie civil comme les digues où l'interdépendance entre l'ouvrage et sa fondation est tellement évidente.
- ⇒ Les conditions de réalisation des fondations ont une influence prépondérante sur:
  - ◆ la forme et la profondeur de l'excavation
  - ◆ la disposition et les dimensions des éléments d'étanchéité
  - ◆ les pentes amont et aval de la digue (stabilité)
  - ◆ les déformations futures
  - ◆ l'eau de filtration (percolation à travers l'ouvrage)

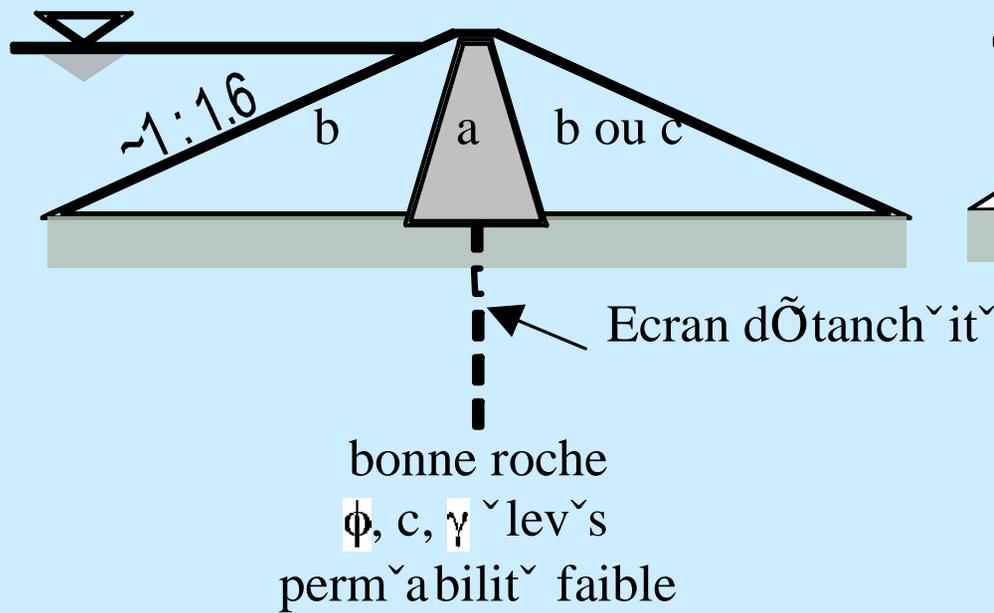
# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

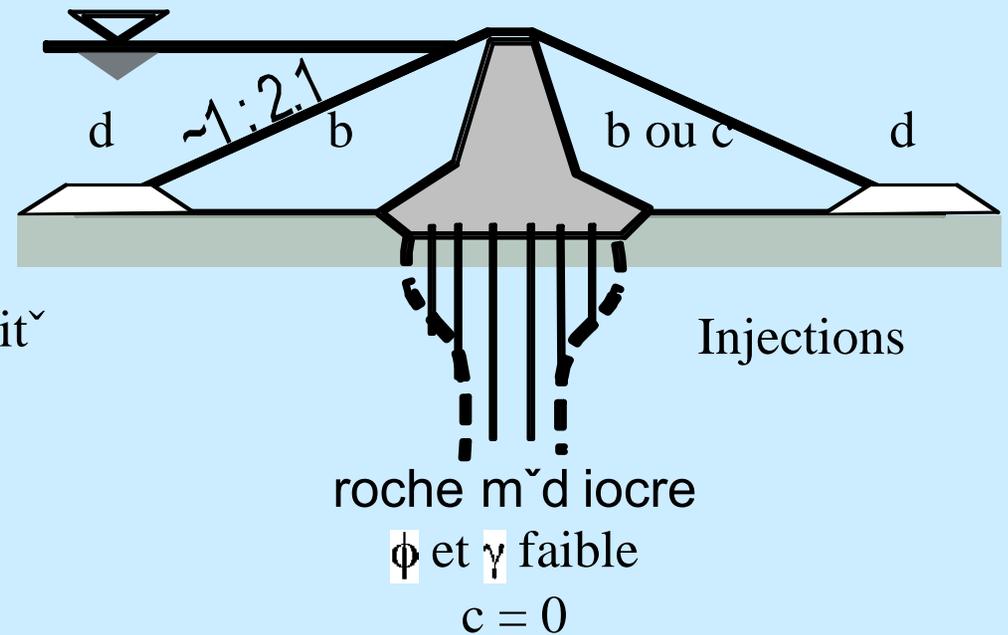
Influence de la condition de la fondation sur le choix des digues

### Fondation sur rocher

Noyau mince



Noyau large



# Barrages en remblai

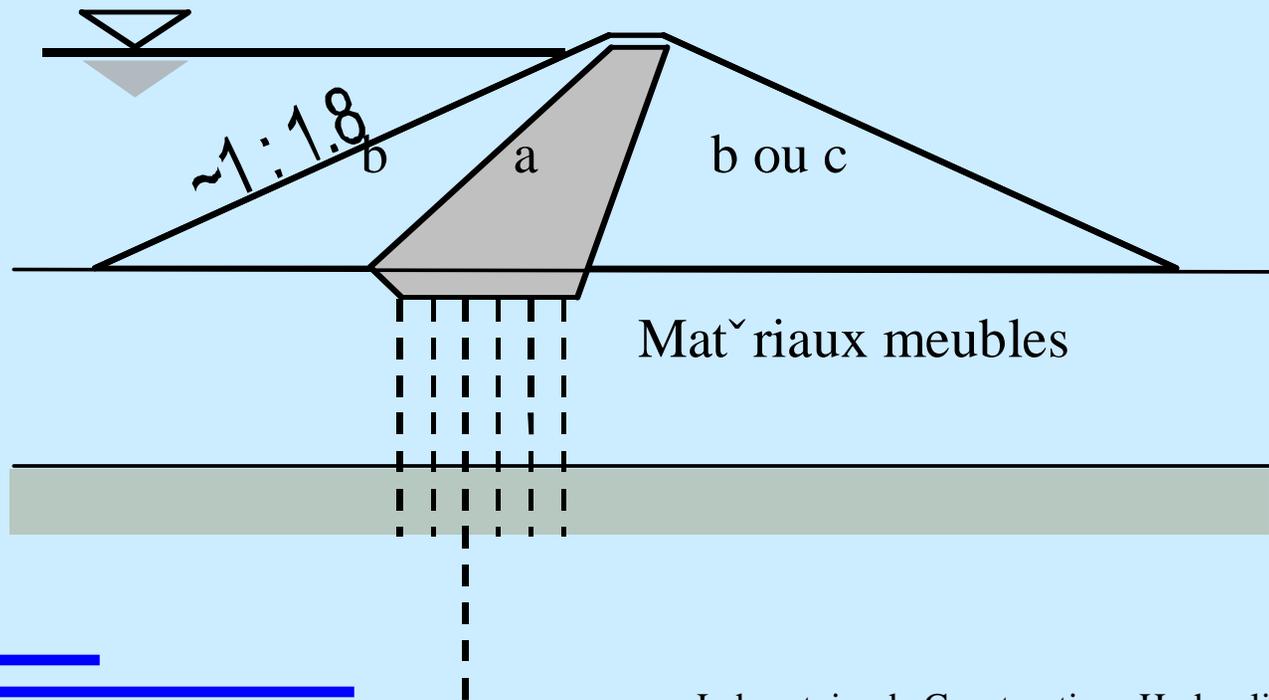
## Généralités - Choix des types

### Influence de la condition de la fondation sur le choix des digues

#### Fondation sur matériaux meubles et perméables

Sous-sol peu compressible et injectable

#### Noyau inclin<sup>é</sup>



# Barrages en remblai

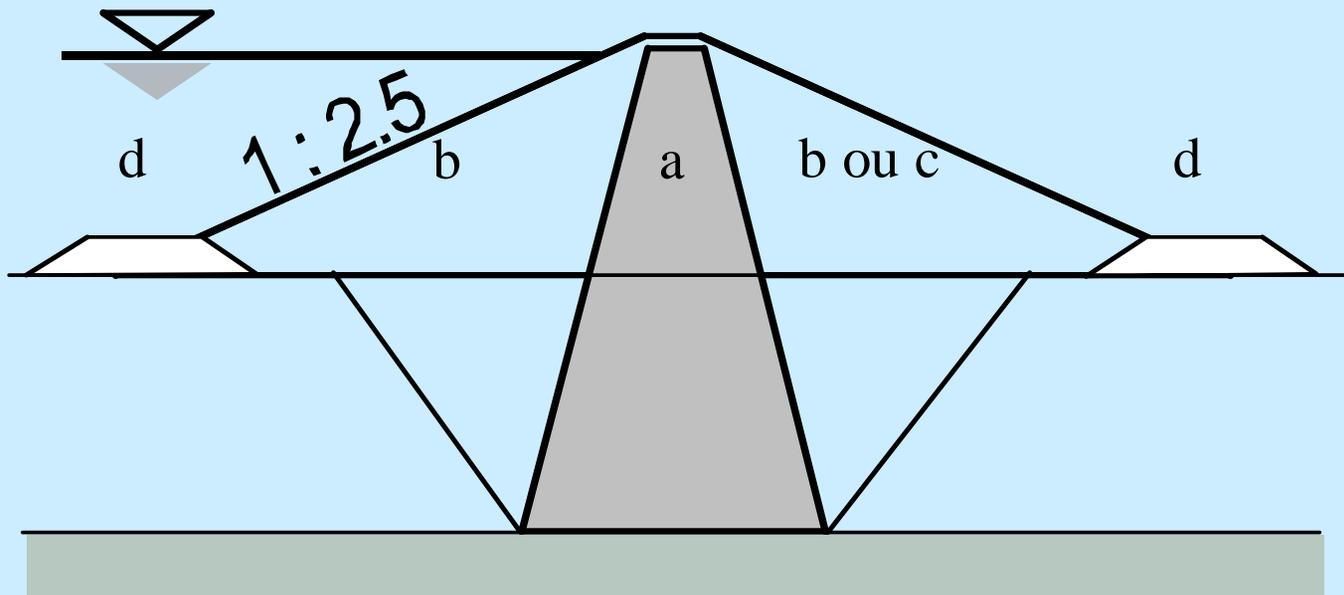
## Généralités - Choix des types

### Influence de la condition de la fondation sur le choix des digues

#### Fondation sur matériaux meubles et perméables

Sous-sol compressible avec difficulté de traitement

#### Noyau profond



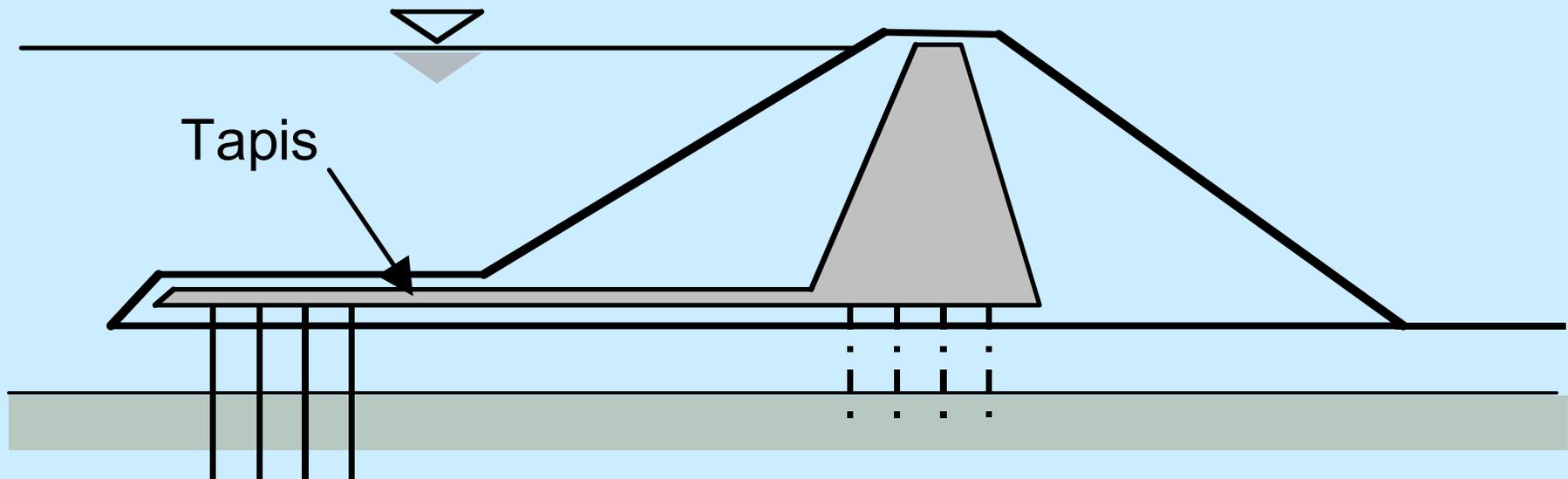
# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Influence de la condition de la fondation sur le choix des digues

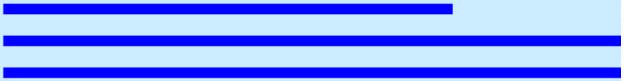
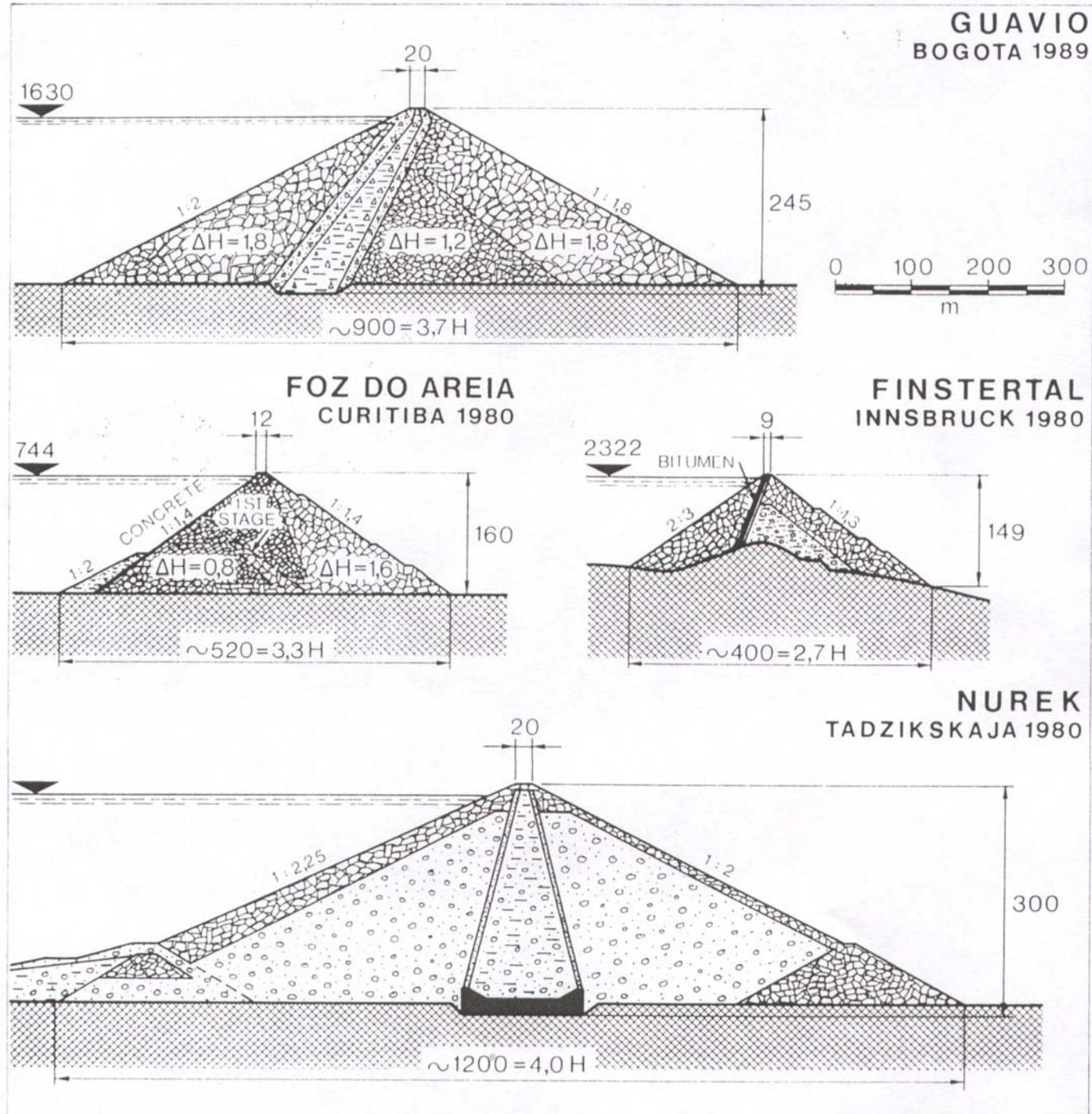
#### Fondation sur matériaux meubles et perméables

Noyau combiné avec un tapis amont



# Barrages en remblai Généralités - Choix des

Influence de la  
condition de la  
fondation sur le  
choix des digues



### Caractéristiques des fondations

#### ⇒ Sous-sol rocheux

- ◆ failles traversant la fondation (actives ou non)
- ◆ orientation et nature des discontinuités (fissuration et stratification)
- ◆ nappe phréatique
- ◆ perméabilité (pertes d'eau)
- ◆ comportement à long terme sous l'effet d'une percolation (érosion interne ou dissolution)
- ◆ déformabilité et résistance au cisaillement dans différentes directions

#### ⇒ Terrain meuble

- ◆ déformabilité et résistance au cisaillement des différentes couches
- ◆ perméabilité horizontale et verticale des différents matériaux
- ◆ nature de l'hétérogénéité du sol (couches, lentilles)
- ◆ teneur en eau
- ◆ nappe phréatique

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Critères de choix pour les sites

#### ⇒ Avantages des digues par rapport aux barrages en béton

- ◆ géologie et topographie moins déterminantes
- ◆ installations et équipements moins sophistiqués
- ◆ peu susceptible aux tassements et aux séismes

#### ⇒ Topographie

- ◆ forme de la vallée
- ◆ géologie
- ◆ matériaux de remblais

#### ⇒ Géologie

- ◆ réservoir
- ◆ site
- ◆ matériaux

#### ⇒ Fondation

- ◆ rocher ou matériaux meubles

#### ⇒ Comportement des digues

- ◆ construction
- ◆ consolidation
- ◆ variations du plan d'eau

#### ⇒ Ouvrages annexes

- ◆ dérivation provisoire
- ◆ vidange de fond
- ◆ prise d'eau
- ◆ évacuateur de crues

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Influence du comportement des digues sur le choix de leurs sites

#### Trois phases principales:

- ⇒ Construction:
  - ◆ importants tassements verticaux à court terme, dus à l'augmentation du poids
  - ◆ déformations latérales dues à la compression verticale
  - ☒ anticipation par compactage et compensation par de nouvelles couches de remblais
- ⇒ Consolidation:
  - ◆ tassement à long terme (plusieurs années après la fin de construction)
  - ☒ compensation par surélévation initiale de la digue
  - ☒ incurver vers l'amont l'axe des digues (vallées relativement étroites)
- ⇒ Variation du niveau d'eau:
  - ◆ premier remplissage du réservoir crée des tassements dus à la charge d'eau et à l'immersion du corps d'appui
  - ◆ déformation horizontale due à la poussée de l'eau

# Barrages en remblai

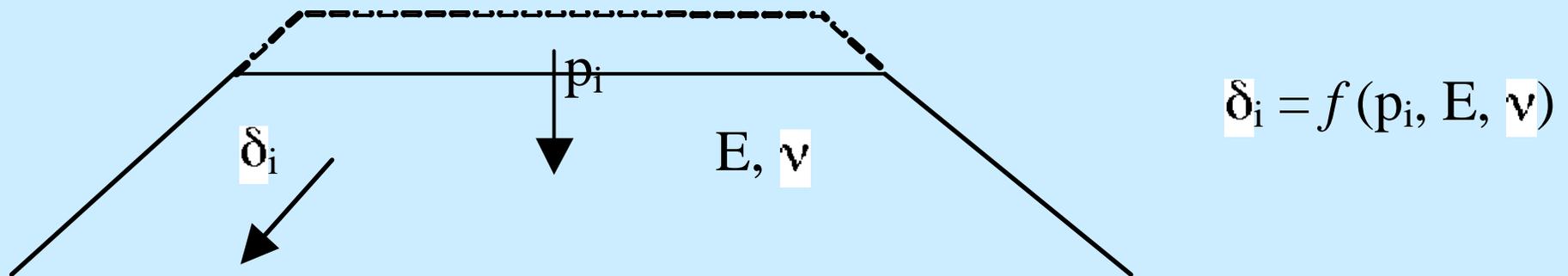
## Généralités - Choix des types

### Influence du comportement des digues sur le choix de leurs sites

#### a) Phase de construction :

Les matériaux sont mis en place par couches successives. On observe immédiatement :

- des tassements verticaux importants dus à l'augmentation du poids ;
- des déformations latérales dues à la compression verticale.



Les tassements sont compensés au fur et à mesure par les nouvelles couches de remblai, sauf sur les parements. La surface initiale doit tenir compte de cet effet. Ces déformations peuvent être influencées par le compactage ==> nécessaire pour éviter le cisaillement interne des matériaux.

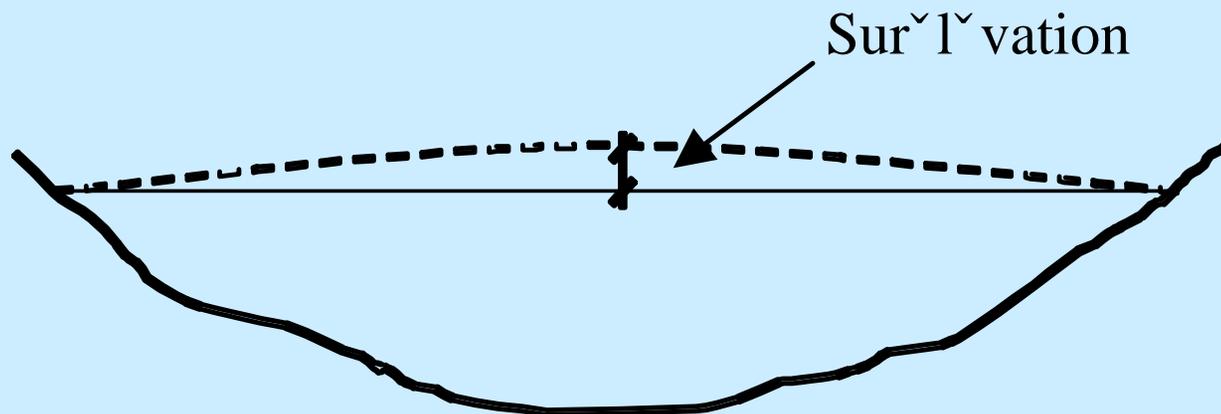
## Barrages en remblai

### Généralités - Choix des types

#### Influence du comportement des digues sur le choix de leurs sites

##### b) Phase de consolidation :

Elle commence dès la mise en place, mais s'achève des années après la fin de la construction. Consolidation si les matériaux sont peu perméables ( $k < 10^{-6}$  m/s). Pour compenser les tassements dus à la consolidation, une surélévation du couronnement par rapport à la côte théorique est donc indispensable.



# Barrages en remblai

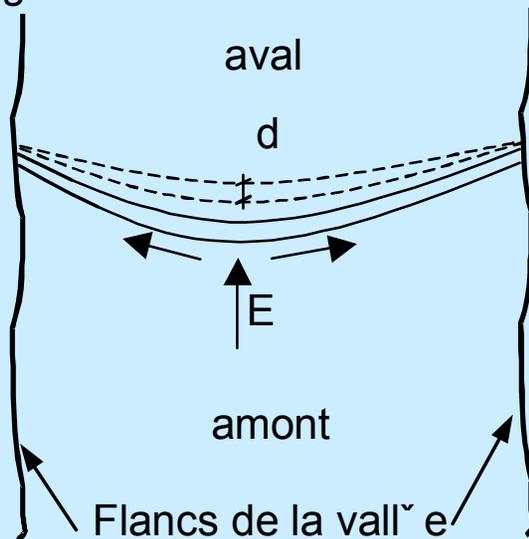
## Généralités - Choix des types

### Influence du comportement des digues sur le choix de leurs sites

#### c) Phase d'exploitation avec variation du niveau d'eau :

Le premier remplissage du réservoir crée des tassements dus à la charge de l'eau et, lorsque l'étanchéité est constituée par un noyau central, à l'immersion du corps d'appui amont. La poussée de l'eau du réservoir provoque également une déformation horizontale du barrage au niveau du couronnement.

Ces déformations se répètent, mais d'une manière beaucoup moins prononcés, à chaque remplissage du lac car les déformations plastiques se produisent surtout pendant le premier remplissage.



$$d = f(H, A, P, E, F, S)$$

H : hauteur

A : disposition de l'axe

P : profil

E : propriétés des remblais

F : forme de la vallée

S : sous-sol

## Barrages en remblai

### Généralités - Choix des types

#### Influence des ouvrages annexes sur le choix des sites des digues

- ⇒ Ouvrages annexes:
- ◆ dérivation provisoire
  - ◆ vidange de fond
  - ◆ prise d'eau
  - ◆ évacuateur de crues
- ⇒ Ouvrages annexes sont des constructions en béton, sensibles aux tassements différentiels.

⇒ **En règle générale, les ouvrages en béton sont placés de préférence en dehors des remblais.** (exception: galeries traversant la digue à sa base).

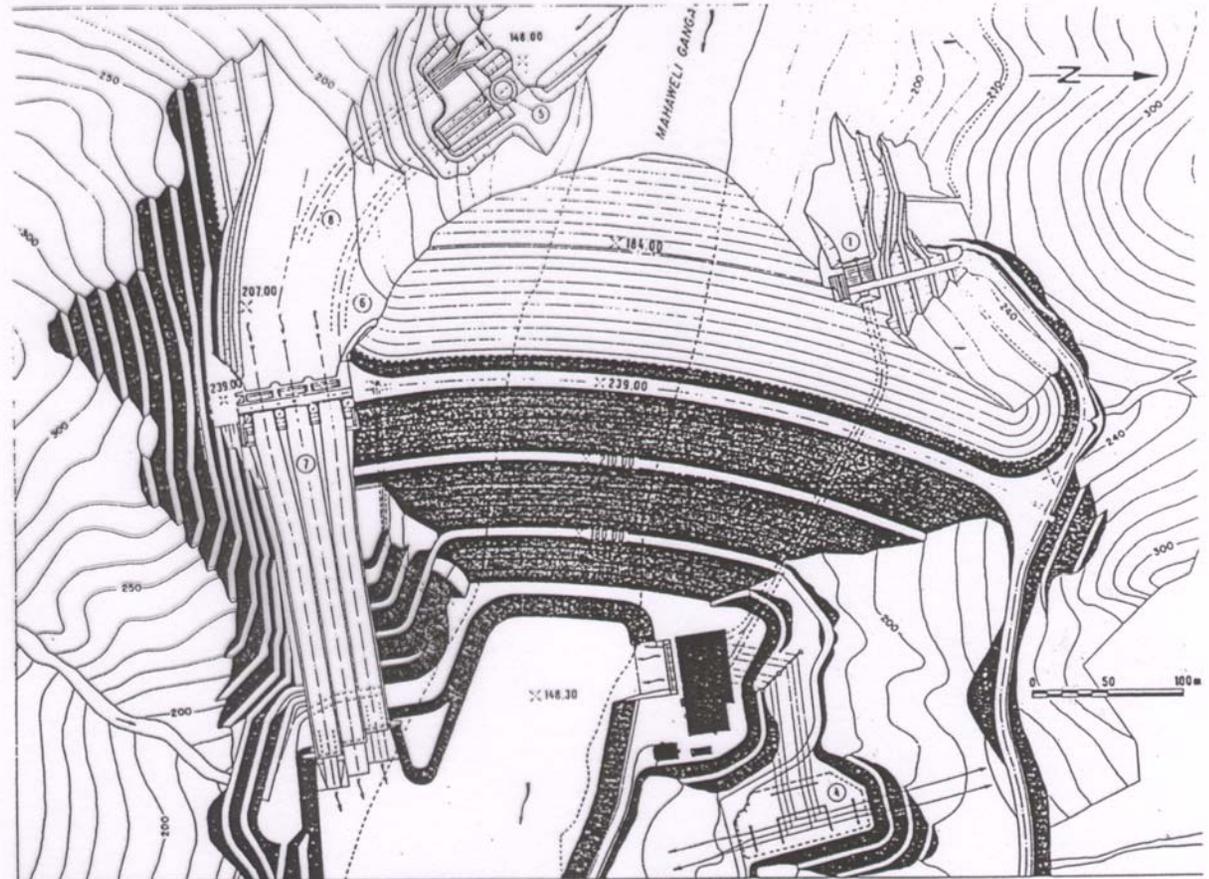
- ⇒ Les ouvrages annexes sont déterminants pour le choix des sites des barrages en remblai et en enrochements.



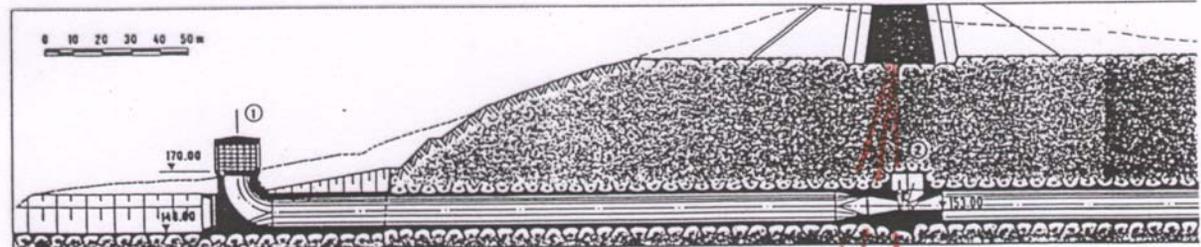
Randenigala, Sri Lanka

# Barrages en remblai Généralités - Choix des types

Barrage de  
Randenigala en Sri  
Lanka avec ces  
ouvrages annexes



General layout 1 Power Intake 3 Powerhouse 5 Bottom and irrigation intake 7 Spillway  
2 Penstock 4 Switchyard 6 Diversion tunnel No 1 8 Diversion tunnel No. 2

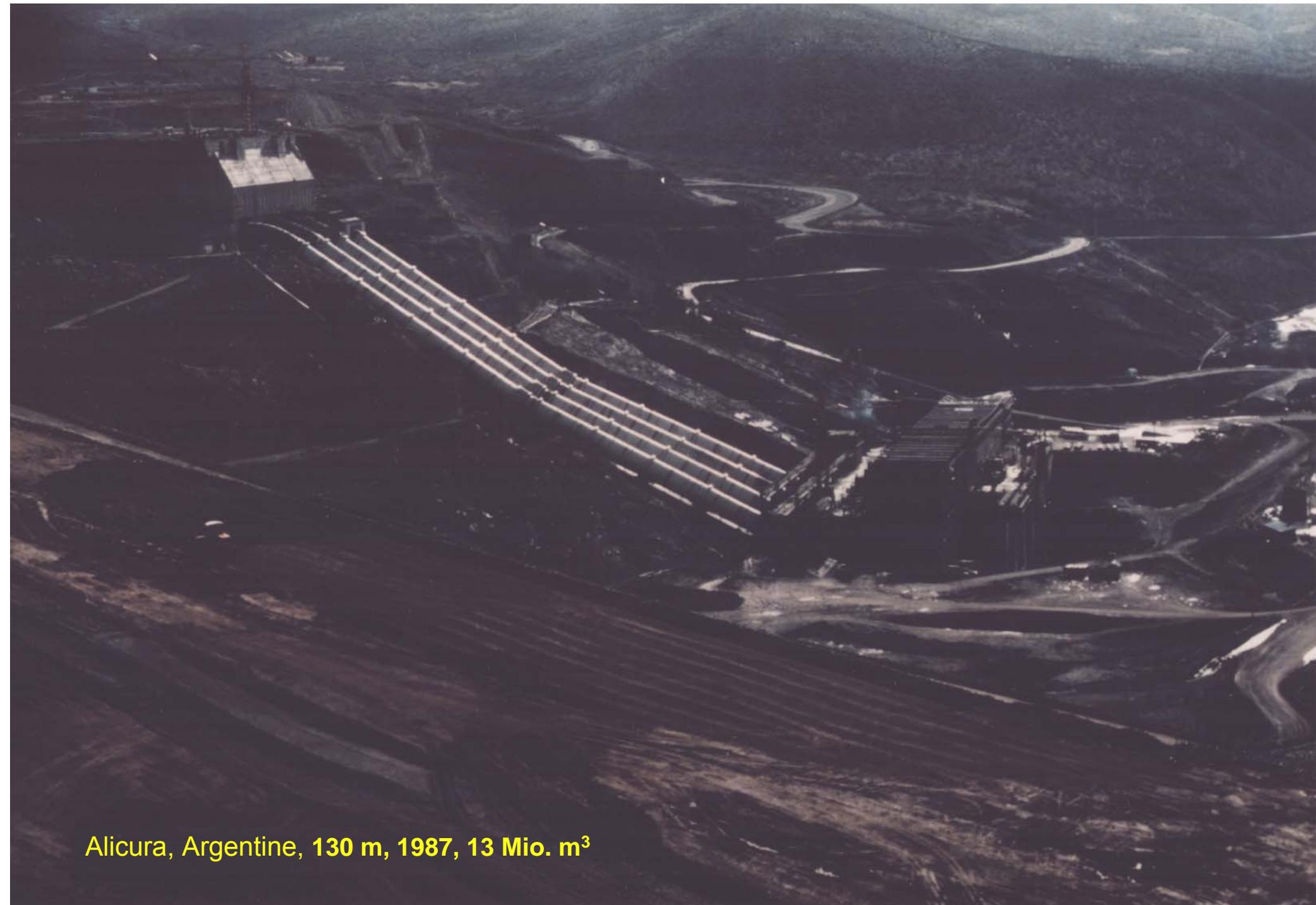


Bottom and irrigation outlet, longitudinal section 1 Intake 2 Gate chamber

*ÉCSMA  
d'éta-méité*



Alicura, Argentine, 130 m, 1987, 13 Mio. m<sup>3</sup>



Alicura, Argentine, 130 m, 1987, 13 Mio. m<sup>3</sup>



Alicura, Argentine, 130 m, 1987, 13 Mio. m<sup>3</sup>



Alicura, Argentine, 130 m, 1987, 13 Mio. m<sup>3</sup>



Alicura, Argentine, 130 m, 1987, 13 Mio. m<sup>3</sup>

Karkeh, Iran, 127 m



Karkeh, Iran, 127 m

QuickTime™ et un  
décompresseur codec YUV420  
sont requis pour visionner cette image.



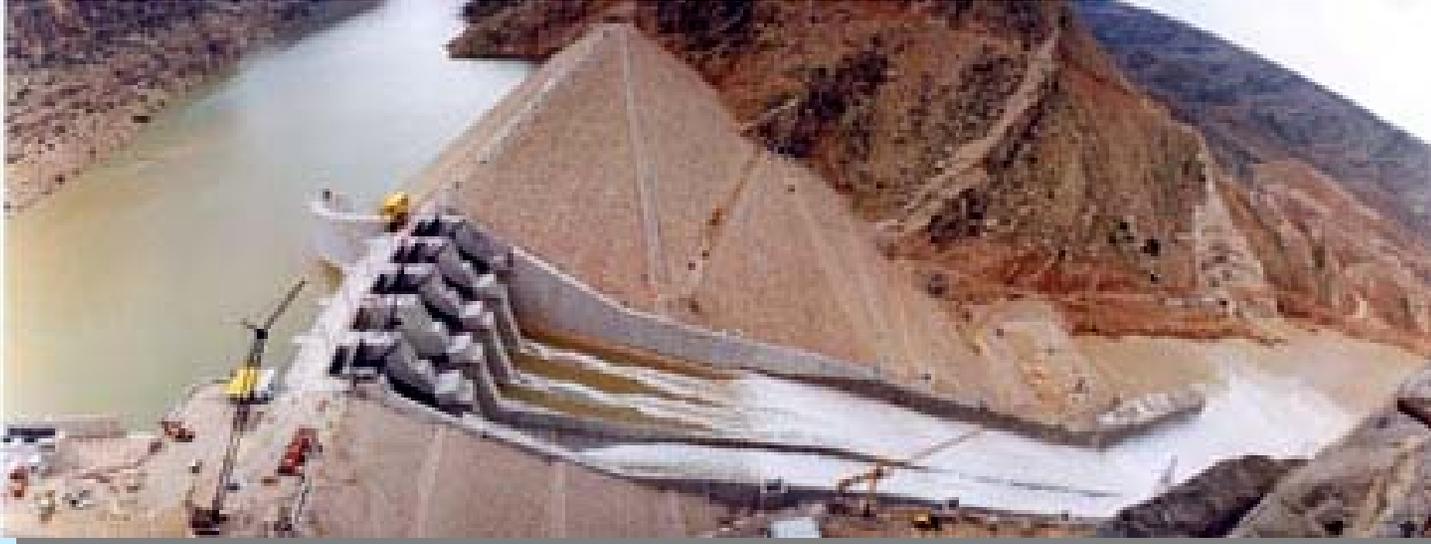
# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

---

---

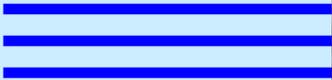
---



Karkeh, Iran

H = 127 m

V = 32 Mio. m<sup>3</sup>



# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types



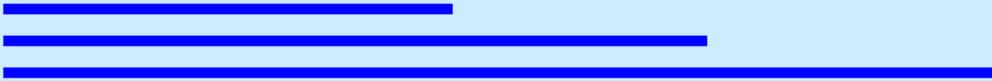
Karkeh, Iran

H = 127 m

V = 32 Mio. M<sup>3</sup>

QuickTime™ et un  
décompresseur codec YUV420  
sont requis pour visionner cette image.

**Canal de dérivation  
intégré dans la  
fondation**



#### Combinaison des galeries avec la fondation des digues

- ⇒ éviter la fissuration des galeries due aux tassements en les plaçant directement sur le rocher (des fuites d'eau dans les galeries en charge peuvent provoquer l'érosion interne de la digue)
- ⇒ la section à travers de la galerie ne doit pas présenter de brusques changements des pentes ni des parois verticales en contact avec le noyau (compactage soigneux devient difficile)
- ⇒ l'emplacement en tranchée dans le rocher est plus favorable que l'emplacement à la surface
- ⇒ la surface du béton constitue un chemin de percolation préférentiel
  - traitement de surface avec bitume afin de réduire le frottement pendant le compactage

## Barrages en remblai Généralités - Choix des types

Combinaison  
des galeries  
avec la fondation  
des digues

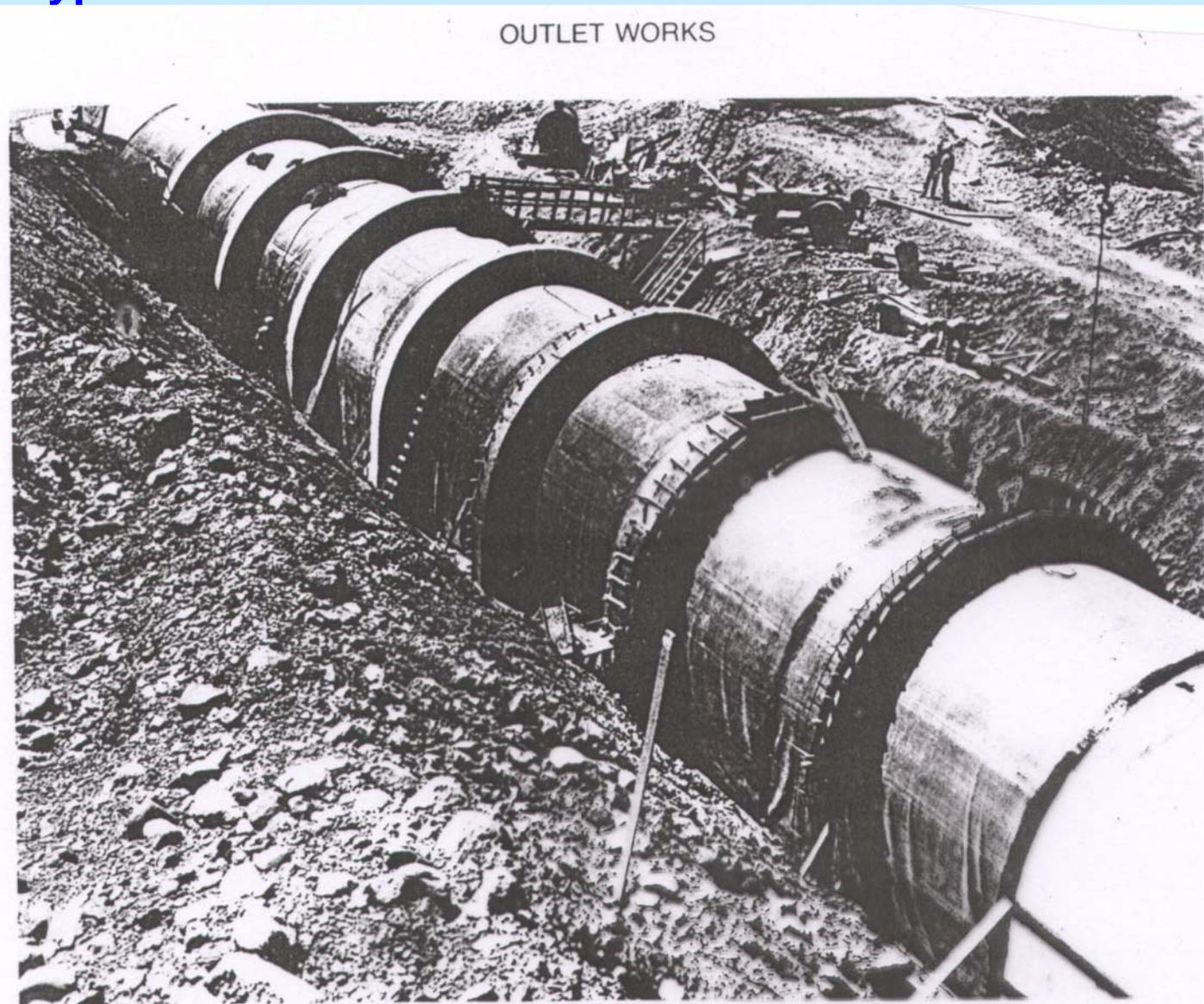


Figure 10-23.—Typical cutoff collars on an outlet works conduit. Silver Jack Dam, Colorado. P860-427-964NA.

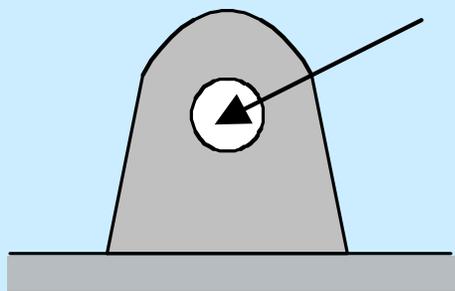
# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Combinaison des galeries avec la fondation des digues

#### *Intégration d'une conduite longitudinale dans un barrage en remblai*

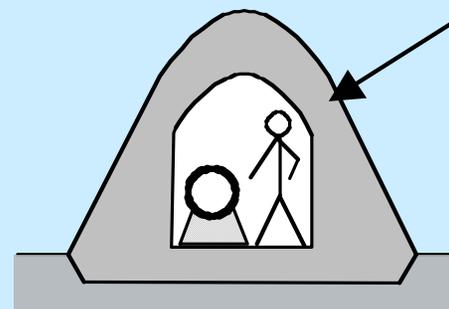
remblai



Conduite en charge blindée

Conduite noyée dans le béton

remblai



Voûte de protection

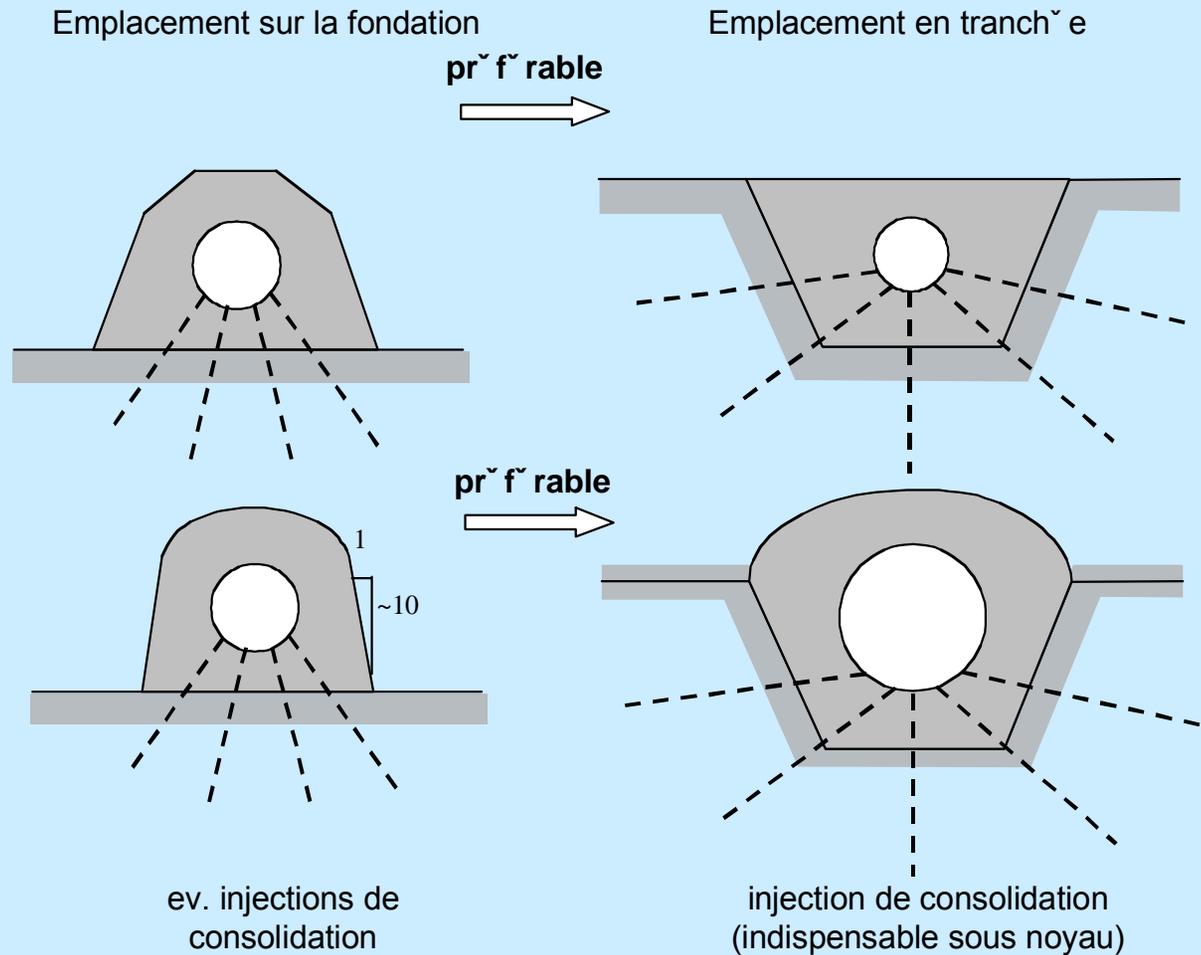
Conduite dans une galerie de protection (contrôlable, pas de risque de flambage, d'formations moins dangereuse, etc. )

# Barrages en remblai

## Généralités - Choix des types

### Combinaison des galeries avec la fondation des digues

*Intégration d'une conduite longitudinale dans un barrage en remblai*



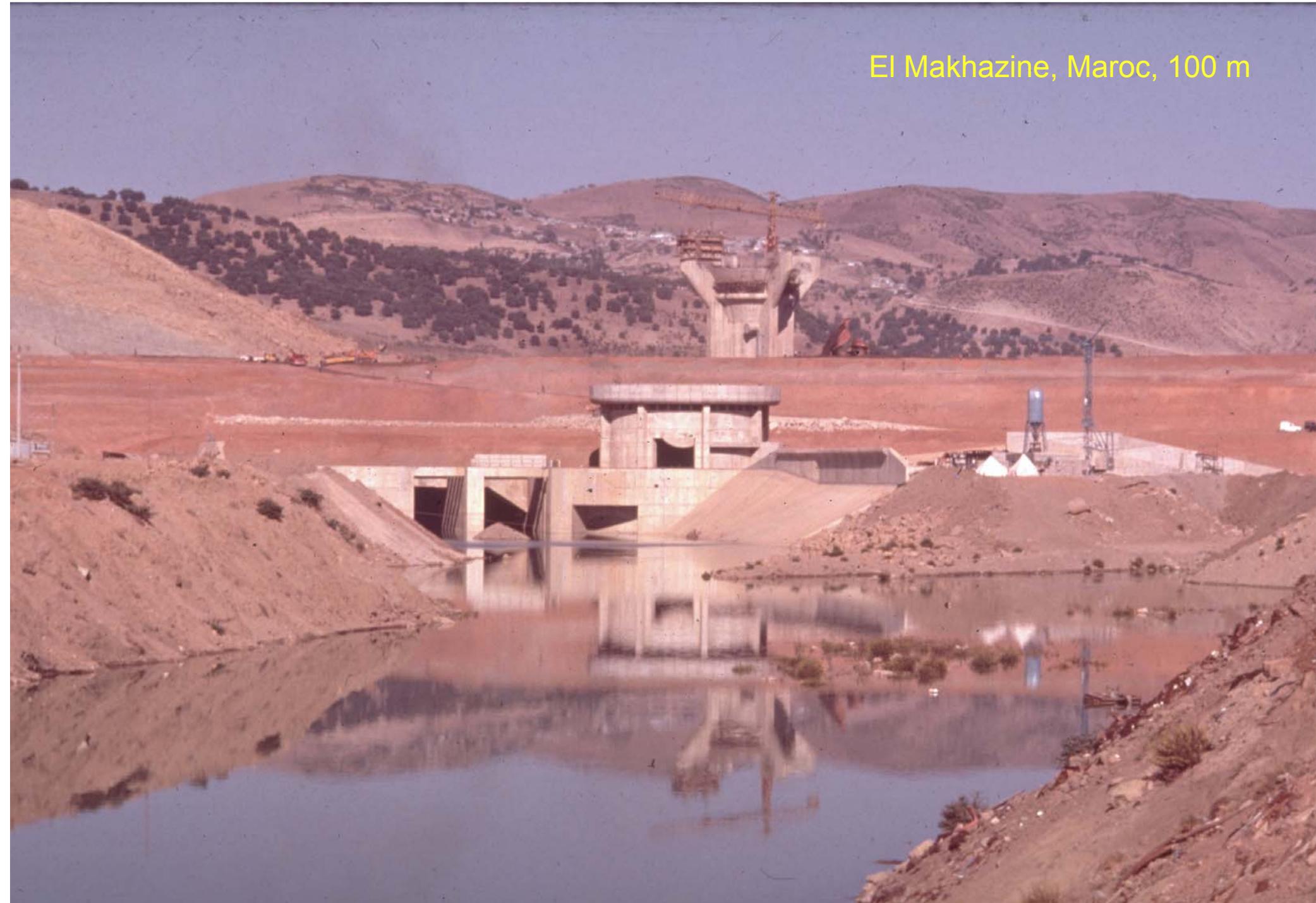
El Makhazine, Maroc, 100 m



El Makhazine, Maroc, 100 m



El Makhazine, Maroc, 100 m



El Makhazine, Maroc, 100 m

