



**BARRAGES ET
OUVRAGES
ANNEXES**

Contra, Tessin, 220 m

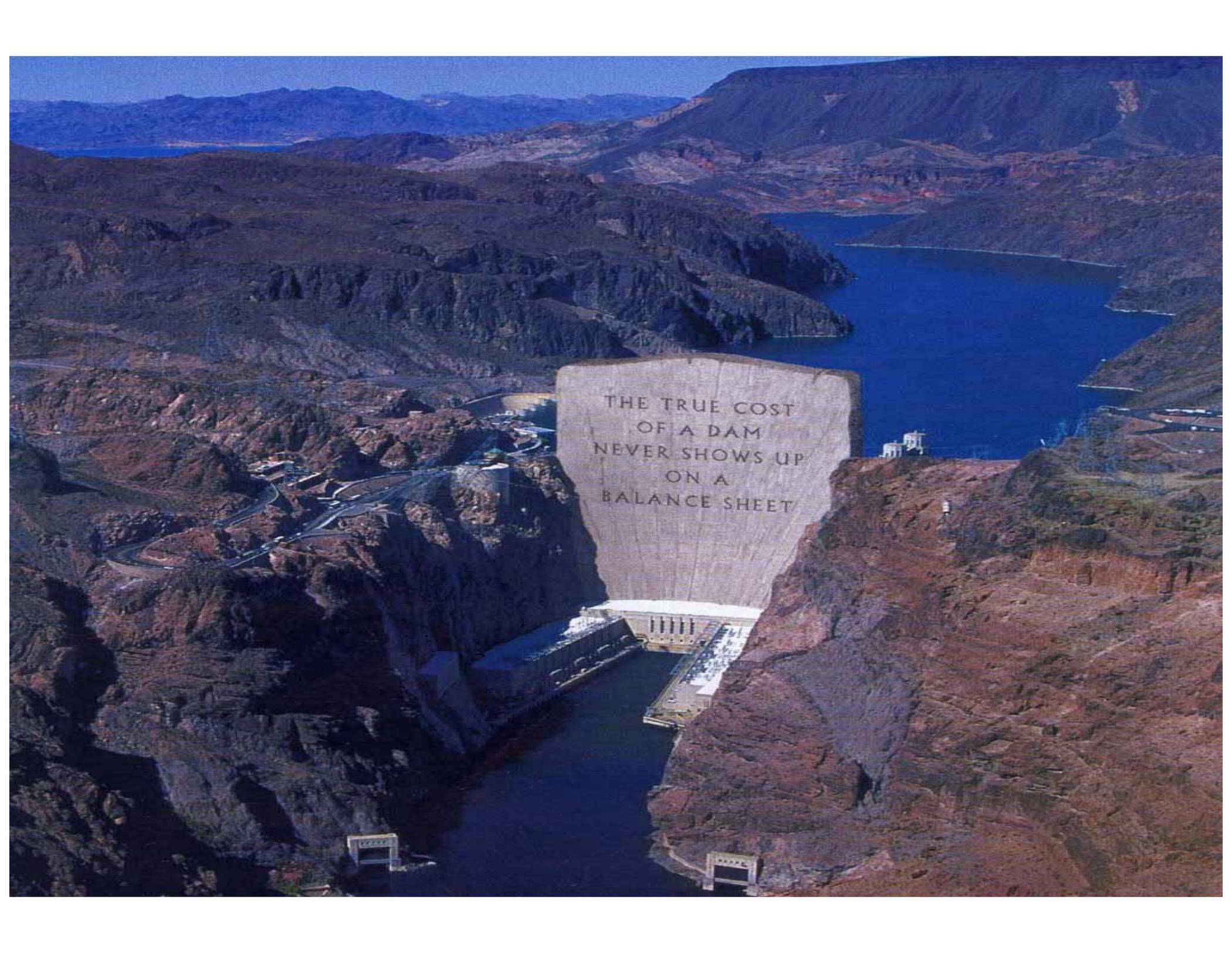
Les pyramides utiles



Zayandehroud, Iran, 100 m

Solis, Grison, 61 m



An aerial photograph of a large dam in a rugged, mountainous landscape. A massive rock face in the foreground is inscribed with the text: "THE TRUE COST OF A DAM NEVER SHOWS UP ON A BALANCE SHEET". The dam structure is visible below the rock, with water flowing through its spillways. The surrounding terrain is rocky and sparsely vegetated, with a large reservoir in the background.

THE TRUE COST
OF A DAM
NEVER SHOWS UP
ON A
BALANCE SHEET



ON PAPER, dams may seem like a good idea. The truth is dams kill a river's ecosystem by cutting off its flow. But that's after the locals have lost their homes. Spare a thought too, for those downstream of the dam where there's less water to irrigate crops and catch fish. Then there are the green-house gas emissions due to vegetation rotting in the reservoir. Not good. But let's talk money. The projected financial cost is rarely

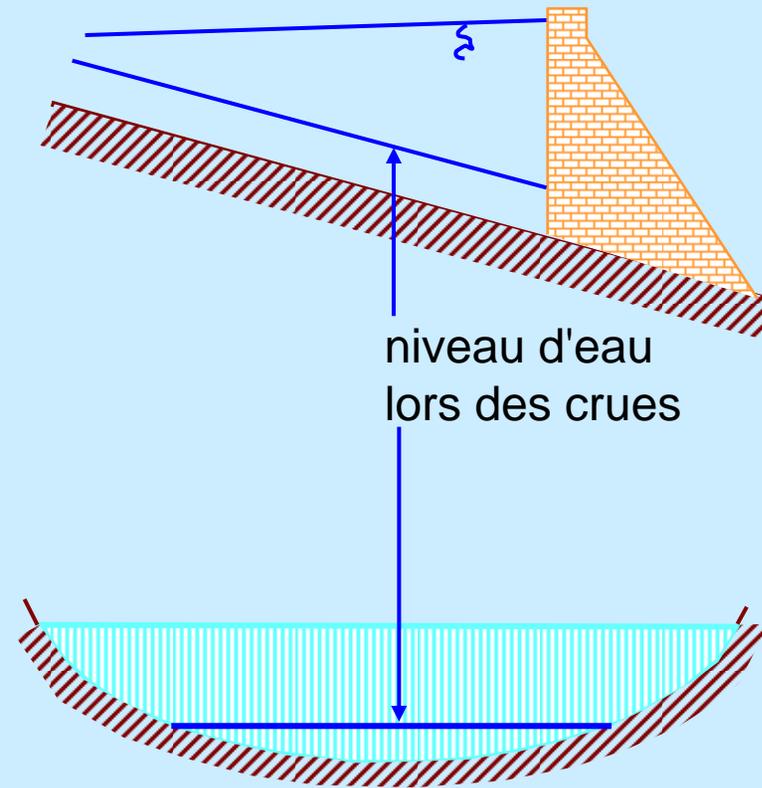
accurate. The World Commission on Dams found that, on average, large dams go over budget by 56%. They are high-risk investments. So how can you navigate this moral and economic minefield? By getting hold of WWF's Investor's Guide to Dams. It outlines good dam practice and alternatives for supplying water and energy. That way you can go into any project with your eyes wide open. DAMS. THINK AGAIN.



Hoover Dam, USA, 221 m

Définition de la notion "barrage"

Barrages =
ouvrages hydrauliques
qui barrent, sur toute la
largeur, une section
d'une vallée et qui
créent ainsi une
dépression topographique
artificielle étanche à l'eau

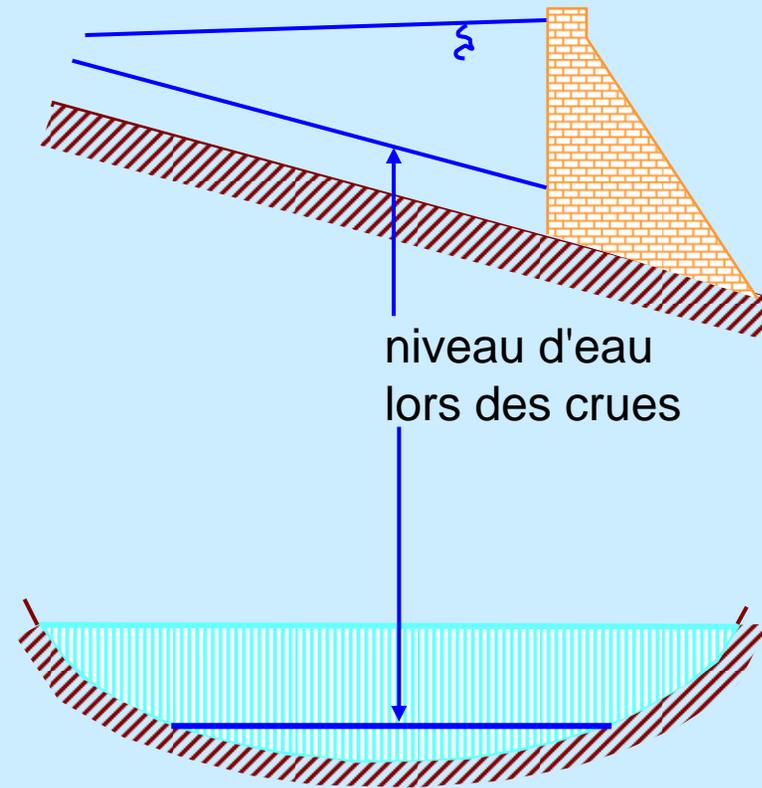


Effet des barrages

La retenue créée par le barrage peut stocker un part important des apports d'eau

Le barrage surélève le plan d'eau amont

But: Influencer le bilan hydrologique dans un bassin versant





Karun III, Iran, 205 m





Karun III, Iran, 205 m

Barrages - des ouvrages singuliers

Structures complexes qu'il faut traiter comme systèmes

- ➔ il n'existe pas de procédures bien définies pour trouver la meilleure solution
- ➔ démarche pragmatique, évolutive, systématique et récursive
- ➔ grand nombre d'hypothèses

Le comportement d'un barrage durant son cycle de vie est complexe

- ➔ influence par plusieurs facteurs et phénomènes plus ou moins bien connus
 - caractéristiques de matériaux (vieillesse)
 - comportement de la fondation
 - les effets chimiques de l'eau
 - sollicitation sismique
 - risque hydrologique
 - mode d'exploitation

Les exigences quant à la sécurité sont extrêmes

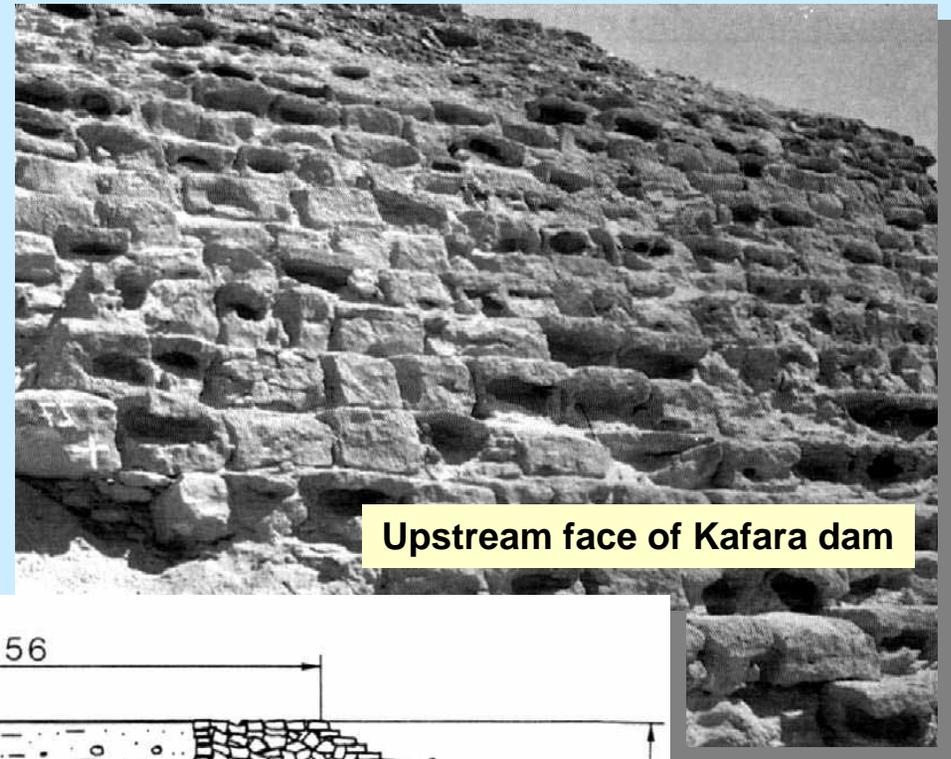
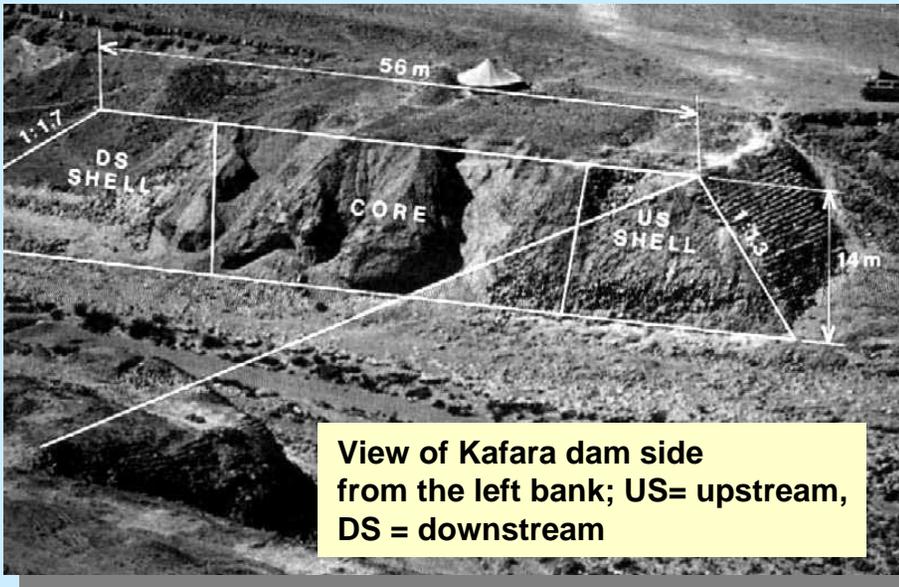
- conception
- réalisation
- exploitation
- ➔ règle institutionnelle pour la surveillance des ouvrages par une auscultation permanente

Evolution des barrages

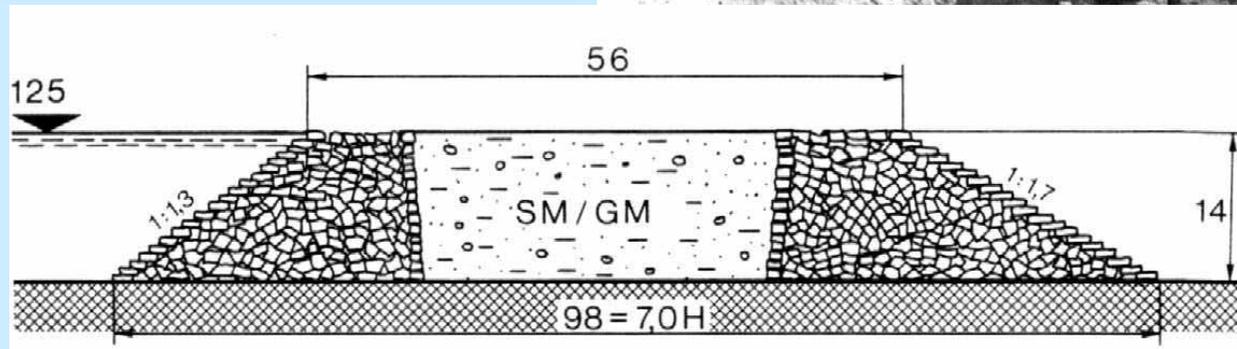


Barrages Généralités

La vallée du Nil - Barrage de "Sadd-el-Kafara"



Cross section of Kafara dam



Barrages

Généralités

Barrages d'irrigation au Yémen

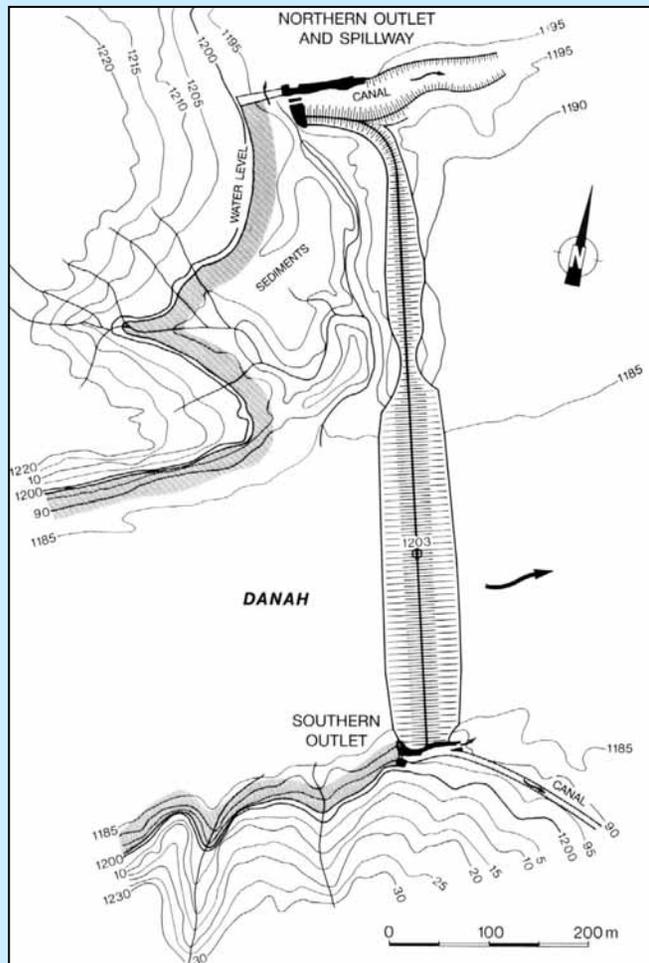
Barrage de Marib

- ➔ Marib - capitale de la reine Saba, située à 120 km à l'est de Sanaa
- ➔ Prospérité pendant plus d'un millénaire, basée sur l'irrigation et l'exportation d'encens et de myrte
- ➔ Premiers barrages sur la rivière Danah datent de 1500 avant J.C.
- ➔ Construction d'un grand barrage commencée en 519 avant J.C.
 - barrage en remblai de 700 m de longueur et de 20 m de hauteur
 - impressionnants ouvrages de vidange en maçonnerie
 - volume retenue de 30 mio m³ (15% du débit moyen annuel)
 - rupture finale après 1300 ans de service au 7^{ème} siècle après J.C.



Barrages Généralités

Ancien barrage de Marib, Yémen



**Plan of the Marib dam
in its final configuration**

Barrages Généralités

Situation actuelle

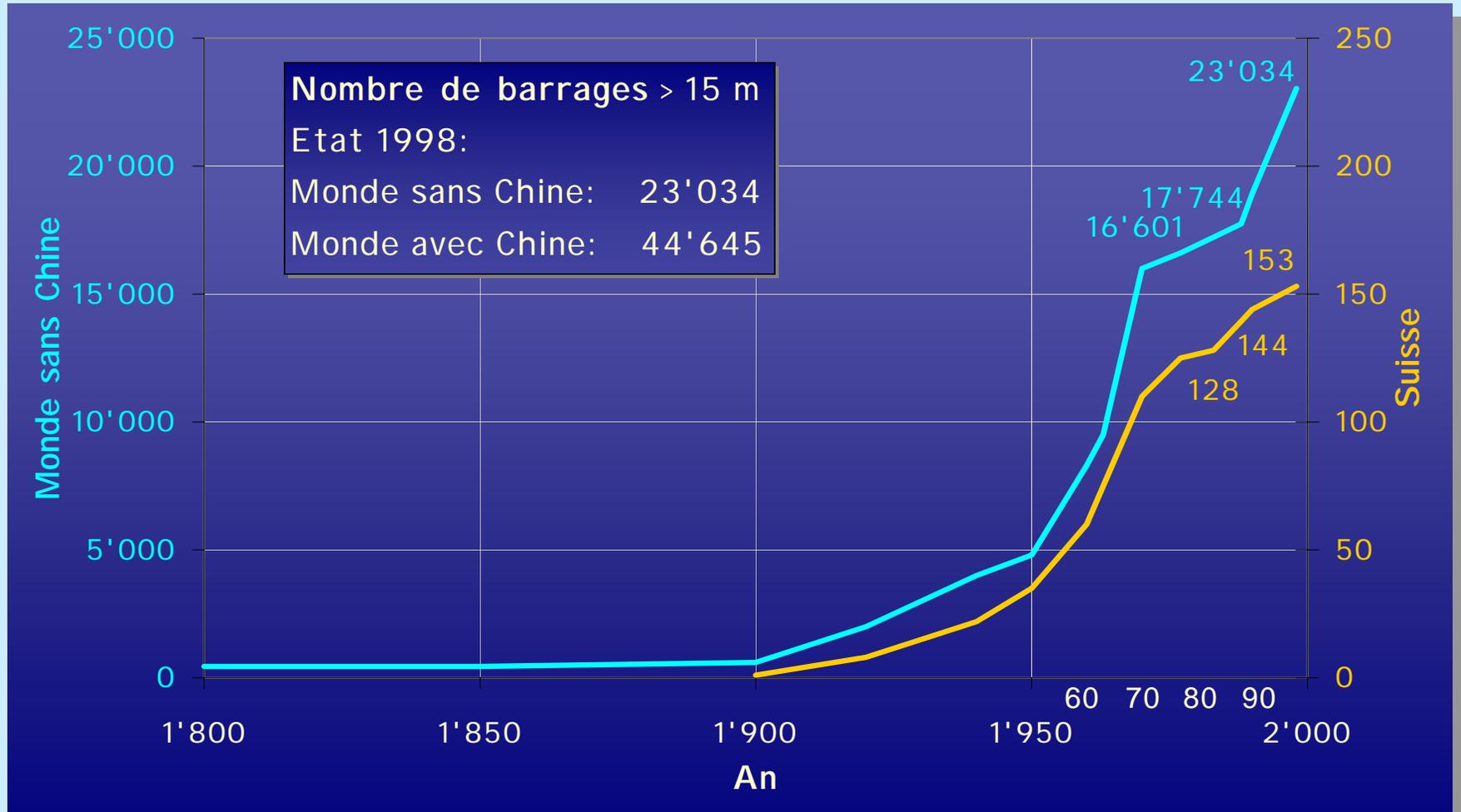
dans le monde
et en Suisse

Digue en
enrochements
Atatürk, Turquie
(173 m)

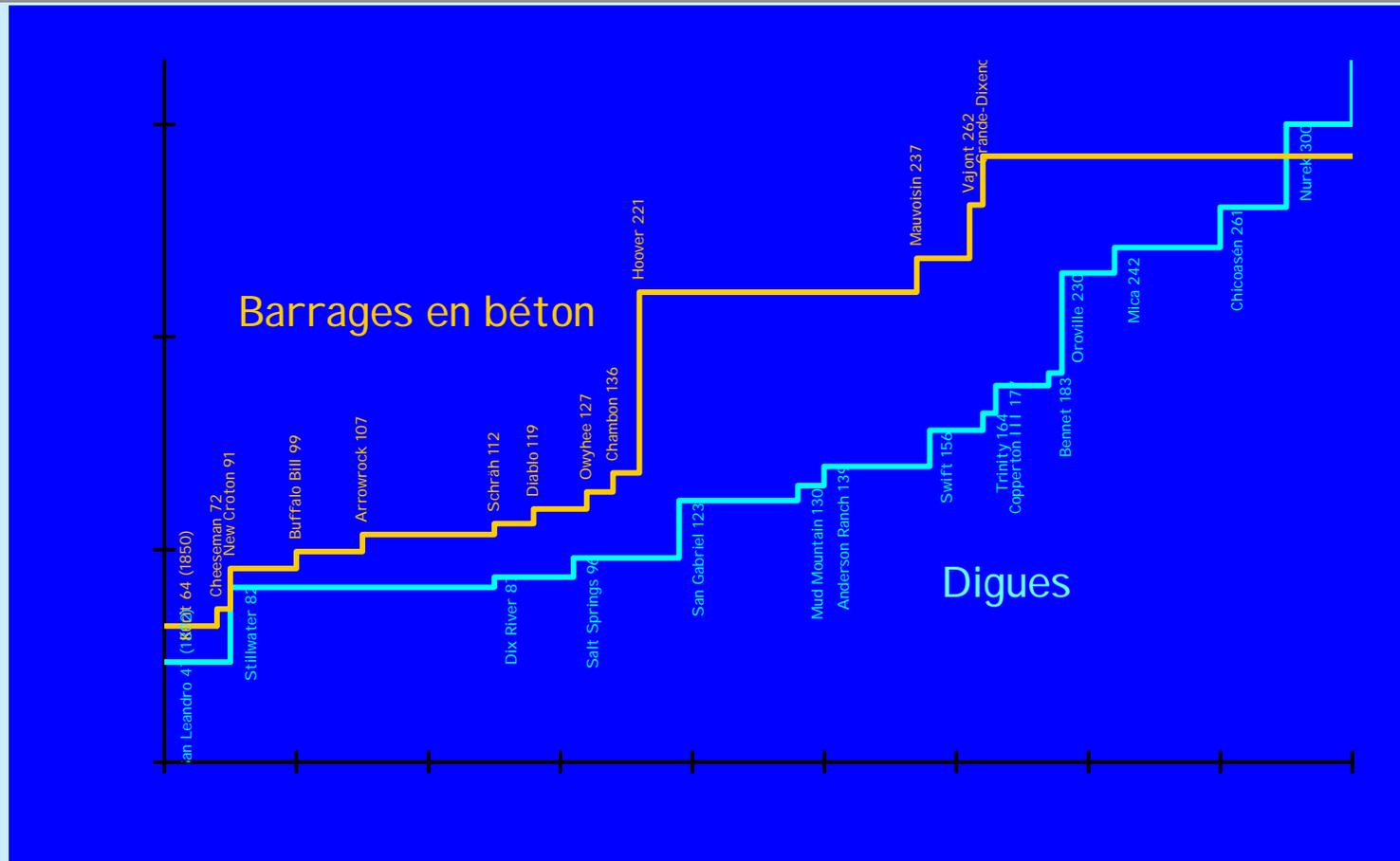


Barrages Généralités

Nombre de barrages

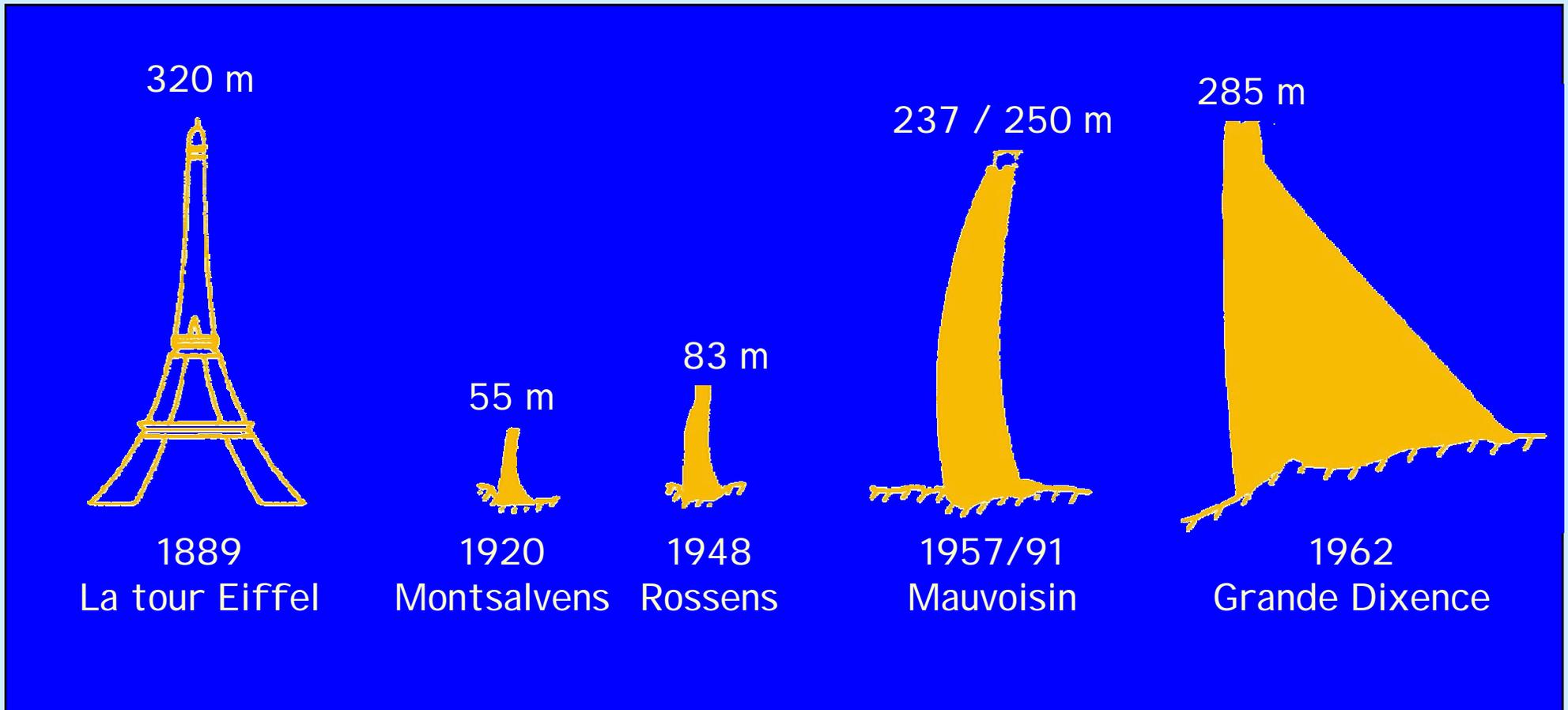


Rétrospective sur l'évolution de la hauteur maximale des barrages



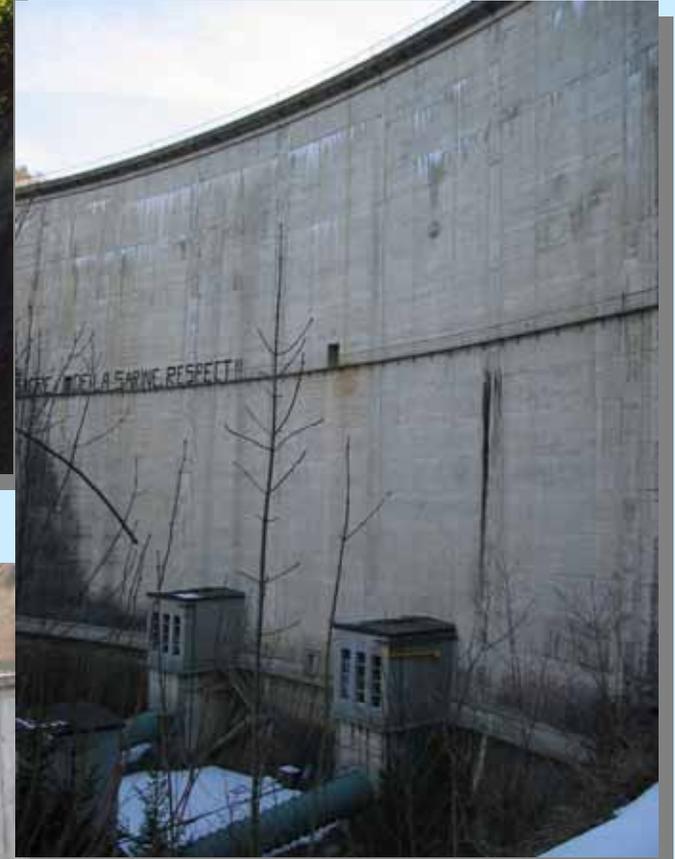
Barrages Généralités

Evolution de la hauteur maximale des barrages en béton en Suisse



Barrages Généralités

Evolution de la hauteur maximale des barrages en béton en Suisse



Barrages

Généralités

Nombre de barrages en construction (2006)

Hauteur > 60 m

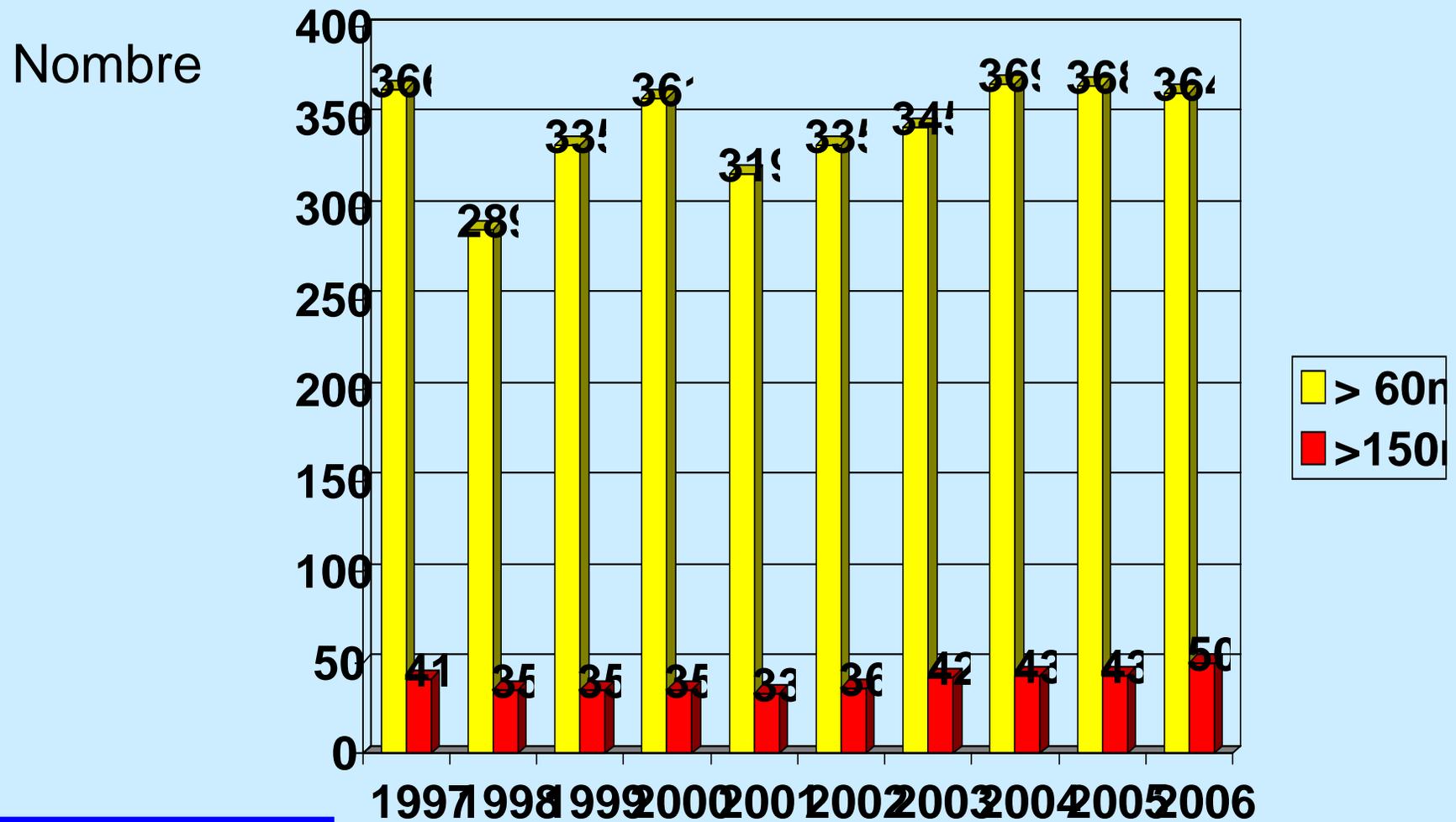
1.	Chine	95
2.	Turquie	51
3.	Iran	48
4.	Japon	40
5.	Vietnam	18
6.	Inde	10
	Espagne	10
8.	Myanmar	7
9.	Italie	6
	Arabie Saoudite	6
11.	Brésil	5
	Russie	5
13.	Corée du Sud	4
	Maroc	4
	Roumanie	4
	Grèce	4
17.	Autres pays	47
	<i>Total monde</i>	<i>364</i>

Hauteur > 150 m

1.	Chine	19
2.	Iran	6
3.	Turquie	5
4.	Brésil	3
5.	Inde	2
	Laos	2
7.	Argentine, Colombie, Equateur, Ethiopie, Georgie, Grèce, Islande, Japon, Malaisie, Mexique, Pakistan, Russie, Ouzbékistan = 13x1	13
	<i>Total monde</i>	<i>50</i>

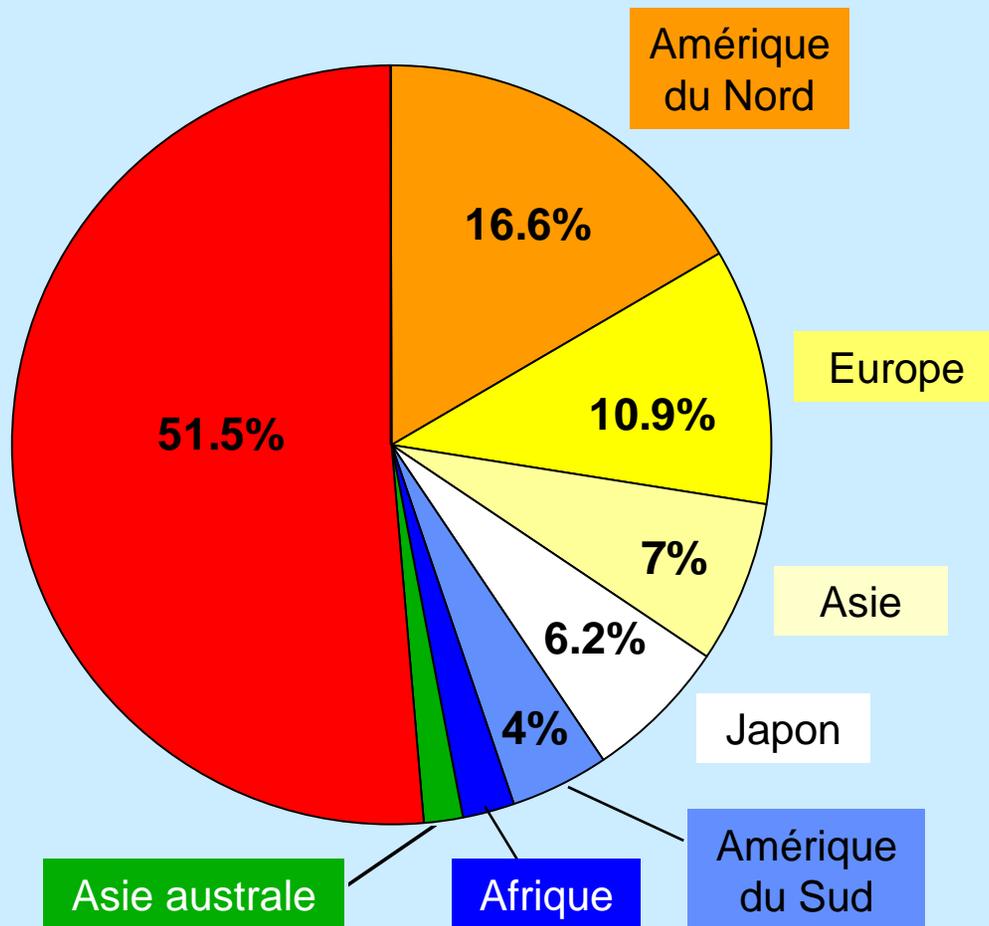
Barrages Généralités

Nombre de barrages en construction depuis 1997



Barrages Généralités

Distribution des barrages > 15 m par continents et pays



Classement par pays	
1. Chine	51,5%
2. Etats-Unis	14,9%
3. Japon	6,1%
4. Inde	3,1%
5. Espagne	2,0%
6. Corée	1,9%
7. Canada	1,7%
8. Grande Bretagne	1,5%
9. Brésil	1,4%
10. Mexique	1,4%
(Suisse	0,4%)

(100 % = nombre total de barrages dans le monde)

Barrages Généralités

Dams and Hydroelectric Power Plants In Türkiye



Barrages et Centrales Hydro-électrique en Turquie

Barrages Généralités

Energie hydroélectrique et barrages en Chine

Demande en puissance
supplémentaire: 15 000 MW/an

Augmentation prévue de la puissance
avec nouvelles centrales
hydroélectriques entre 2000 et 2010 :
125 000 MW



Barrage des Trois Gorges en construction



Barrages Généralités

Energie hydroélectrique et barrages en Iran

Aménagements hydroélectriques
en construction : 7 500 MW
Augmentation du potentiel utilisé
de 15 % à 80 %
en 2020



Barrage Shahid Abbaspour (Karun I)

Barrage Dez

Laboratoire de Constructions Hydrauliques

Perspectives dans le domaine des barrages

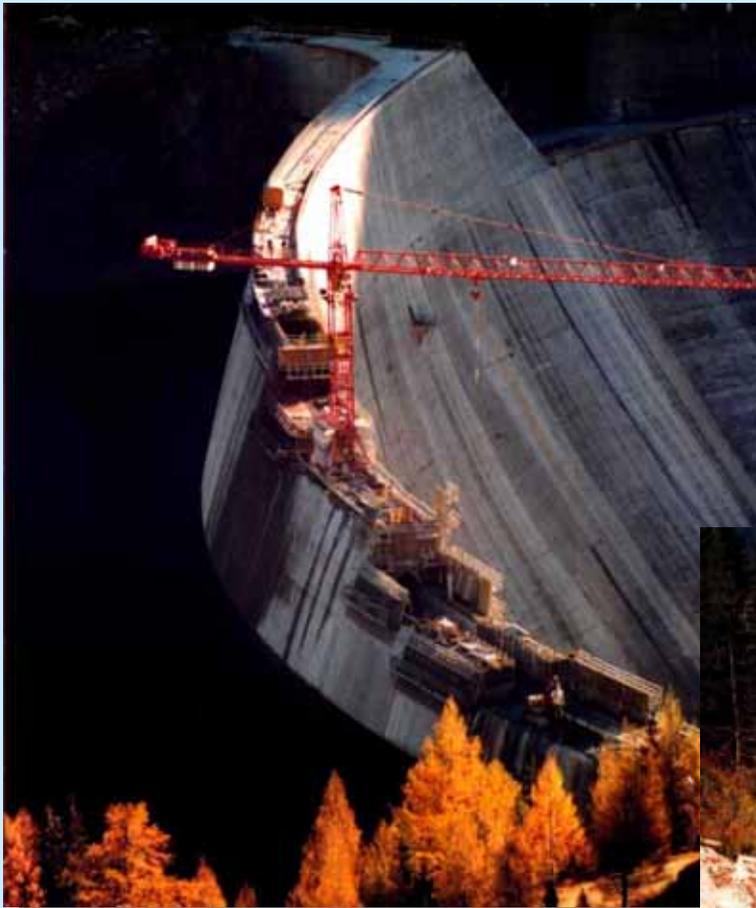
Tâches, défis	Suisse	Monde
Conservation des ouvrages existants	***	**
Extension des ouvrages existants (surélévations)	**	*
Reconstruction Renouvellement	*	**
Nouvelles réalisations	*	***

* peu important

** important

*** très important

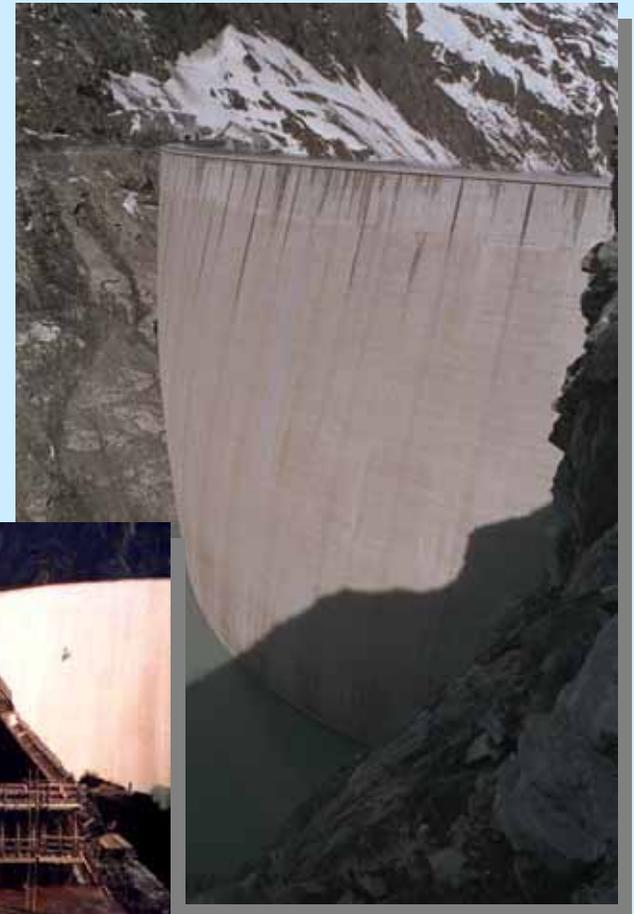
Perspectives dans le domaine des barrages



Surélévations

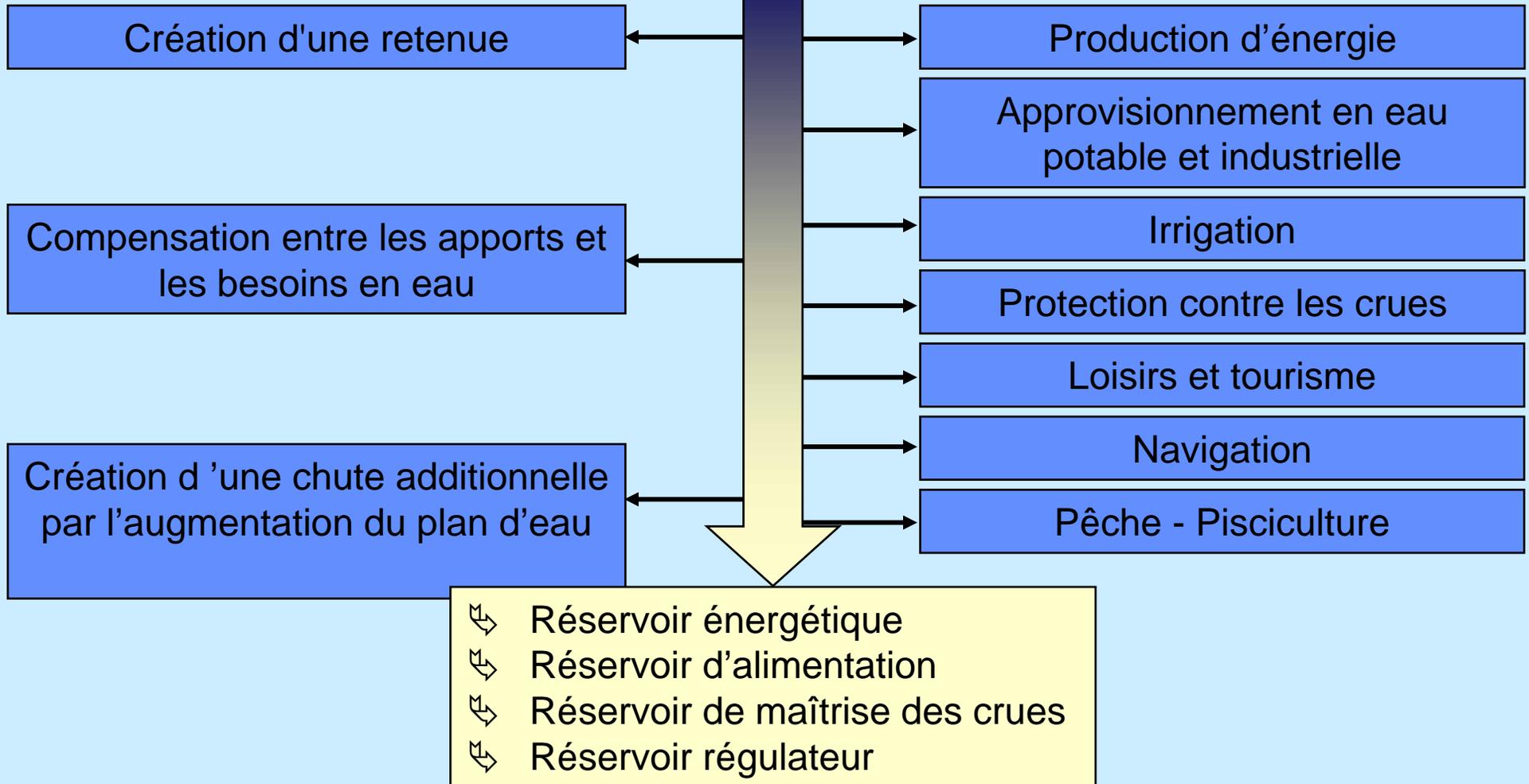
Luzzzone de
208 m à 225 m

Mauvoisin de
237 m à 250 m



Barrages Généralités

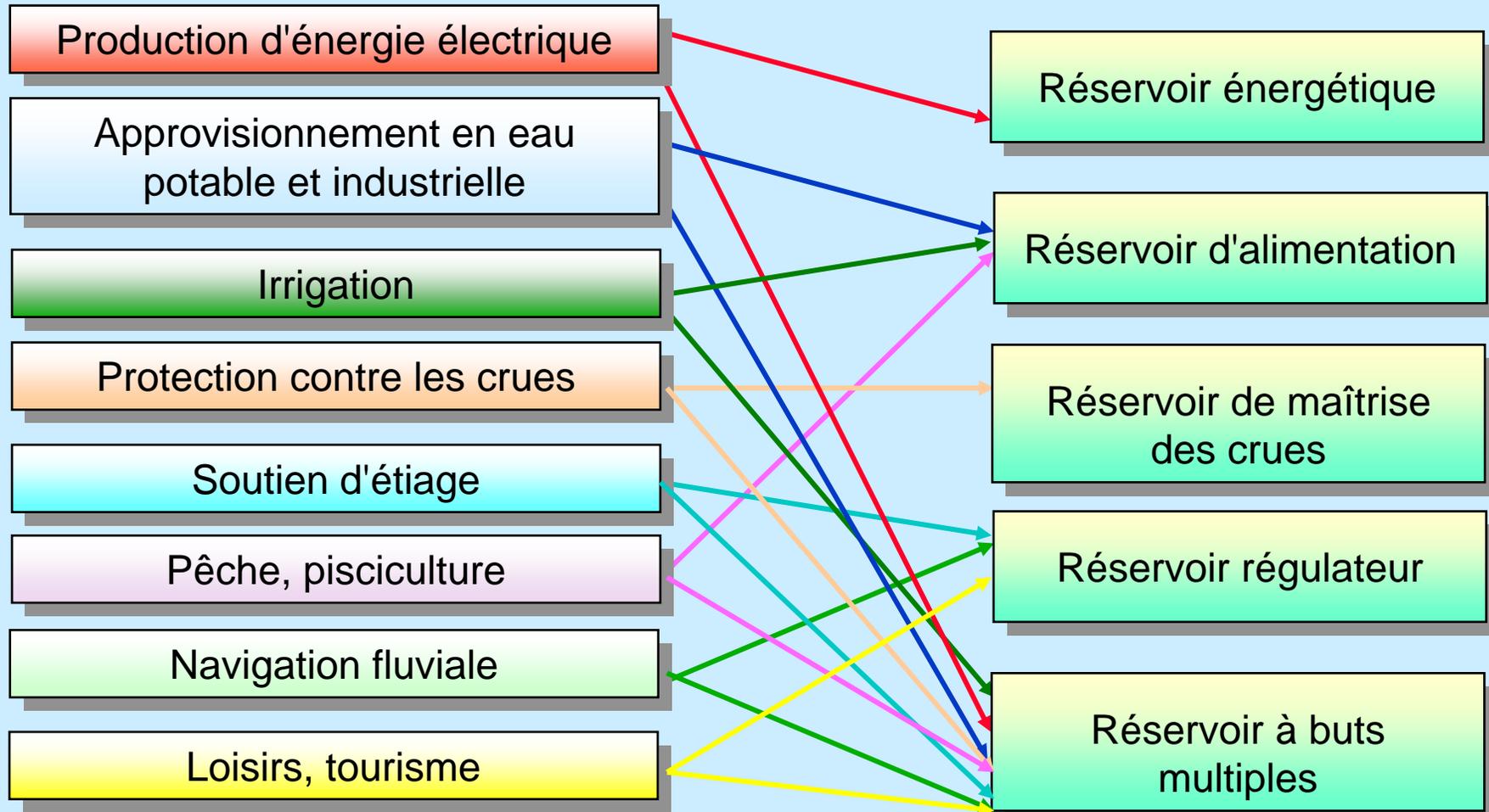
Buts des barrages



Barrages

Généralités

Affectations principales des réservoirs



Barrages Généralités

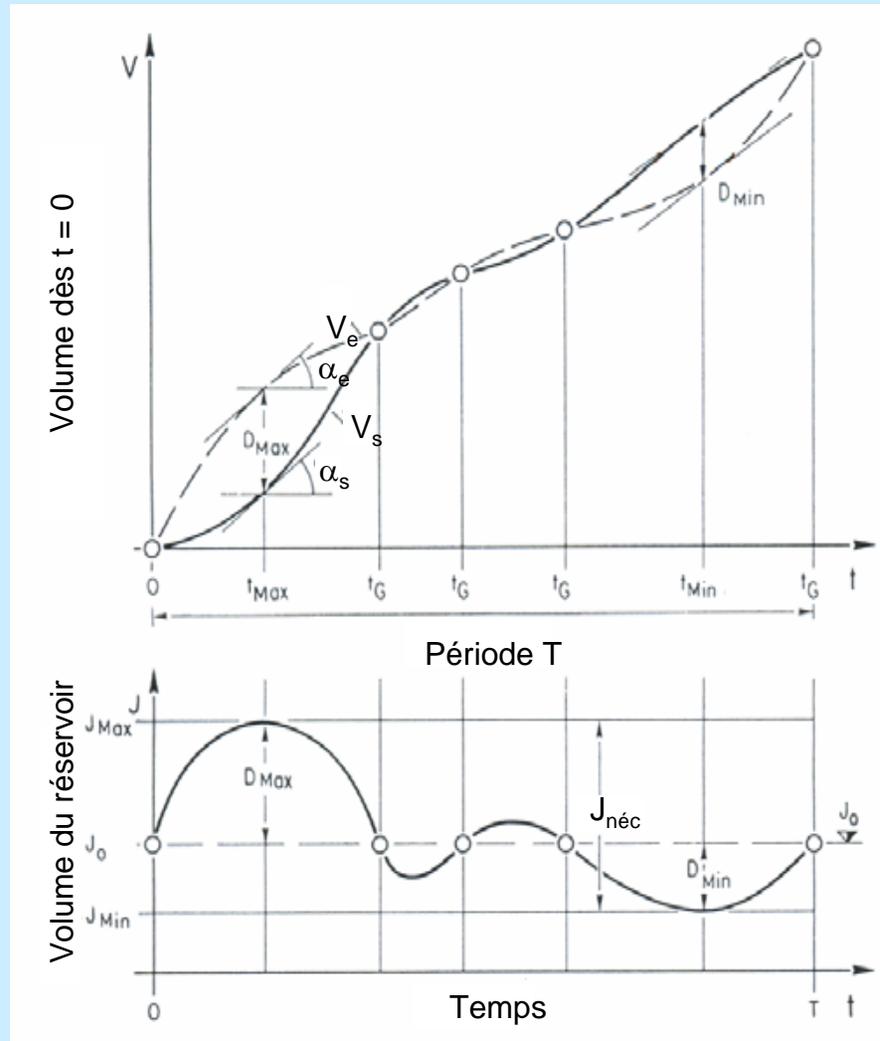
Quelques exemples de la répartition des précipitations
(grandes variations en lieu et temps)

Lieu / Pays	Précipitations en mm		
	Mois le plus humide	Mois le plus sec	Somme annuelle
Marrakech (Maroc)	40	5	253
Beyrouth (Liban)	190	0	893
Zanzibar (Tanzanie)	335	35	1486
Calicat (Inde de sud)	830	10	3085
Cherrapanji (Inde de nord)	2560	10	10824

Barrages

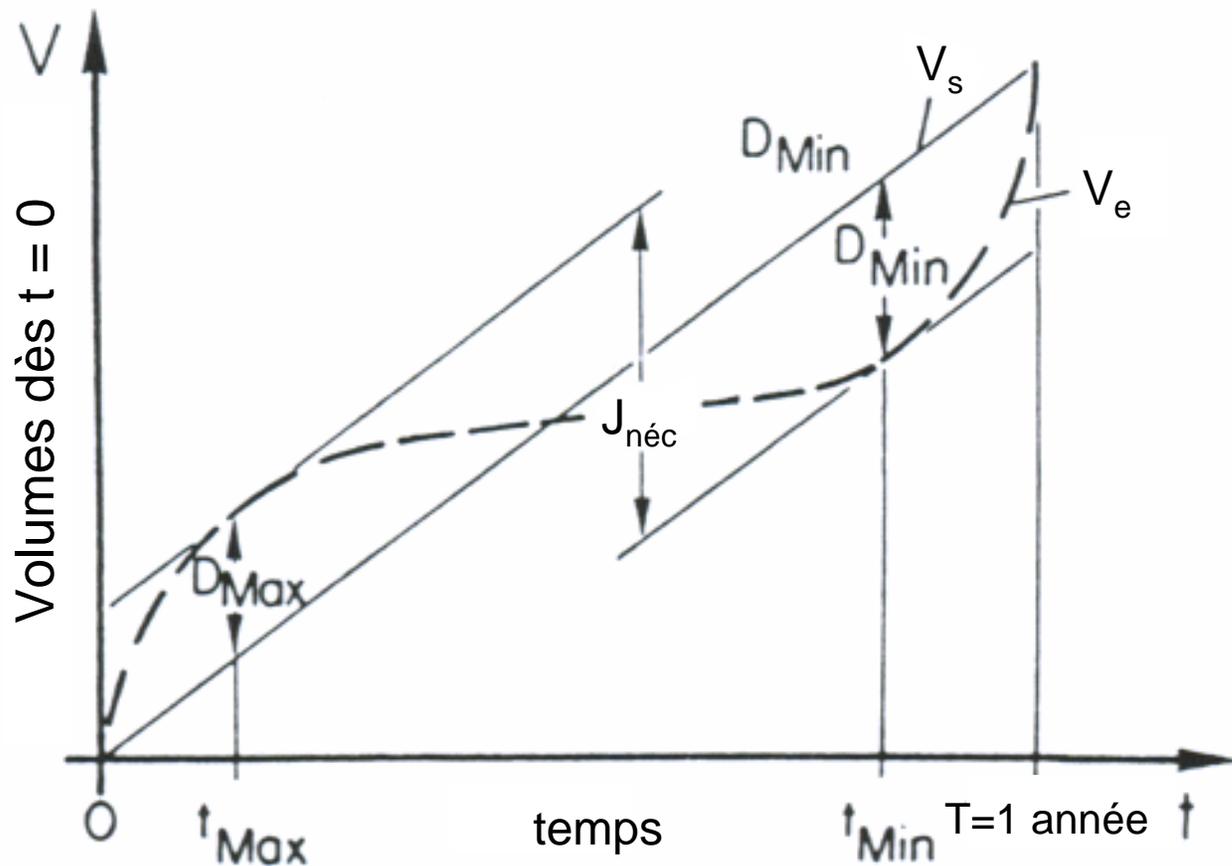
Généralités

Dimensionnement à l'aide des courbes des débits cumulés



$$J_{nec} = D_{max} + |D_{min}|$$

Dimensionnement d'un réservoir



Tous les débits entrants (apports) sont transformés en débits sortants

Rôle important des réservoirs artificiels

Volume total stocké
dans les réservoirs
dans le monde:
6'000 km³ dont
3'600 km³ pour
la régulation des apports
(45'000 barrages > 15 m)

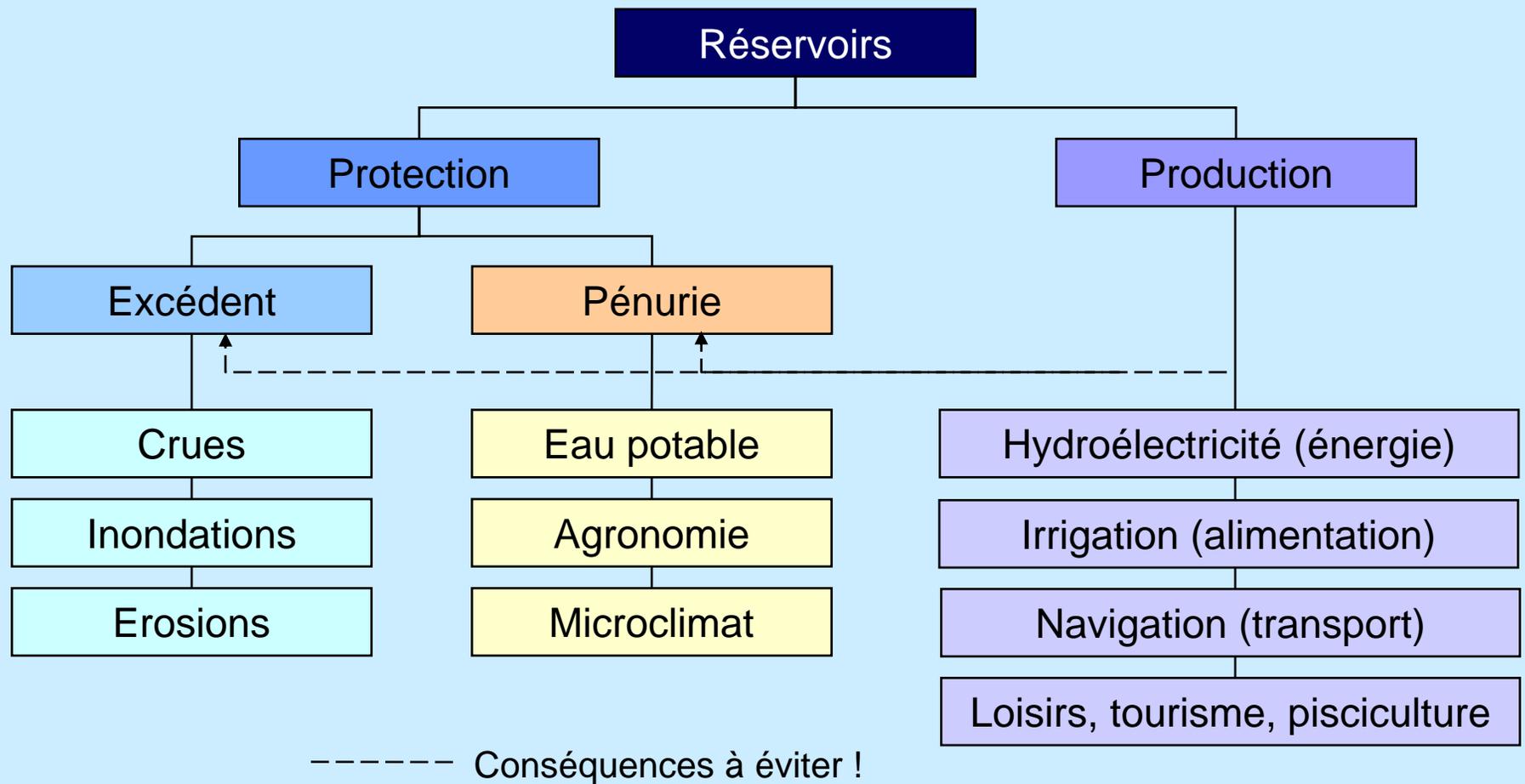


Satisfaire
les besoins
en énergie,
eau/nourriture
et transport

Volume global stocké
dans tous les cours
d'eau:

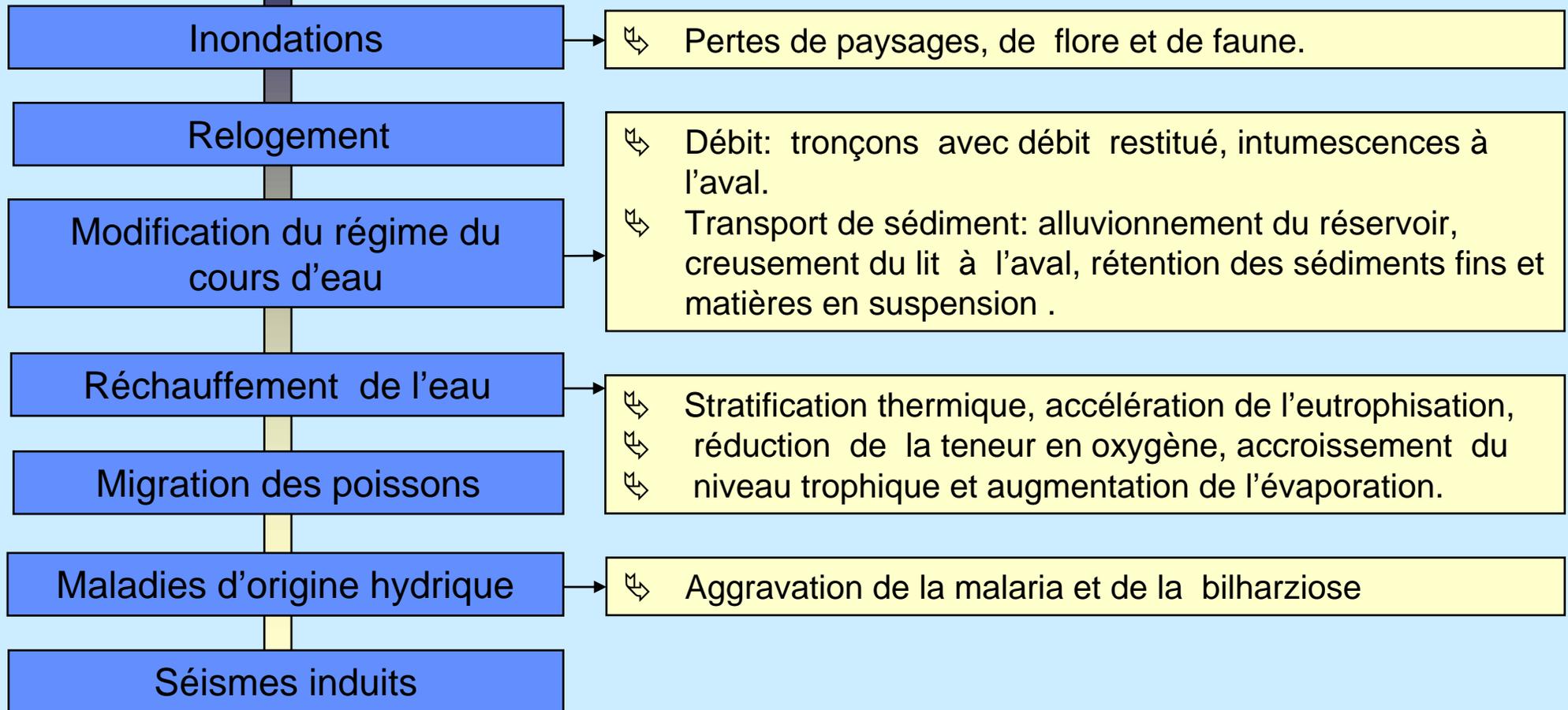
1000 - 2000 km³

Possibilités d'exploitation des réservoirs



Barrages Généralités

Effets nuisibles des barrages

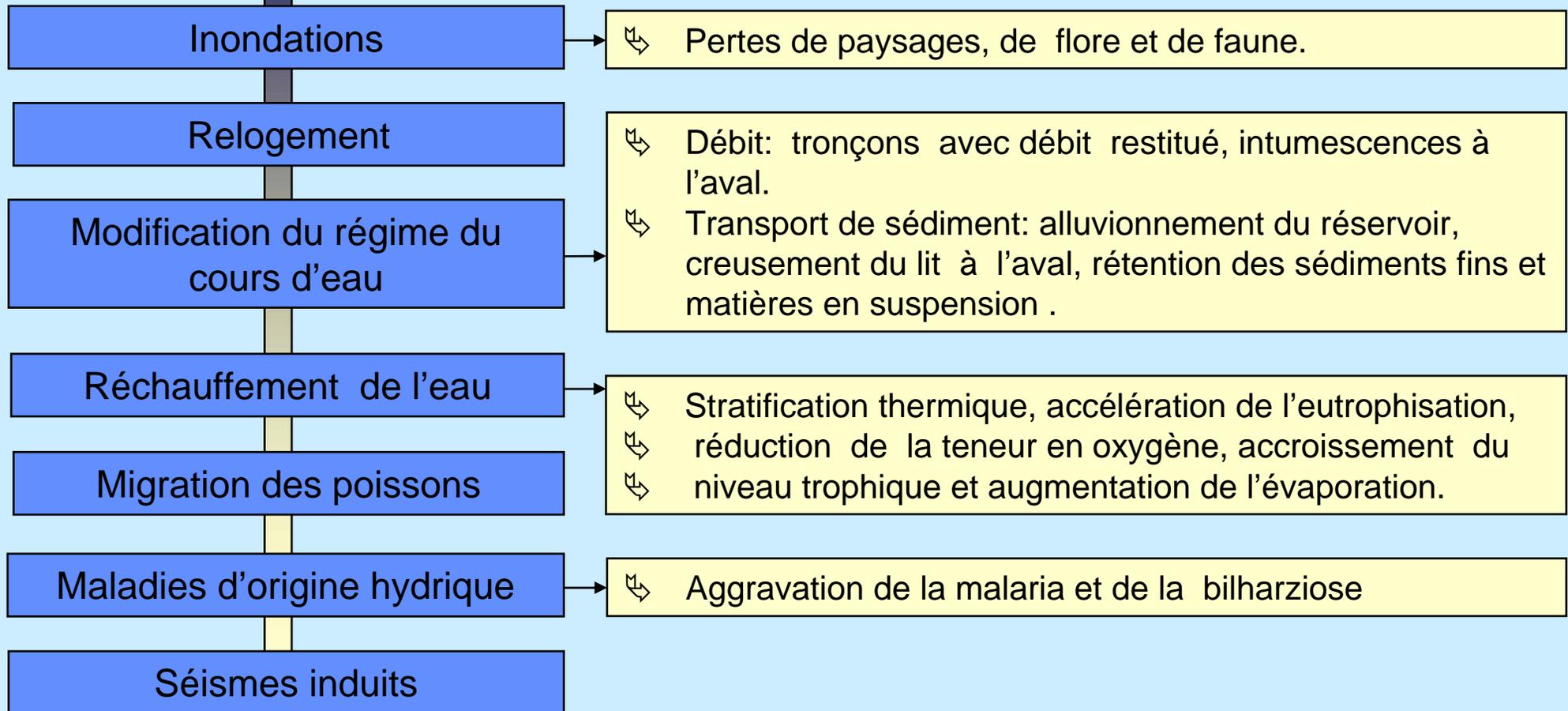


Barrages et déplacement des populations

Name	Country	No. of resettled people
Three Gorges	China	1,300,000
Sanmenxia	China	410,000
Danjankou	China	383,000
Xianjiang	China	306,000
Dongpinghu	China	278,000
Pong	India	150,000
Zhaxi	China	141,000
Bargi	India	114,000
Aswan	Egypt	113,000
Hirakud	India	110,000
Mangla	Pakistan	110,000
Kaptai	Bangladesh	100,000
Srisaïlam	India	100,000

Barrages Généralités

Effets nuisibles des barrages



Barrages Généralités

UPPER-RHONE-RIVER FLOW REGIME



Rhone, Branson
(A.Peter)

Barrages

Généralités

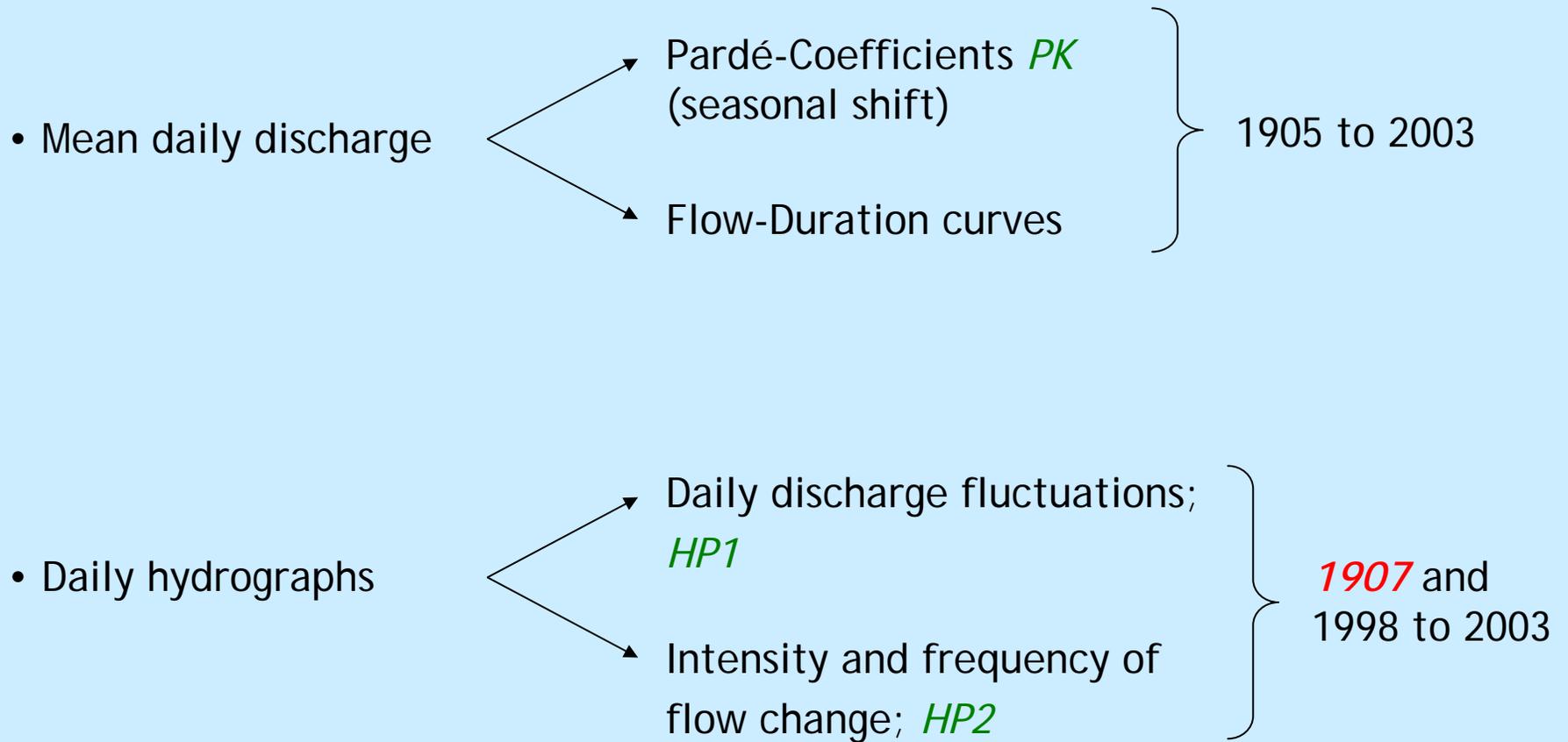
UPPER-RHONE-RIVER FLOW REGIME



Rhone, Raron
(T.Meile)

Barrages Généralités

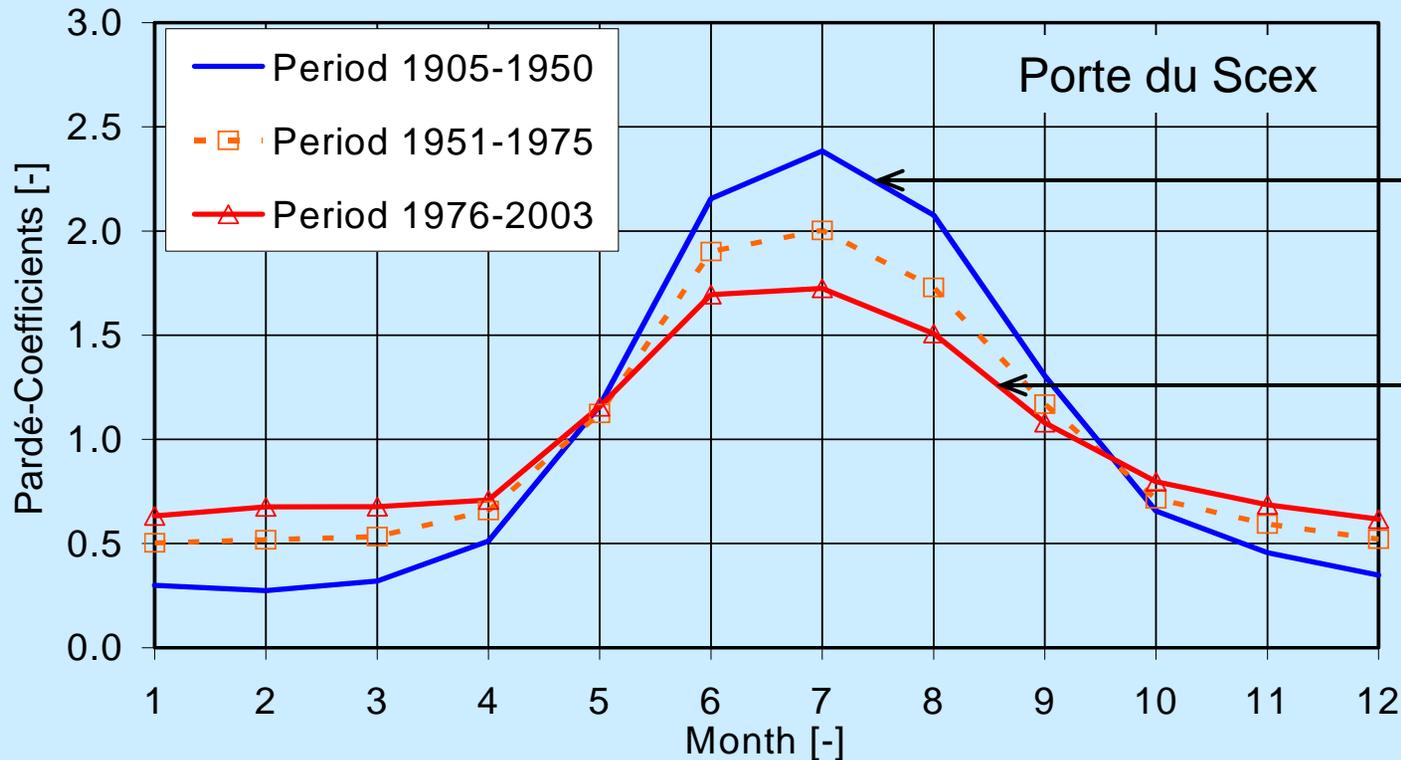
UPPER-RHONE-RIVER FLOW REGIME



Barrages Généralités

Pardé-Coefficients:

- $PK_{\text{month}} = Q_{\text{mean month}} / Q_{\text{mean annual}}$ >> 16 annual flow regime types

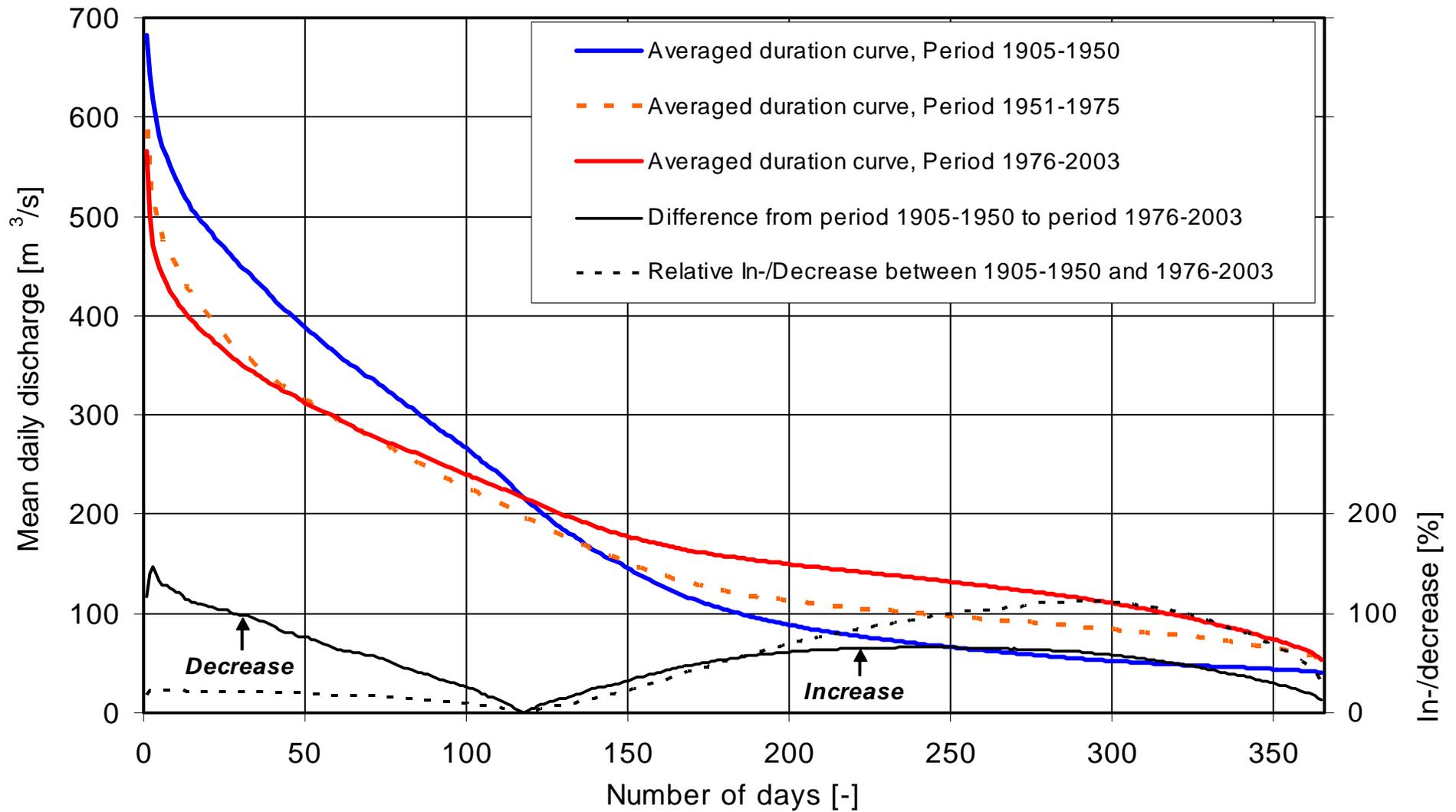


- until 1950: alpine glacier snowmelt type
- since 1976: subalpine snowmelt-rain type

UPPER-RHONE-RIVER FLOW REGIME

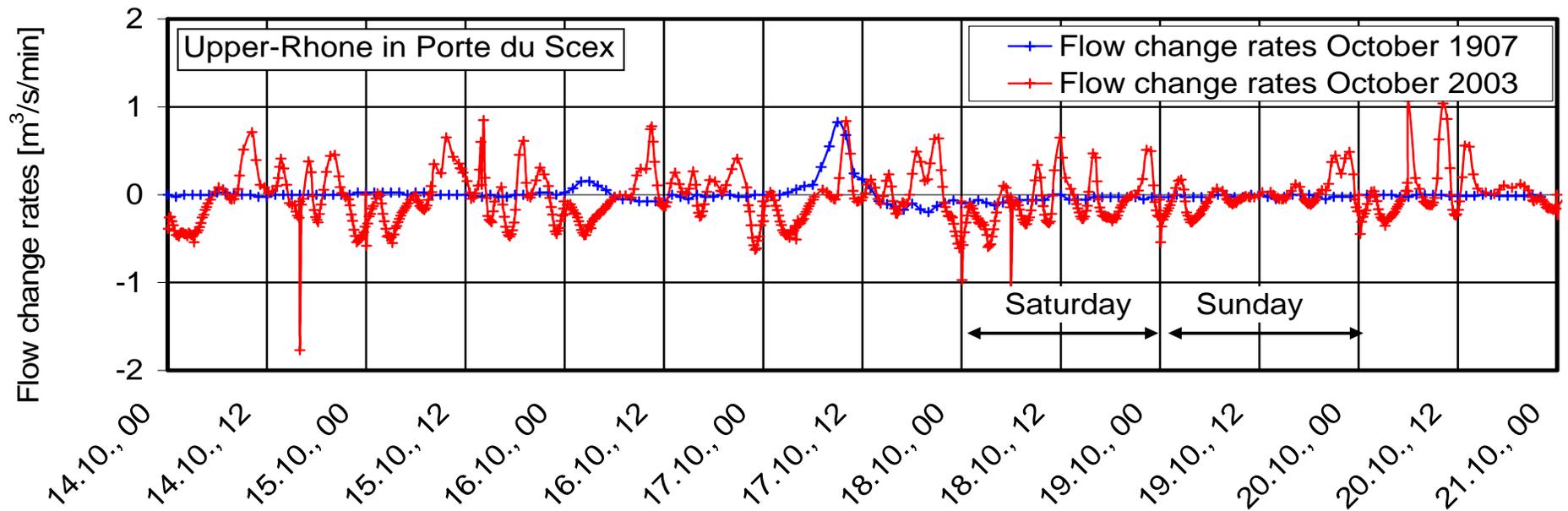
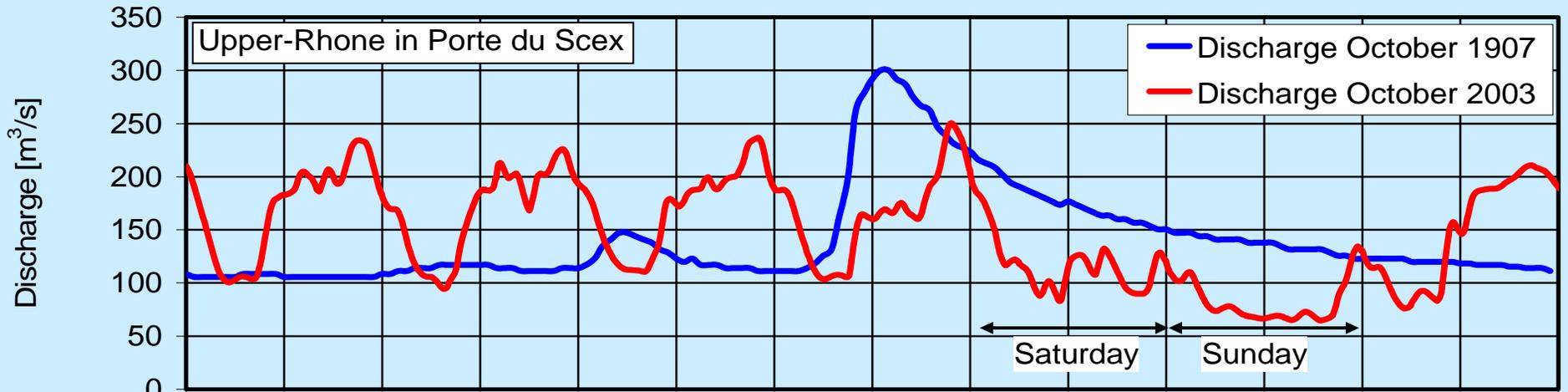
Barrages Généralités

UPPER-RHONE-RIVER FLOW REGIME



Barrages Généralités

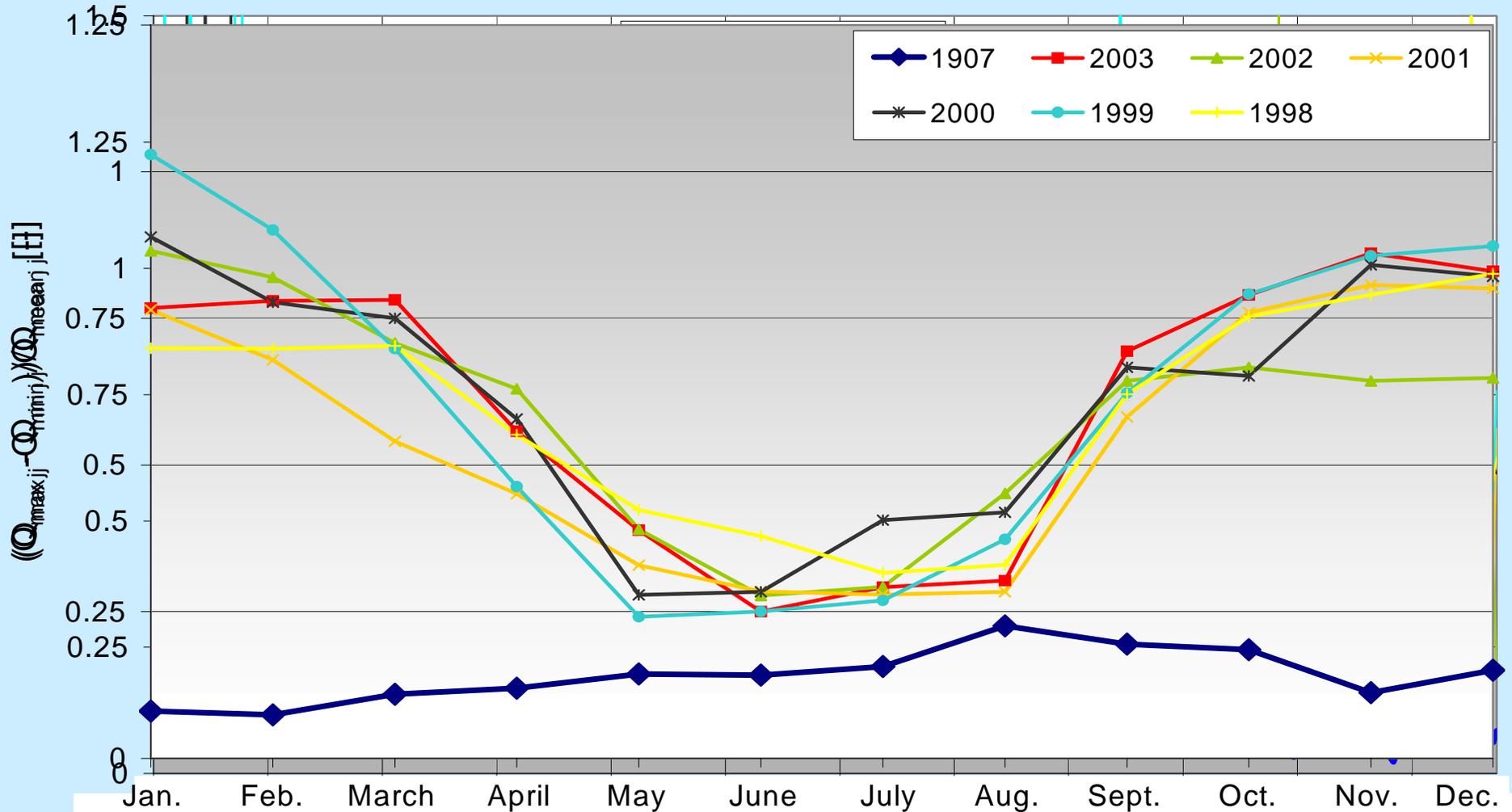
UPPER-RHONE-RIVER FLOW REGIME



Barrages Généralités

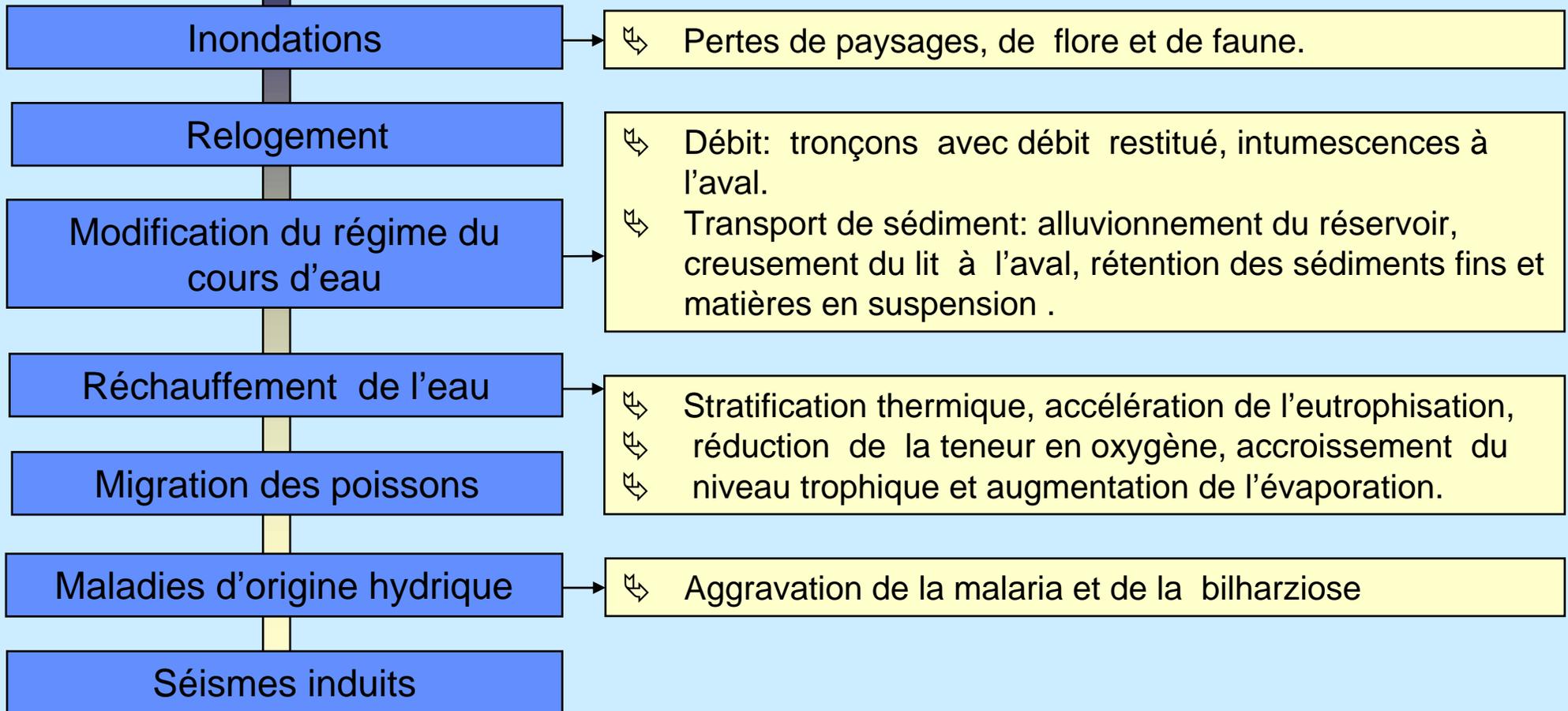
$HP1_j = (Q_{max j} - Q_{min j}) / Q_{mean j}$ >>> daily values **or** averages values (per month)

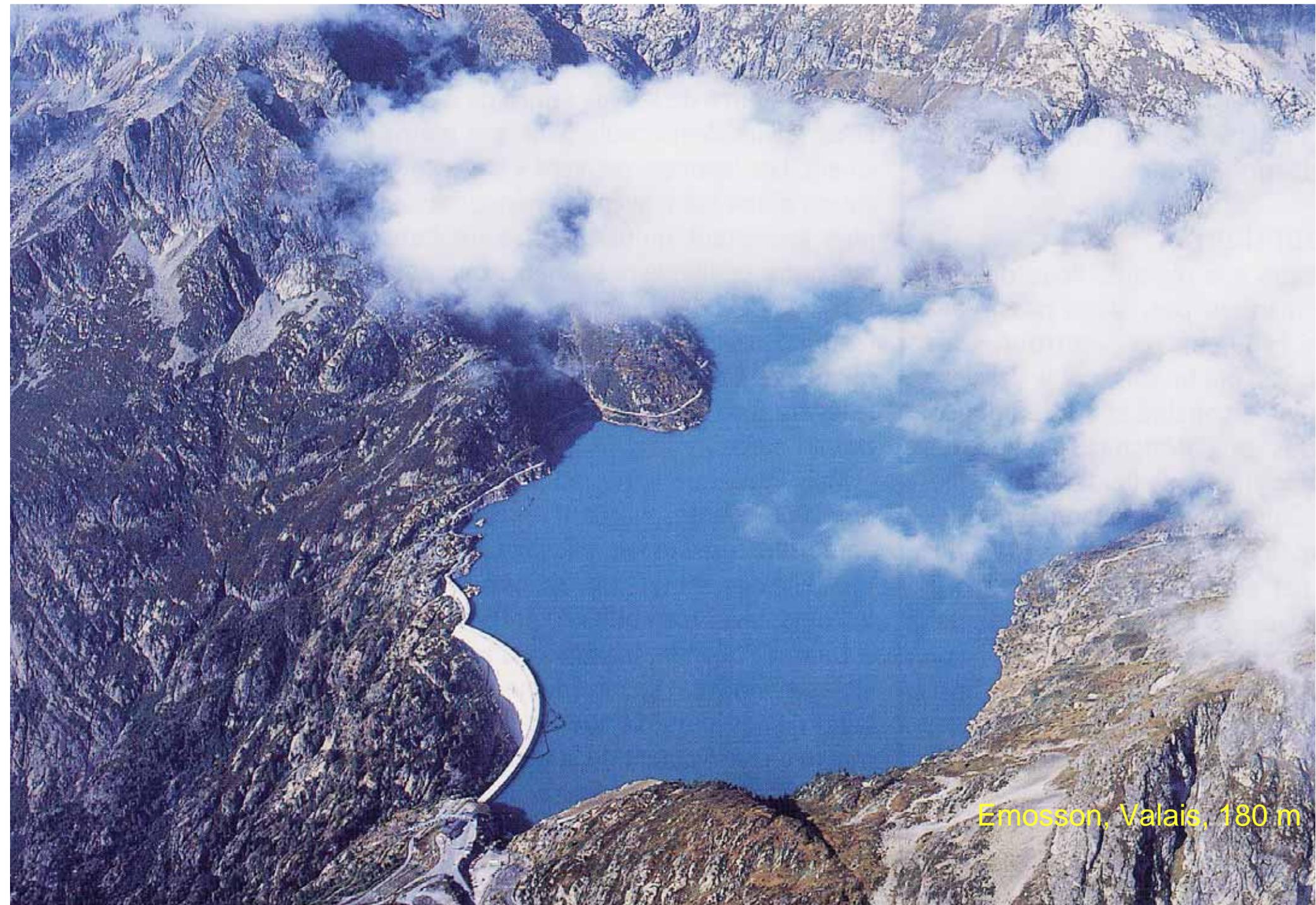
UPPER-RHONE-RIVER FLOW REGIME



Barrages Généralités

Effets nuisibles des barrages





Eposson, Valais, 180 m

Barrages

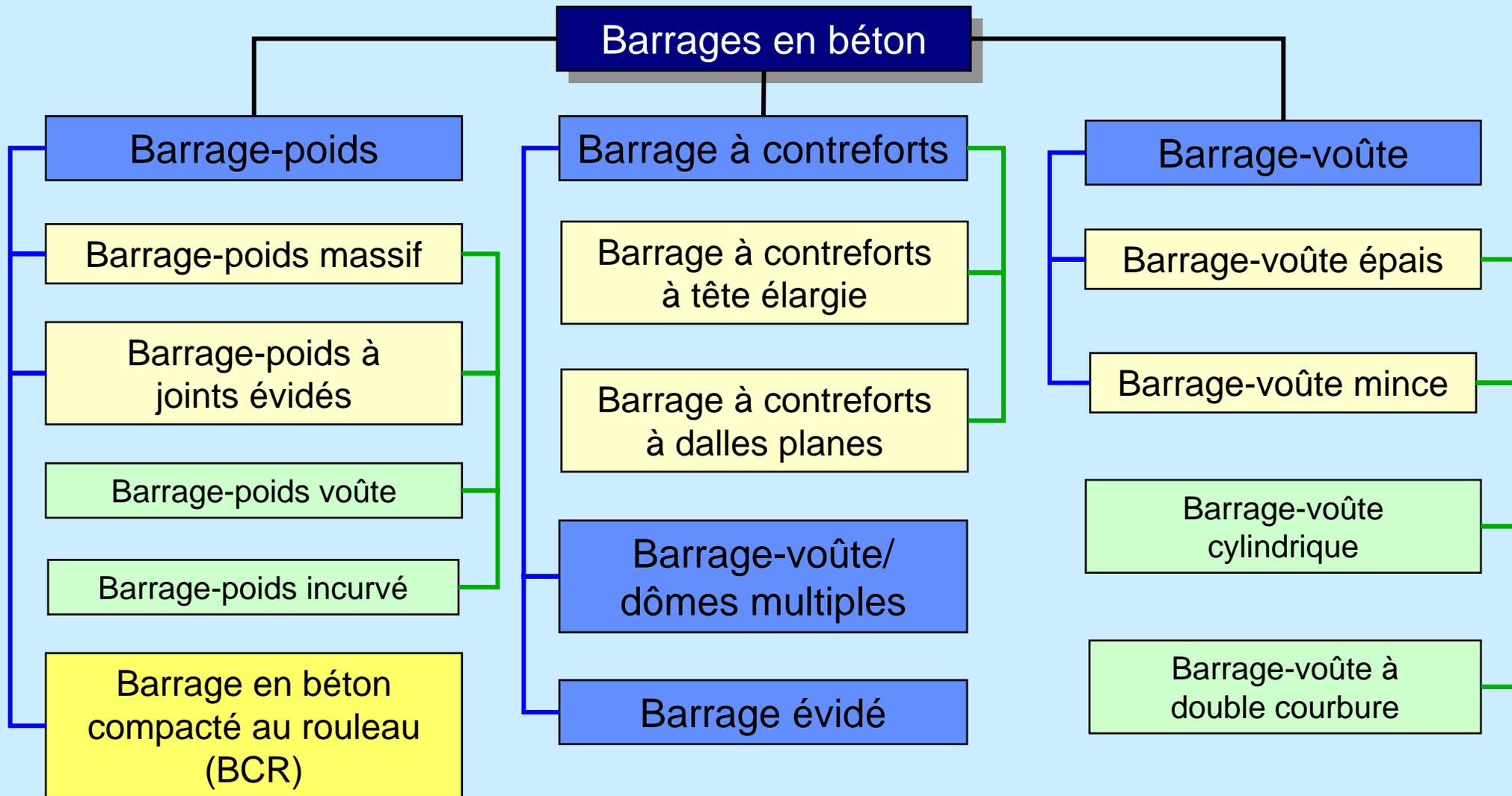
Généralités

Variation temporelle du niveau de l'eau de quatre lacs artificiels lors de leur remplissage initial. Indication du moment où est survenu un tremblement de terre



local et magnitude observée

Barrages Généralités

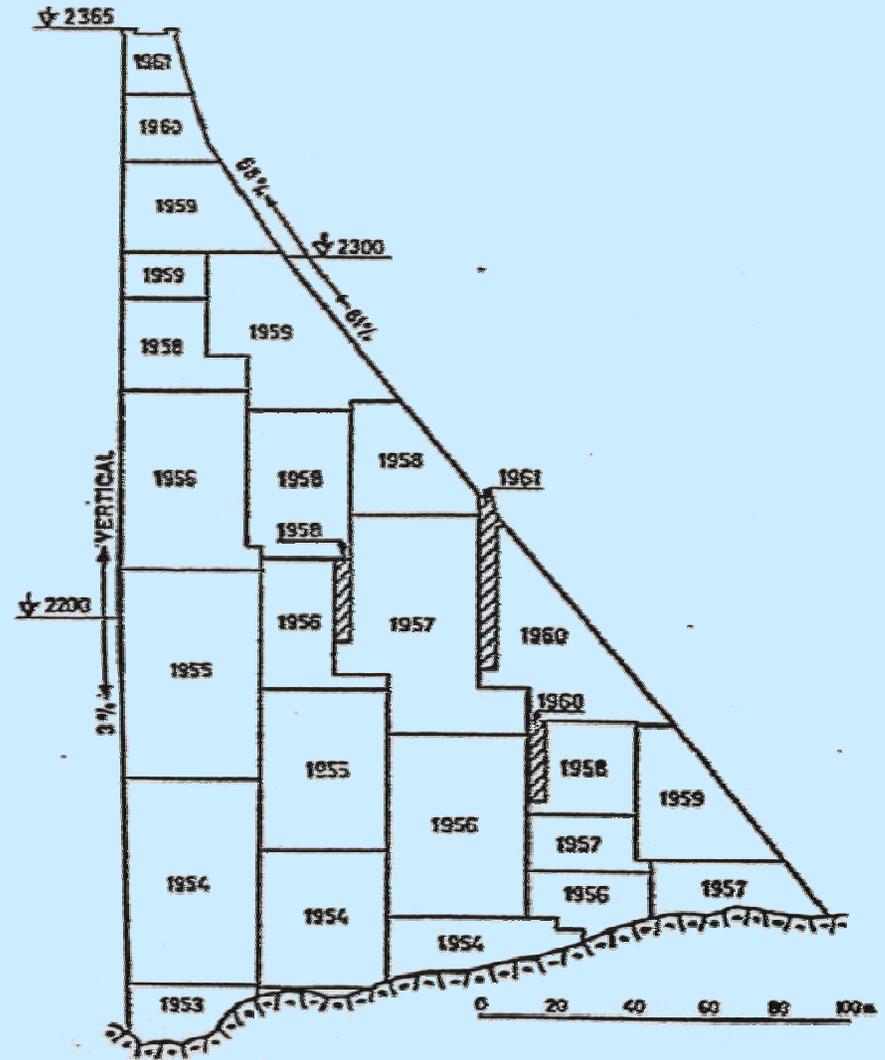


Barrages Généralités

Barrage poids (Grande Dixence, Suisse)

Le plus haut:

	du monde	de la Suisse
Nom:	Grande Dixence	Grande Dixence
Hauteur:	285 m	285 m
Volume béton:	6000 · 10³m³	6000 · 10³m³



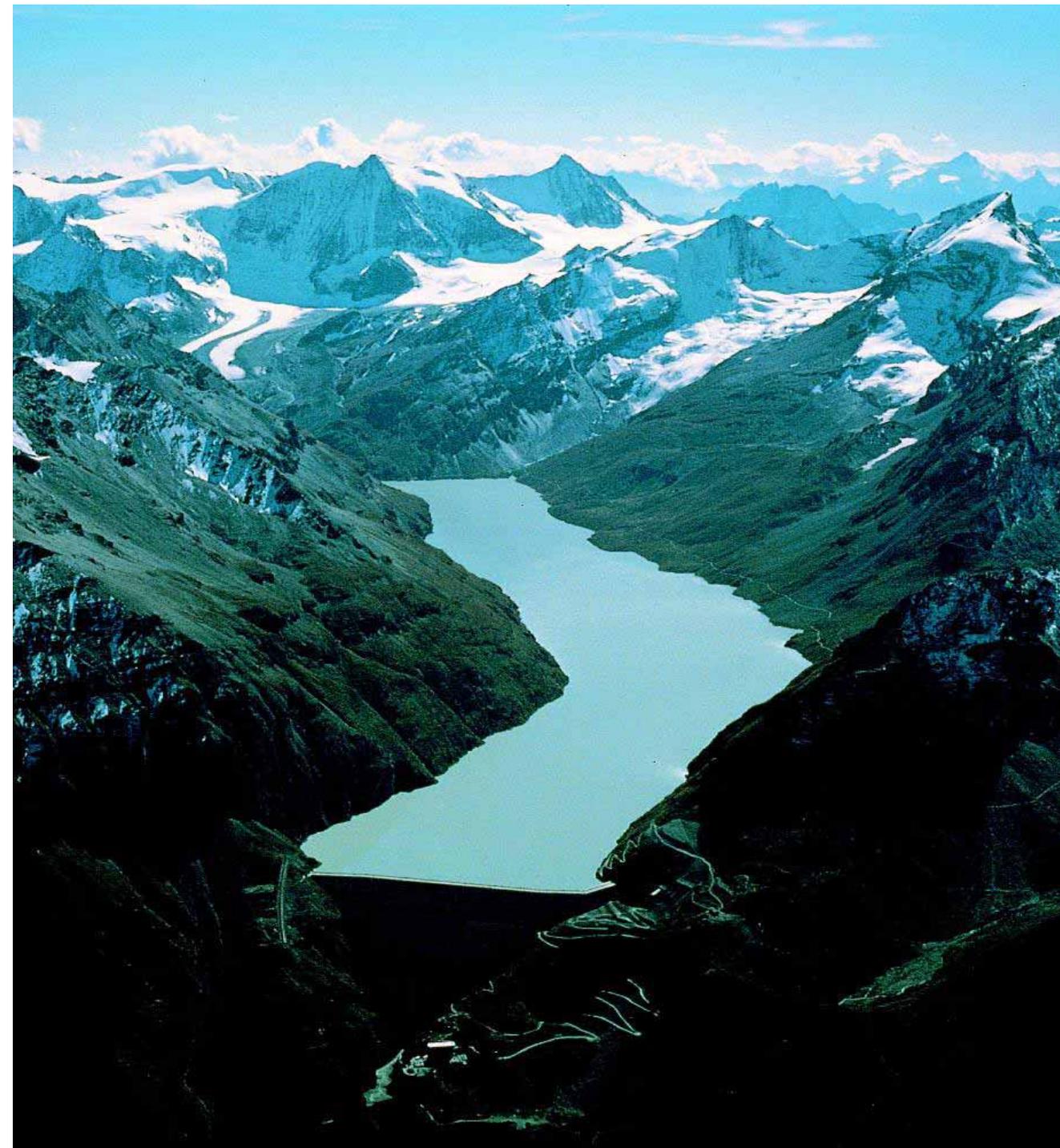
Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Grande Dixence: (Barrage poids)

- Hauteur 285 m
- Volume de la retenue:
400 Mio m³
- Mise en service 1961

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



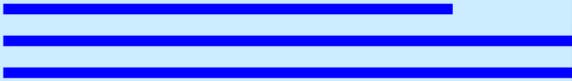
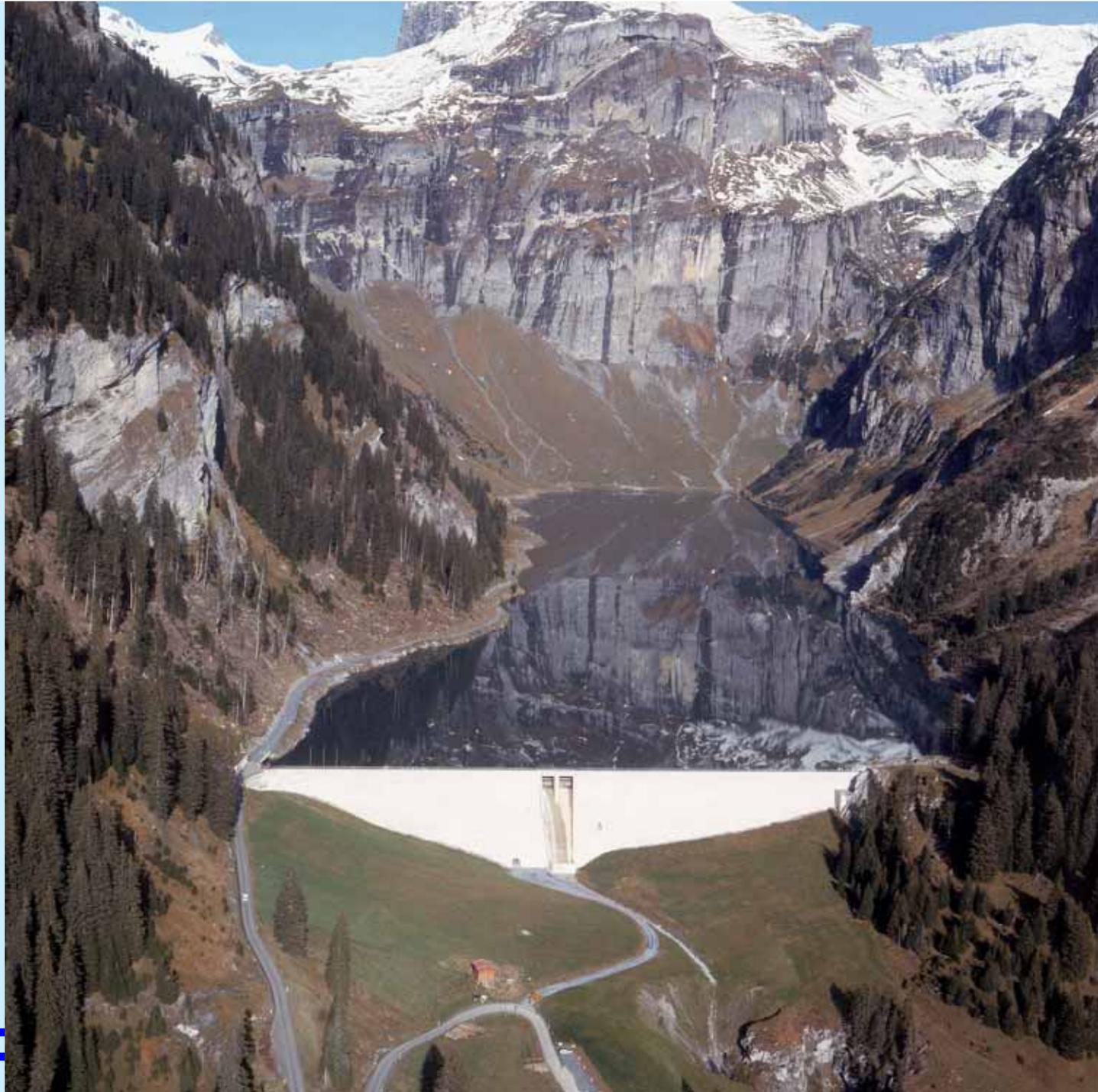


Constructions Hydrauliques

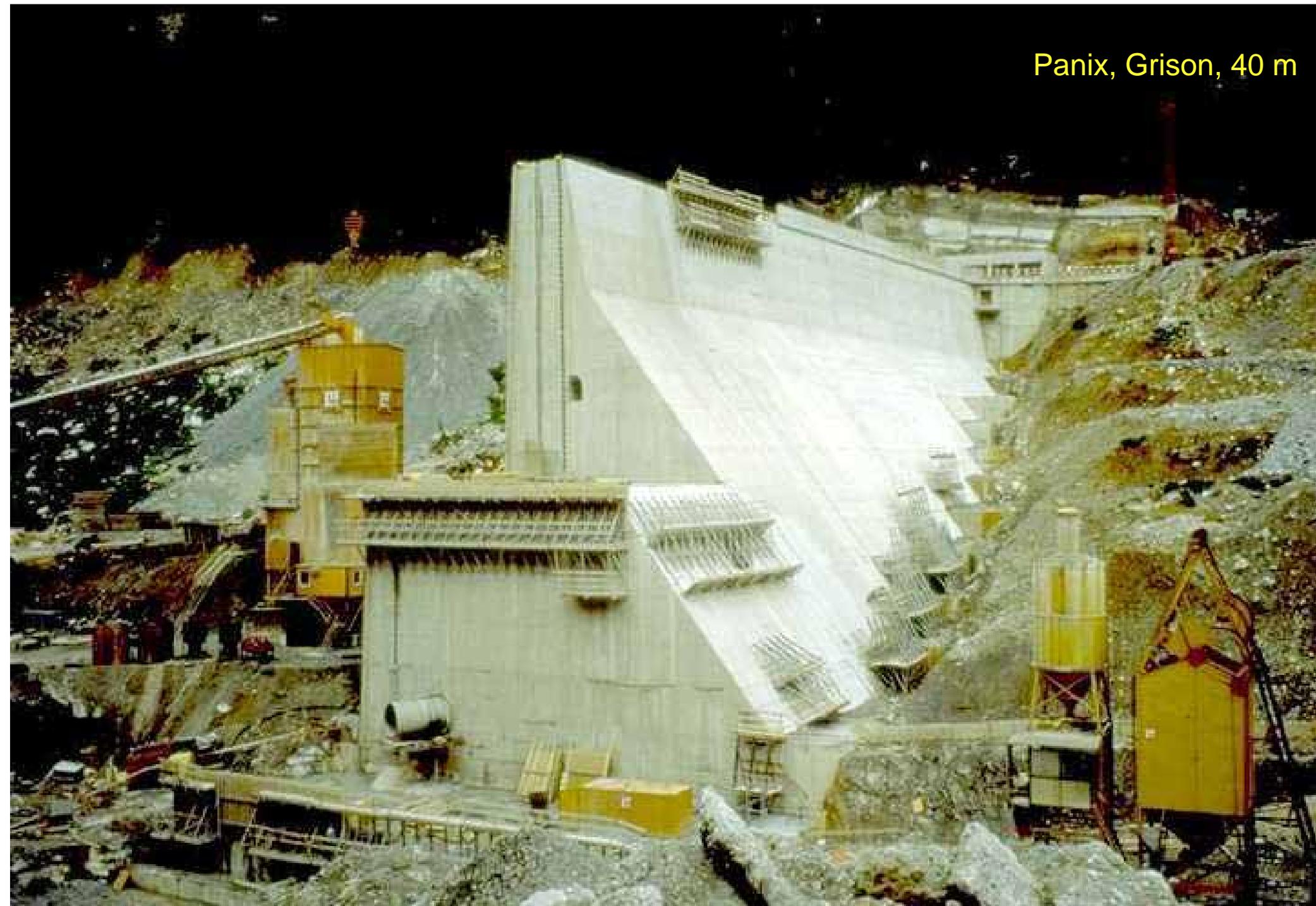


Barrages Généralités

Panix, Grison, 40 m

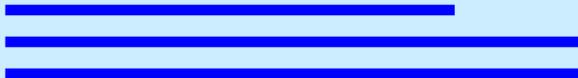


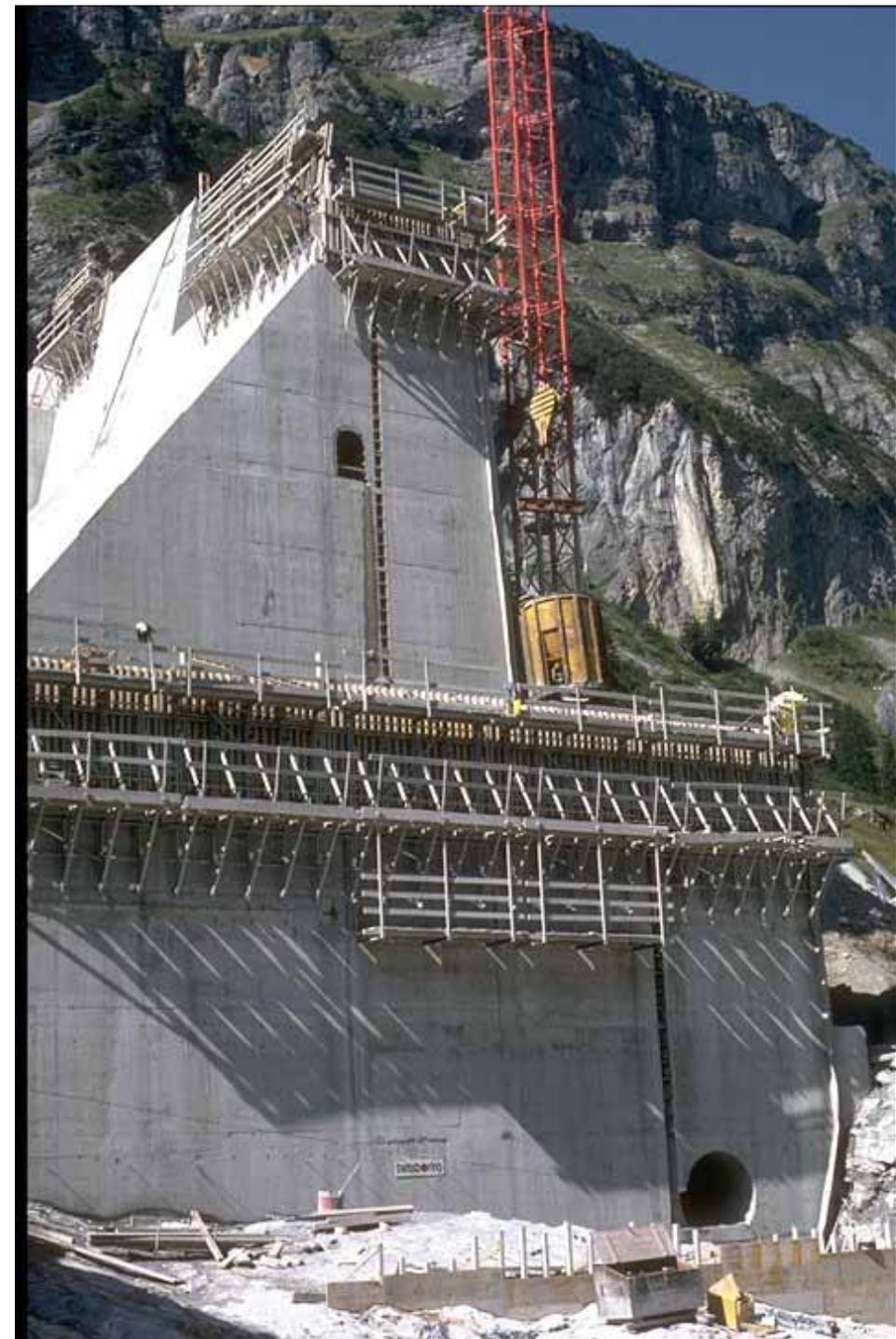
Panix, Grison, 40 m



Barrages Généralités

Panix, Grison, 40 m







Schräh, Glaris, 112 m



Schräh, Glaris, 112 m



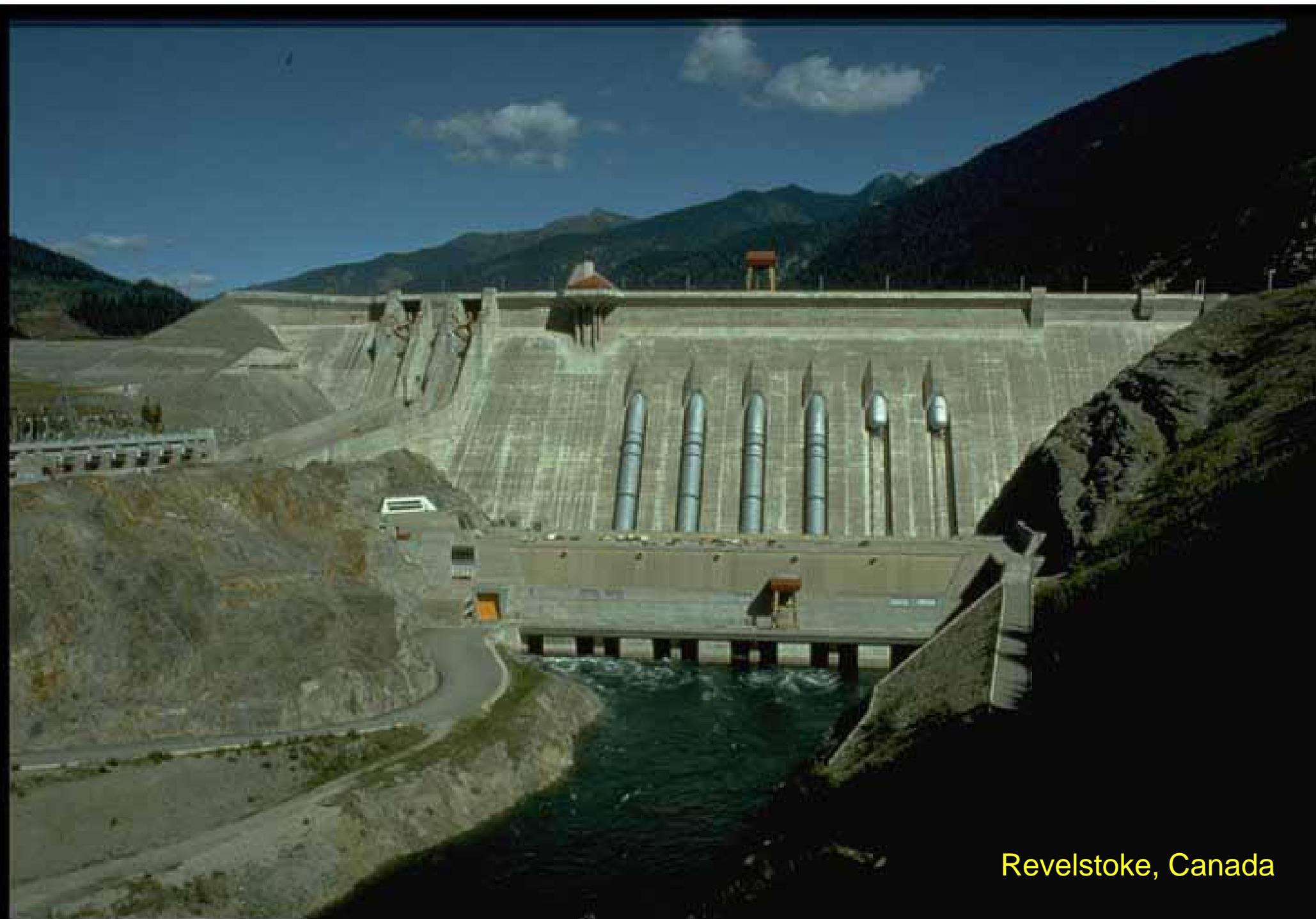
Gries, Valais, 60 m

Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Gries: (Barrage poids)

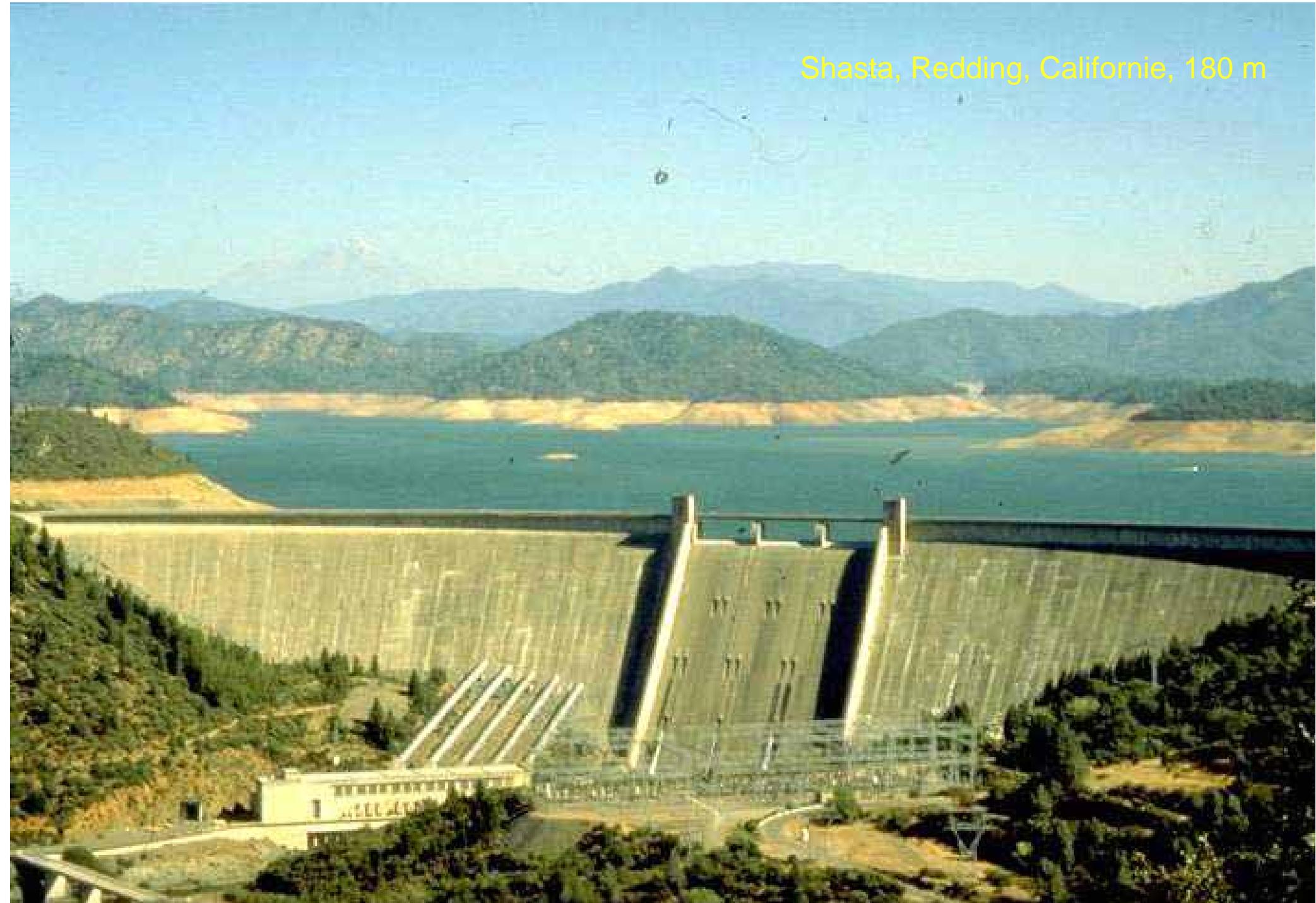
- Hauteur 60 m
- Volume de la retenue:
18 Mio m³
- Mise en service 1965

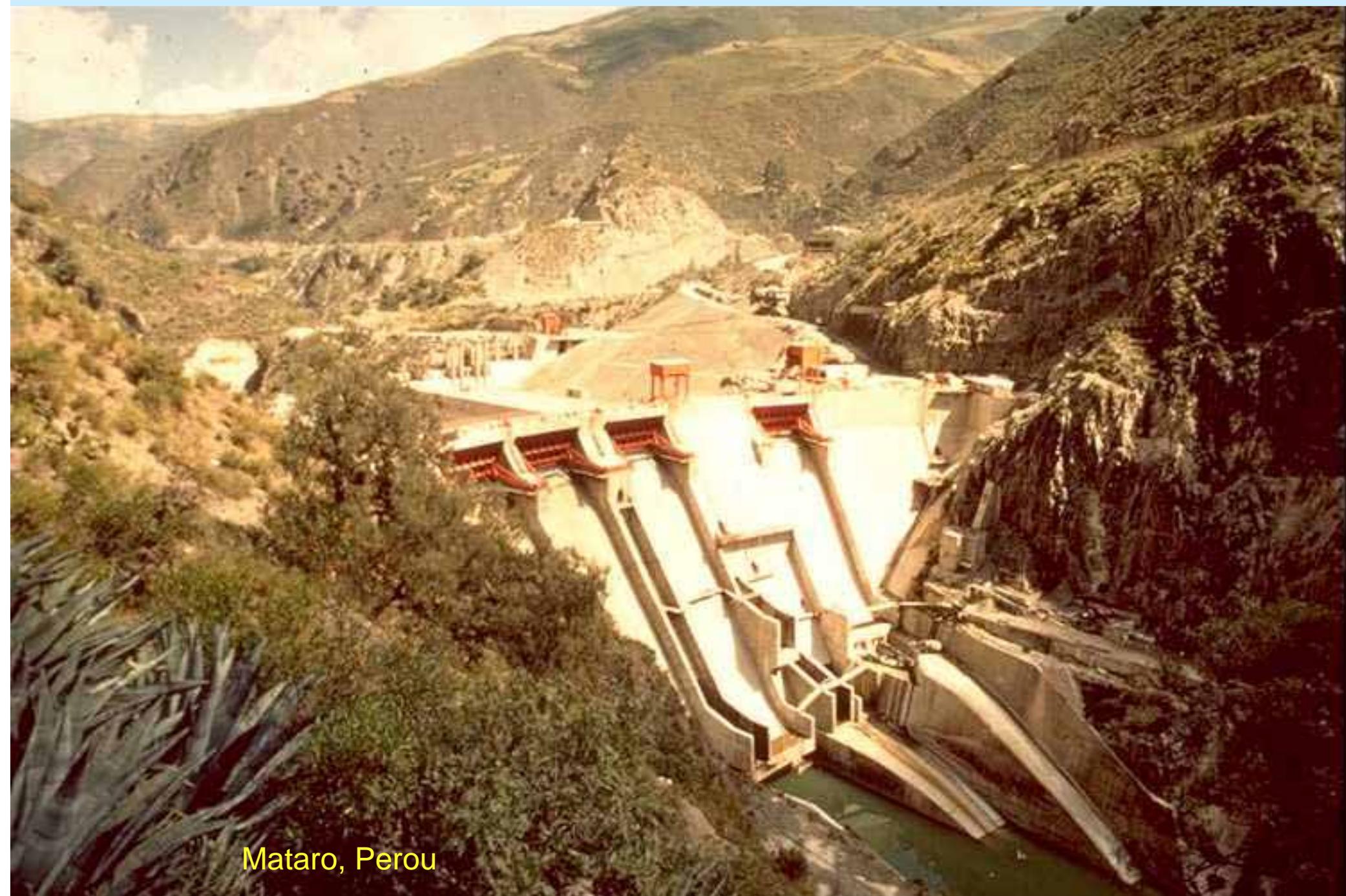
QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.



Revelstoke, Canada

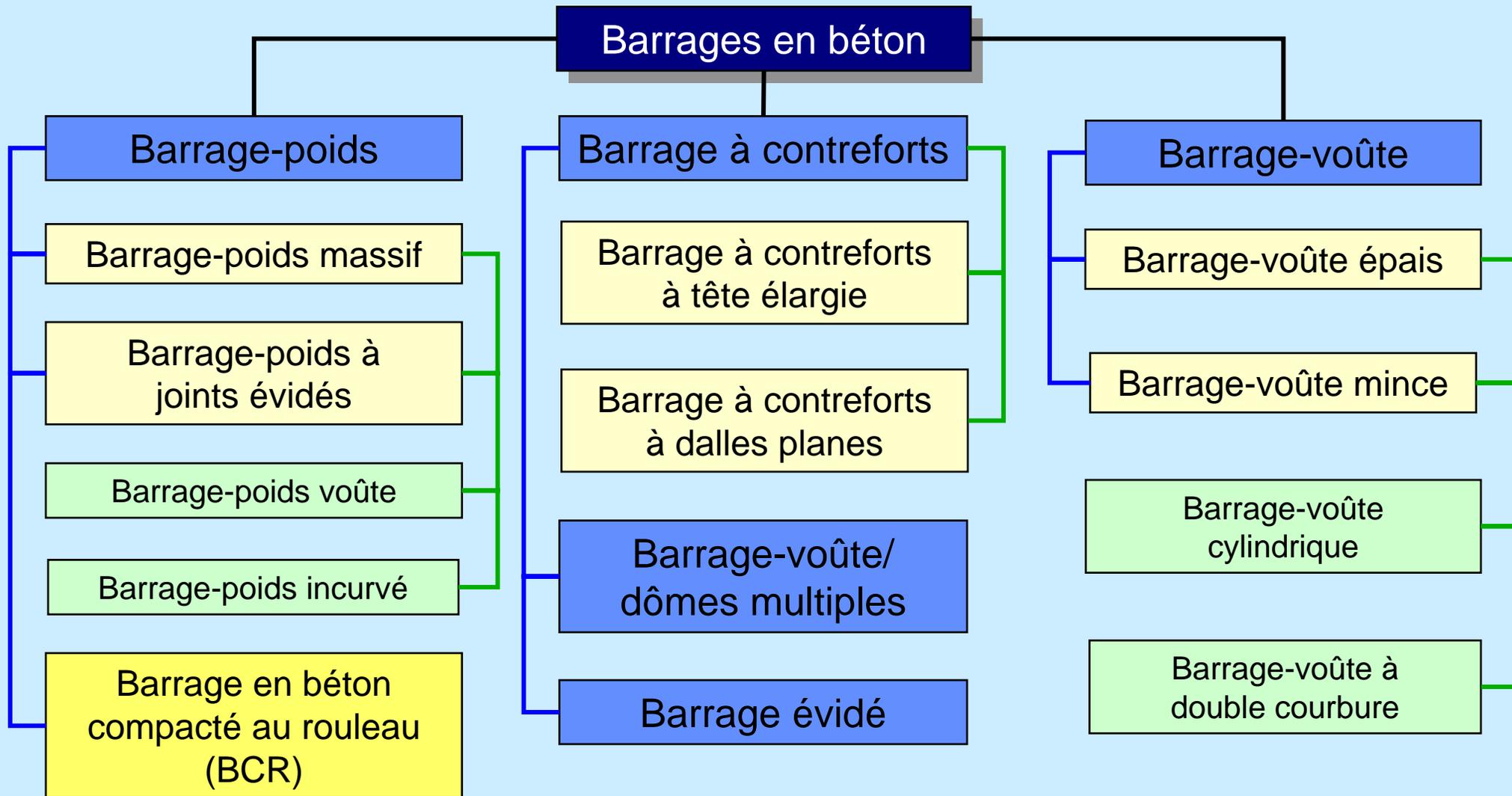
Shasta, Redding, Californie, 180 m





Mataro, Perou

Barrages Généralités

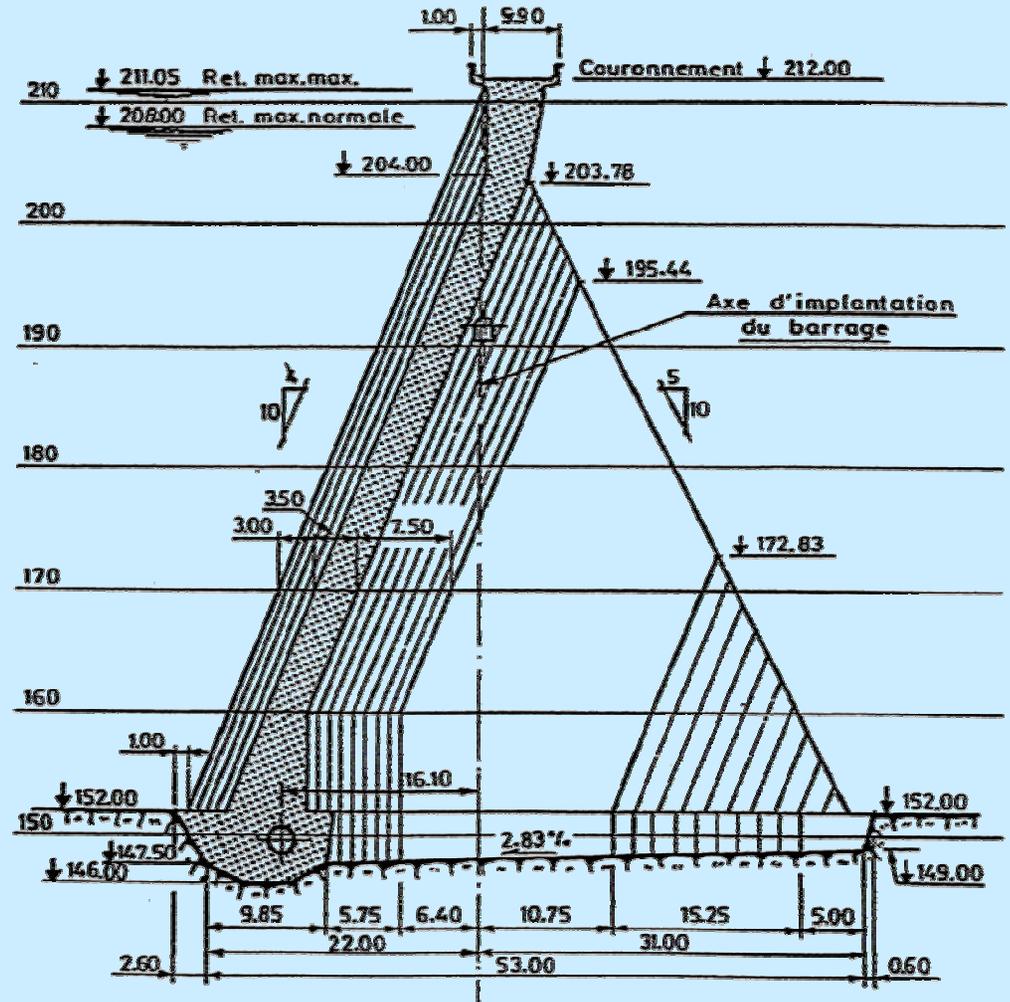


Barrages Généralités

Barrage à contreforts (Manantali, Mali)

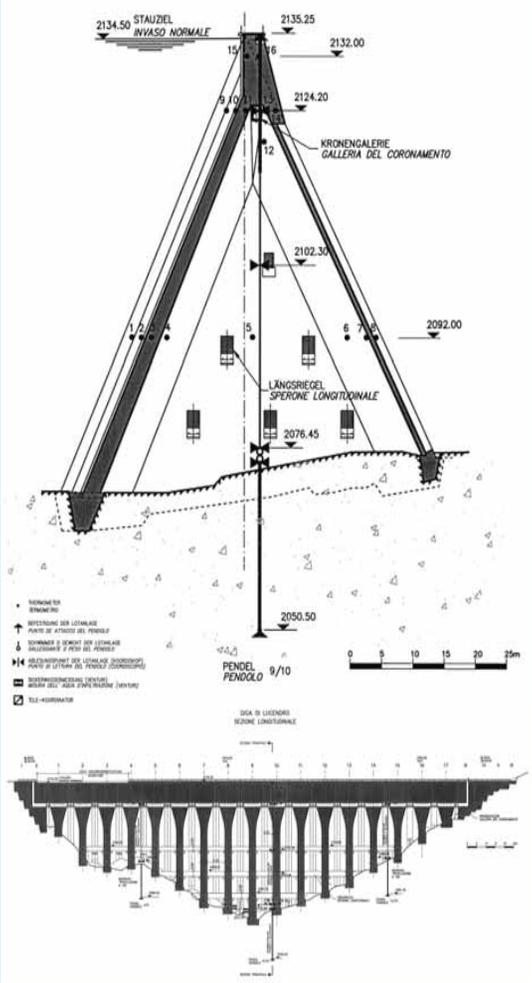
Le plus haut:

	du monde	de la Suisse
Nom:	José Maria Oriol (Alcantara II, Espagne)	Lucendro
Hauteur:	130 m	73 m
Volume béton:	956 · 10³m³	154 · 10³m³



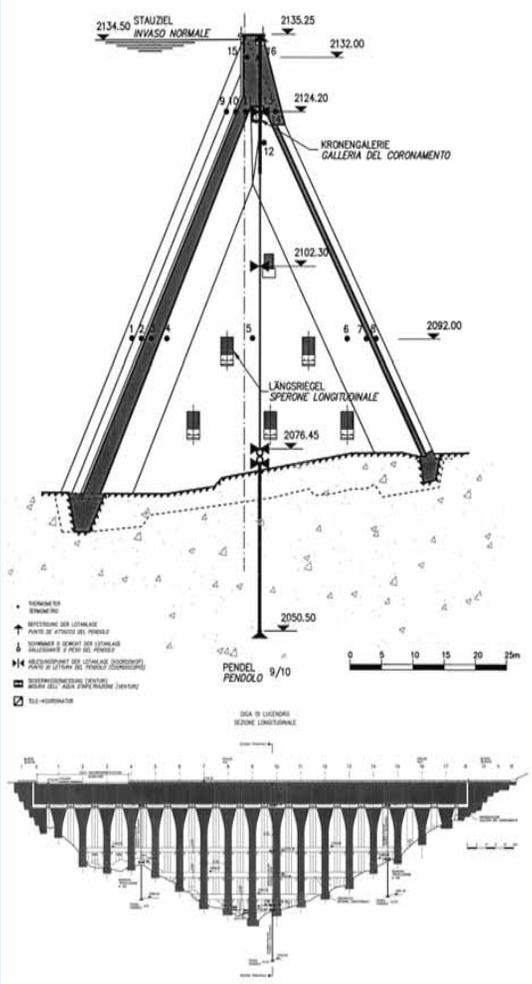
Barrages Généralités

Lucendro, Tessin, 73 m



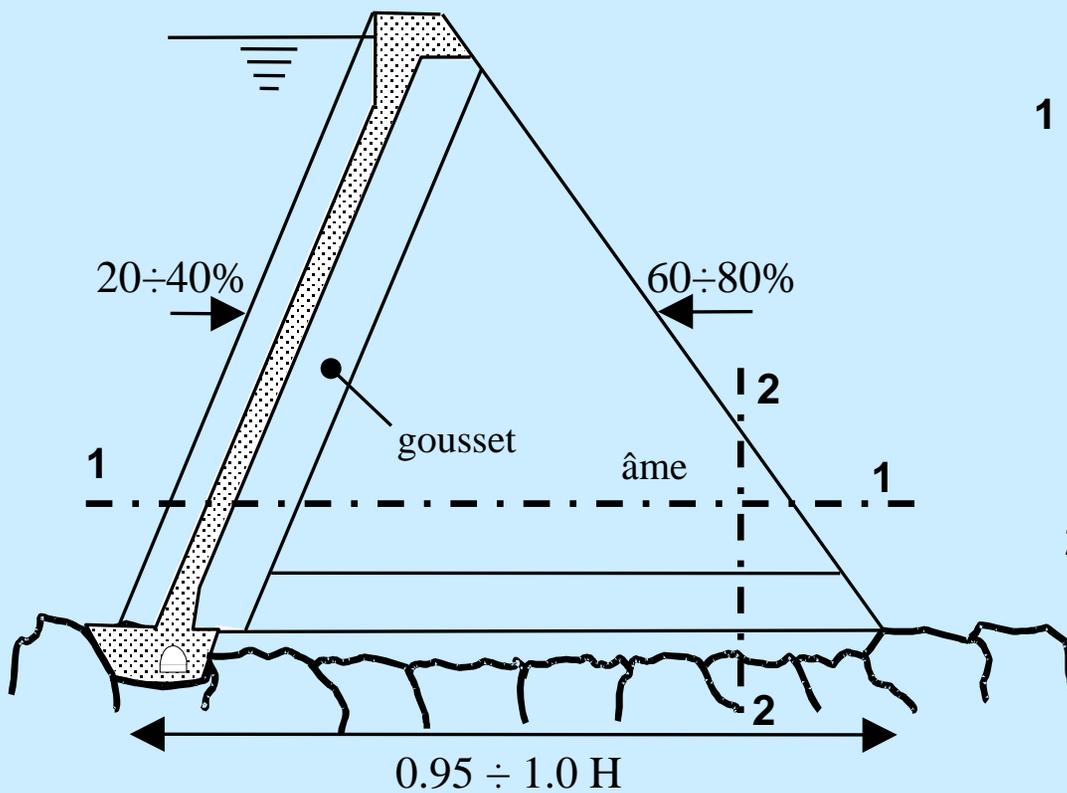
Barrages Généralités

Lucendro, Tessin, 73 m

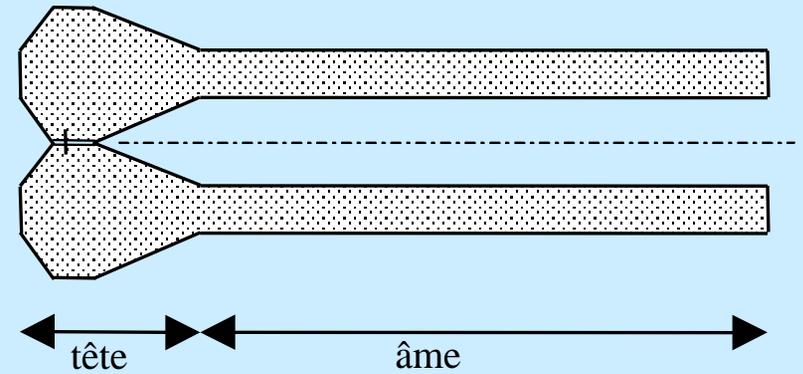


Barrages Généralités

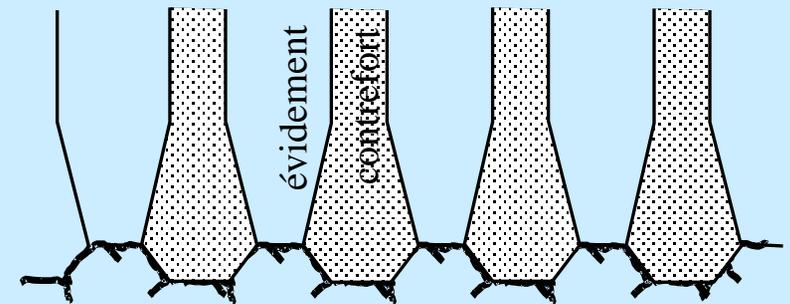
Dispositions générales d'un barrage à contreforts



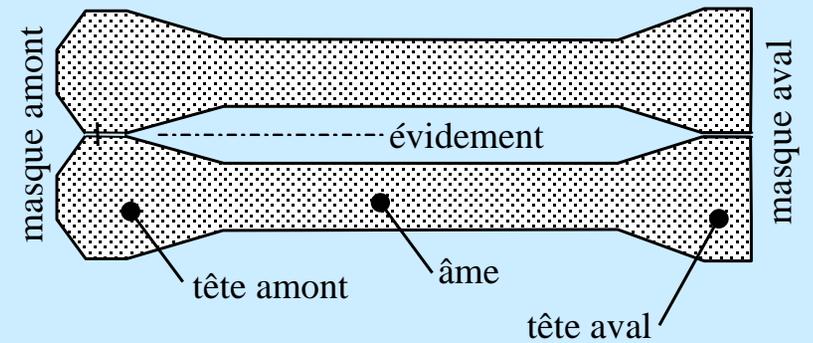
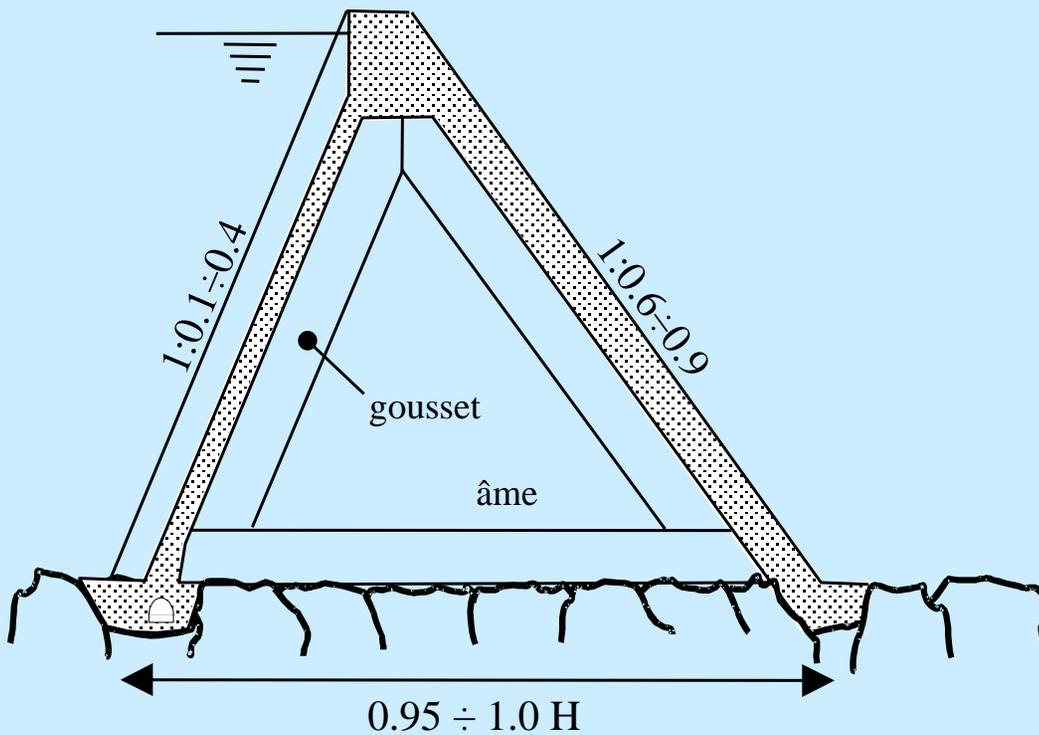
1 - 1



2 - 2



Dispositions générales d'un barrage évidé



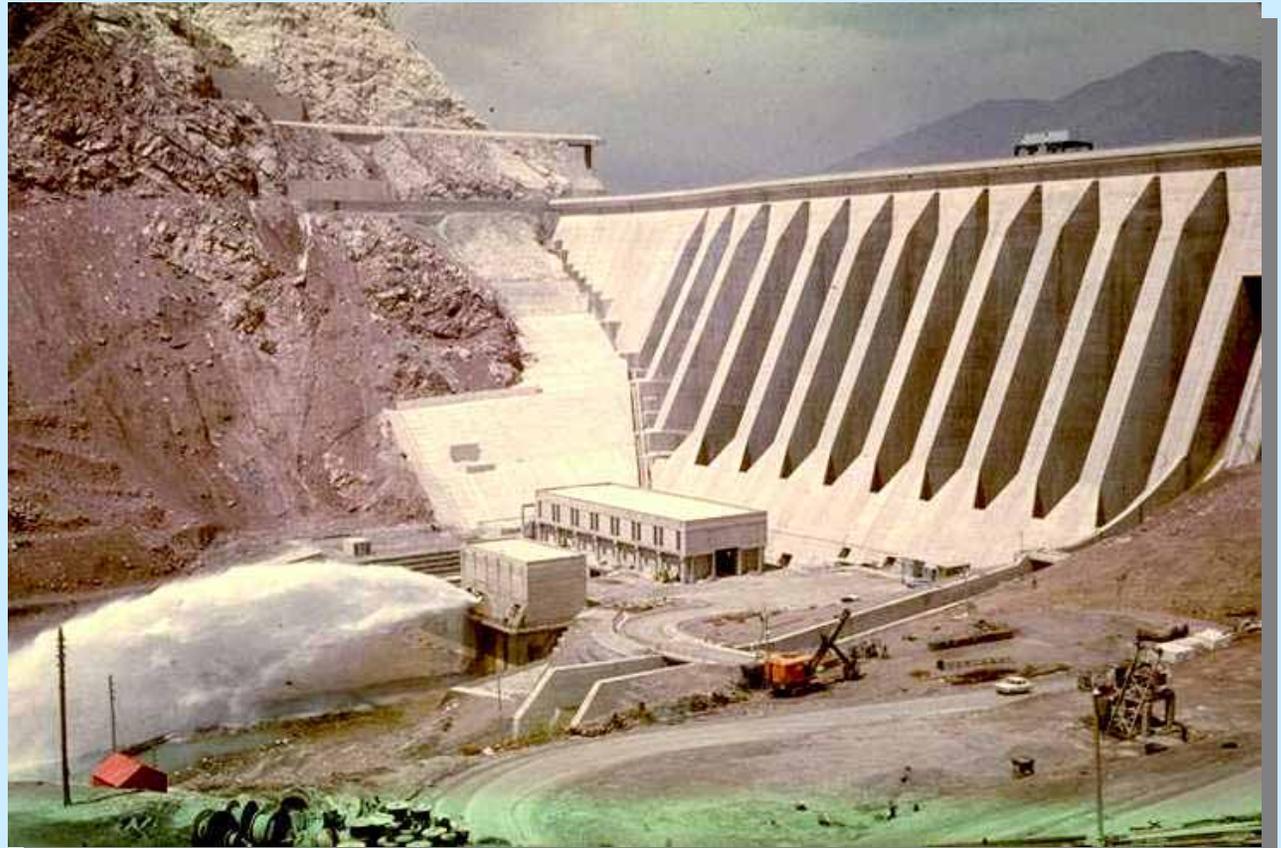
Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Cleuson:

- Hauteur 87 m
- Volume de la retenue: 20 Mio m³
- Mise en service 1950

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

Barrages Généralités

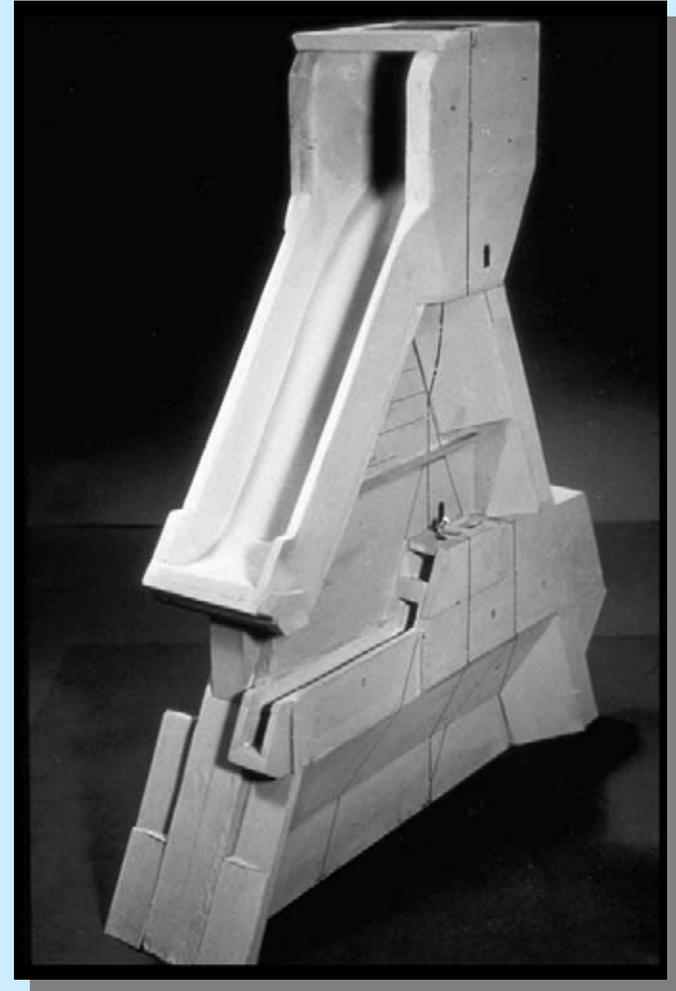


Latiyan, Iran, proche de Téhéran

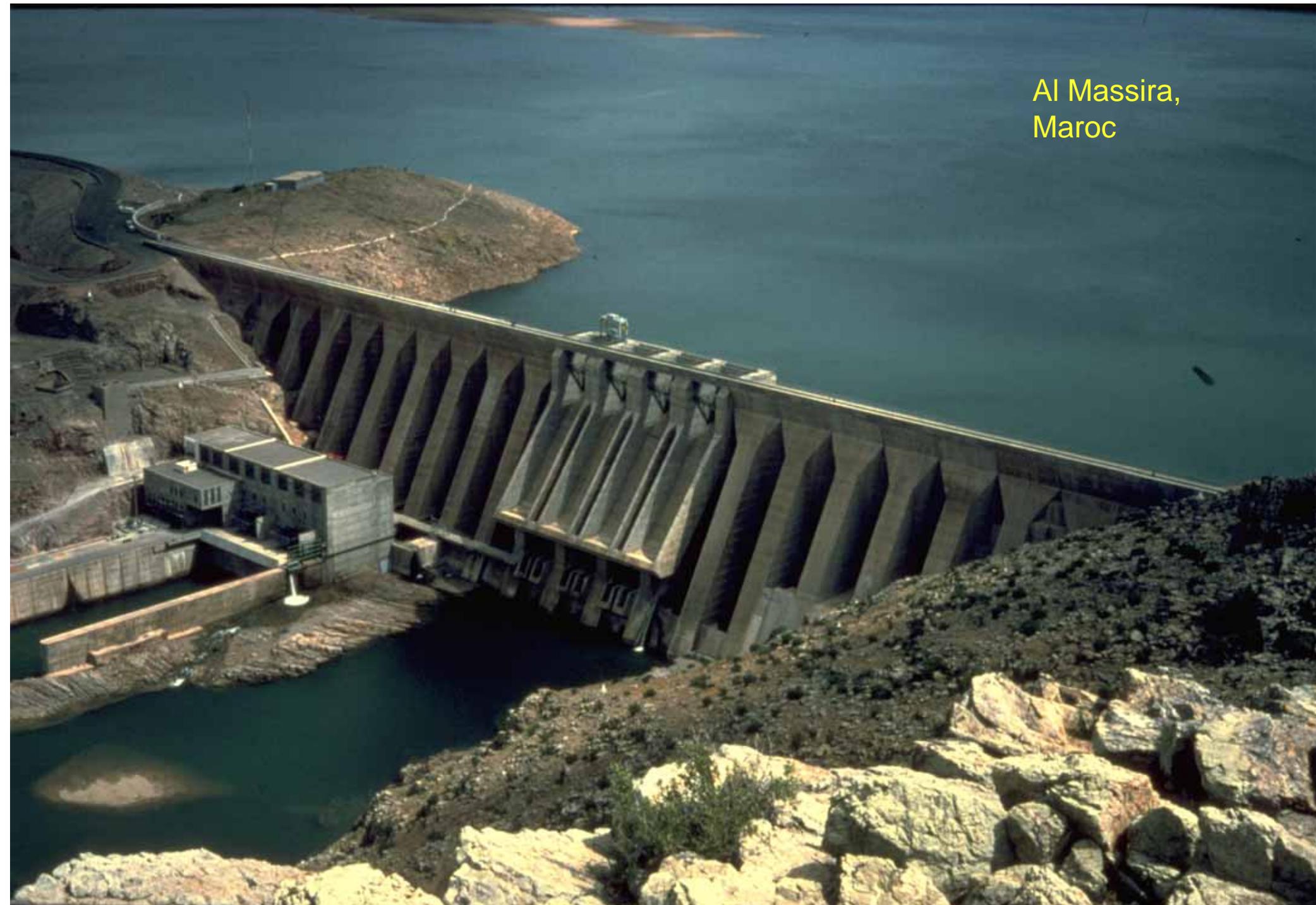
Barrages Généralités



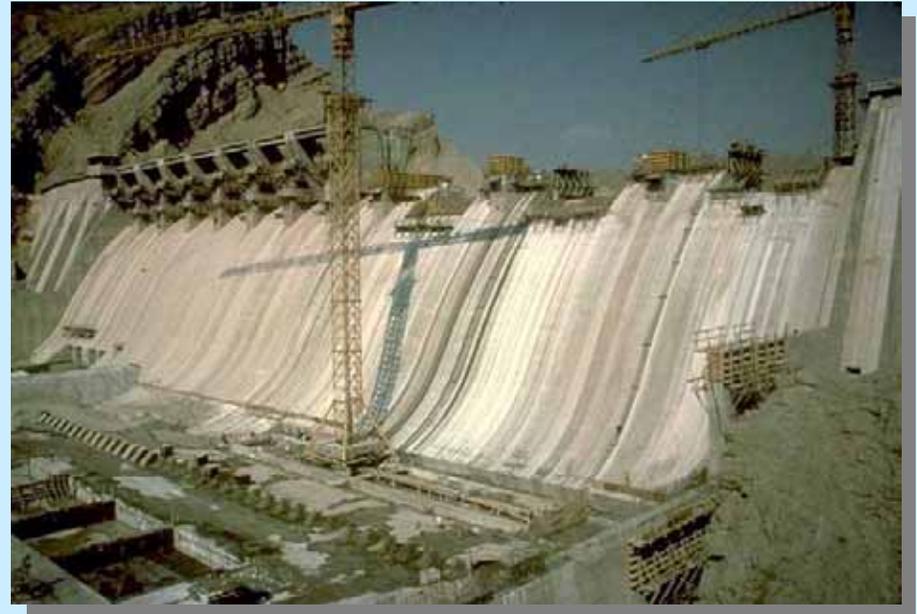
Al Massira,
Maroc



Al Massira,
Maroc

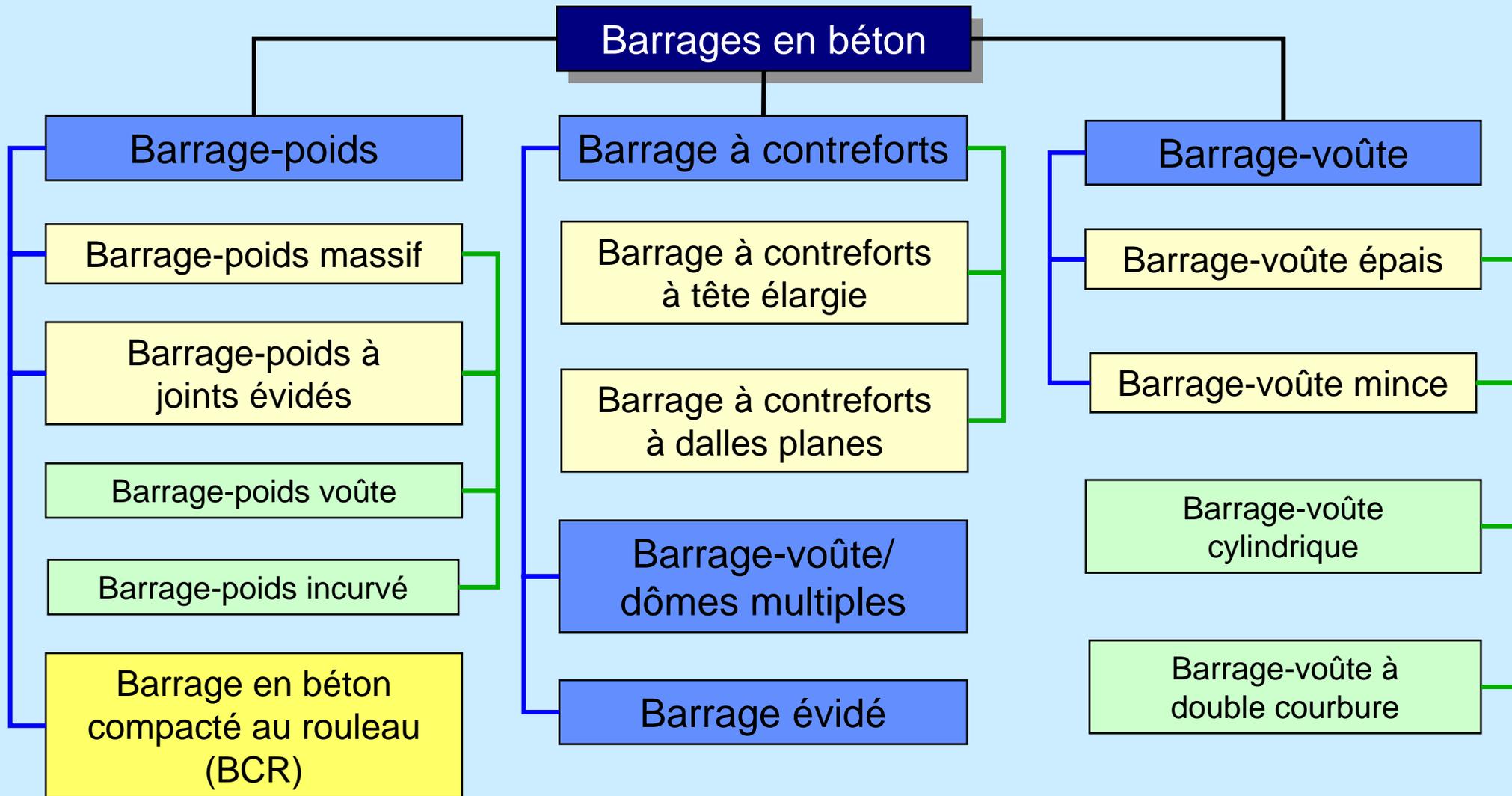


Barrages Généralités



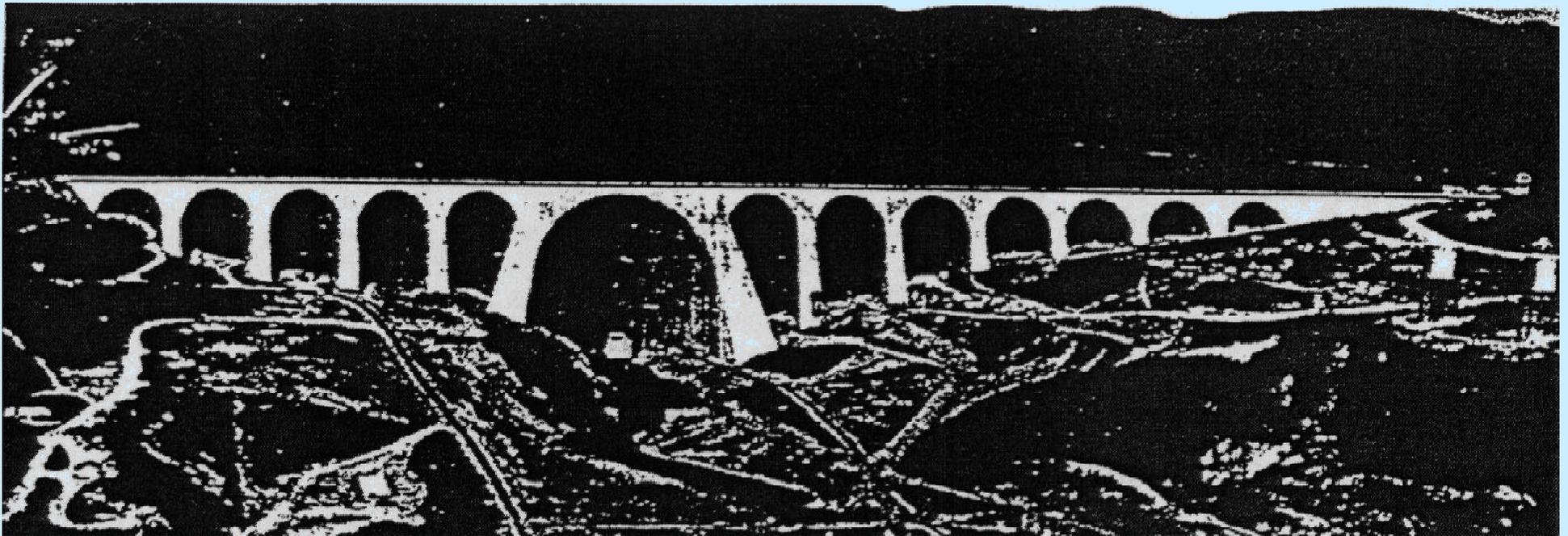
Minab, Iran

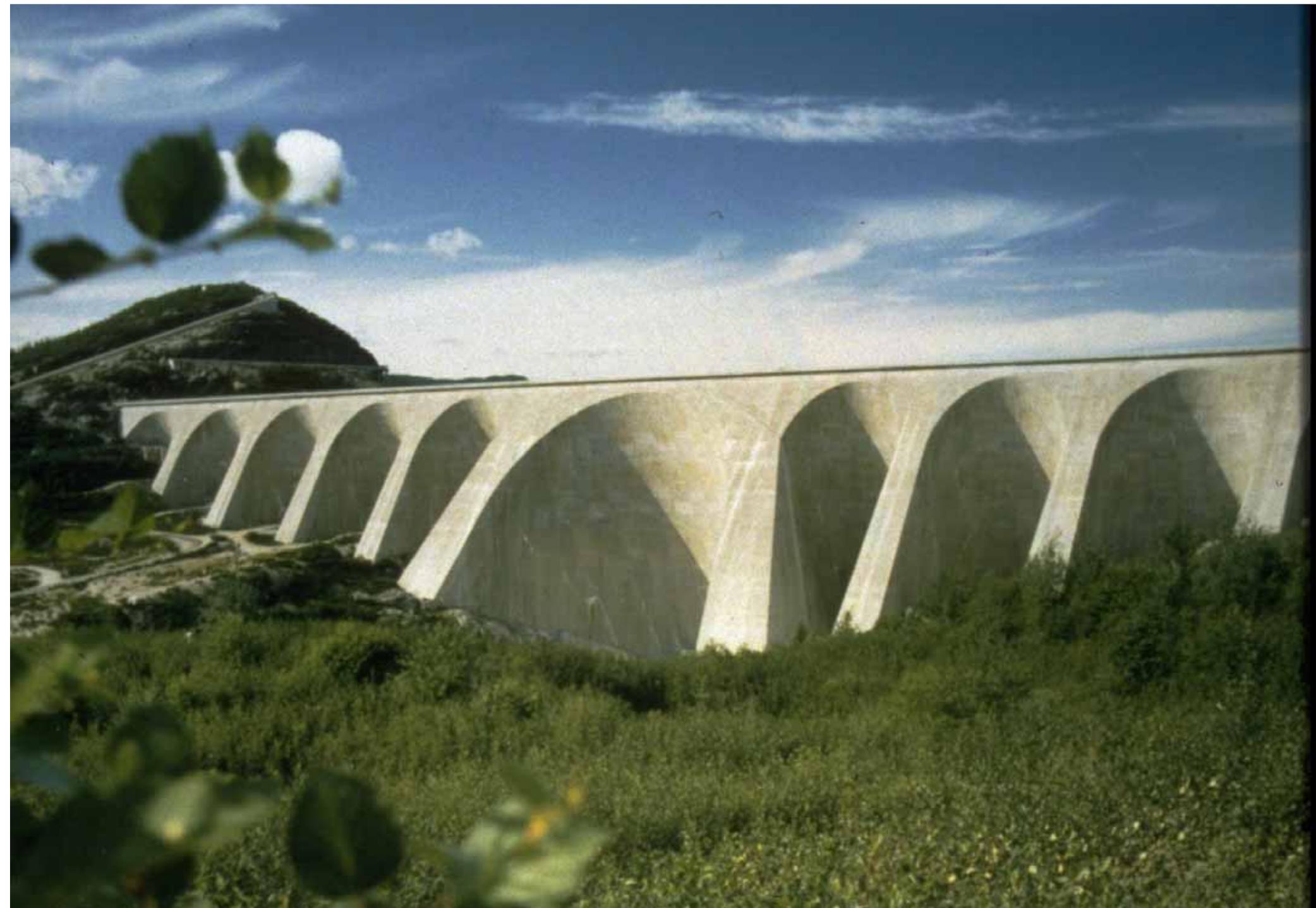
Barrages Généralités



Barrages à voûtes multiples

	Le plus haut:	
	du monde	de la Suisse
Nom:	Daniel Johnson (Manic 5-Québec)	Les Marécottes
Hauteur:	130 m	19 m
Volume béton:	956 ·10³m³	154 ·10³m³





Barrages Généralités



Ksob,
Algérie



Meffrouche, Algérie



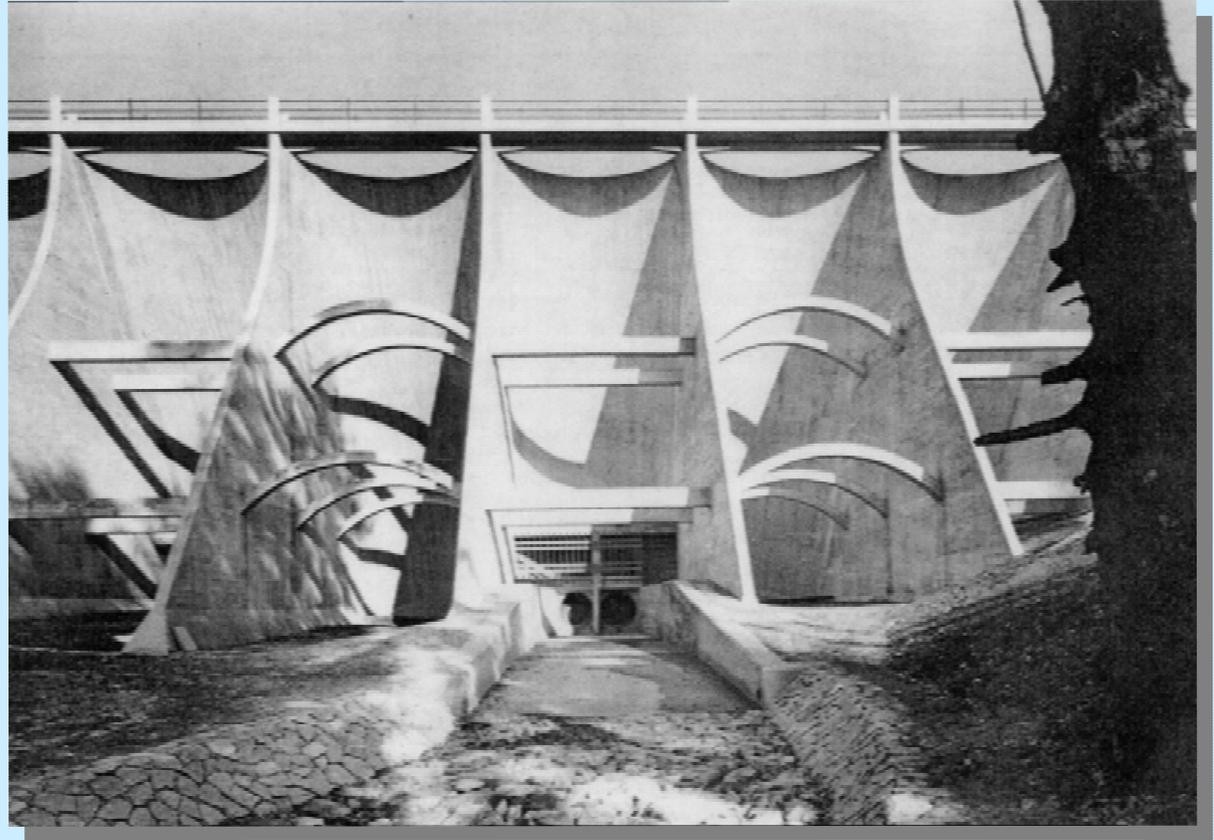
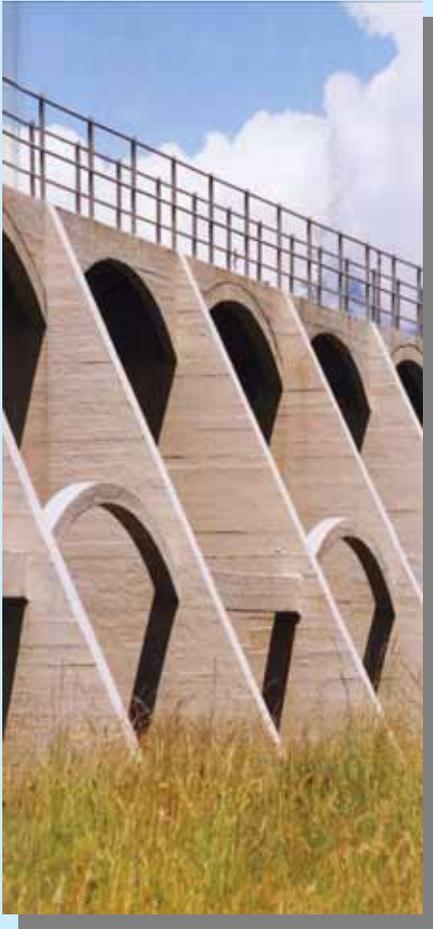
Barrages Généralités



Meffrouche, Algérie

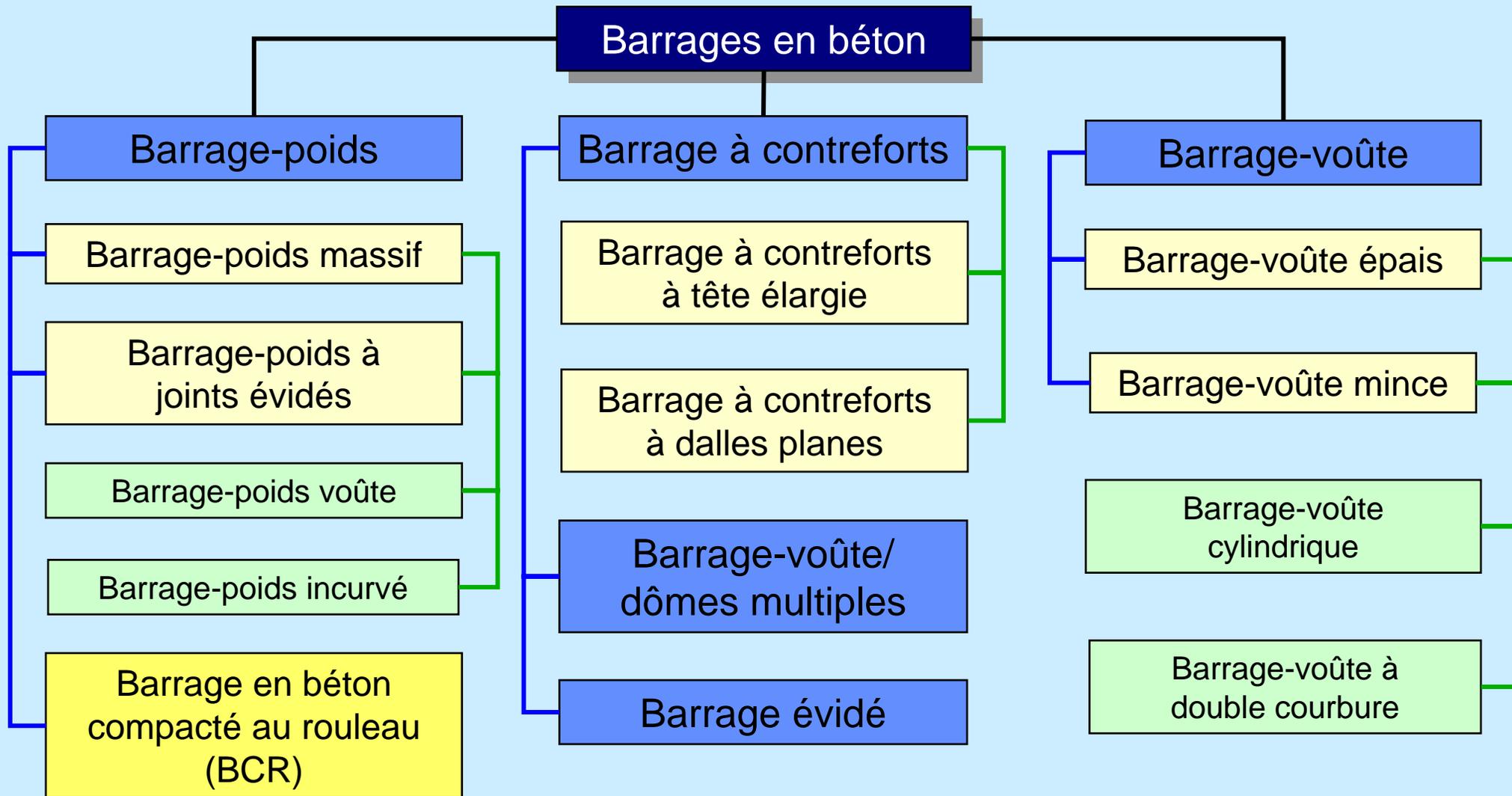


Barrages à voûtes multiples

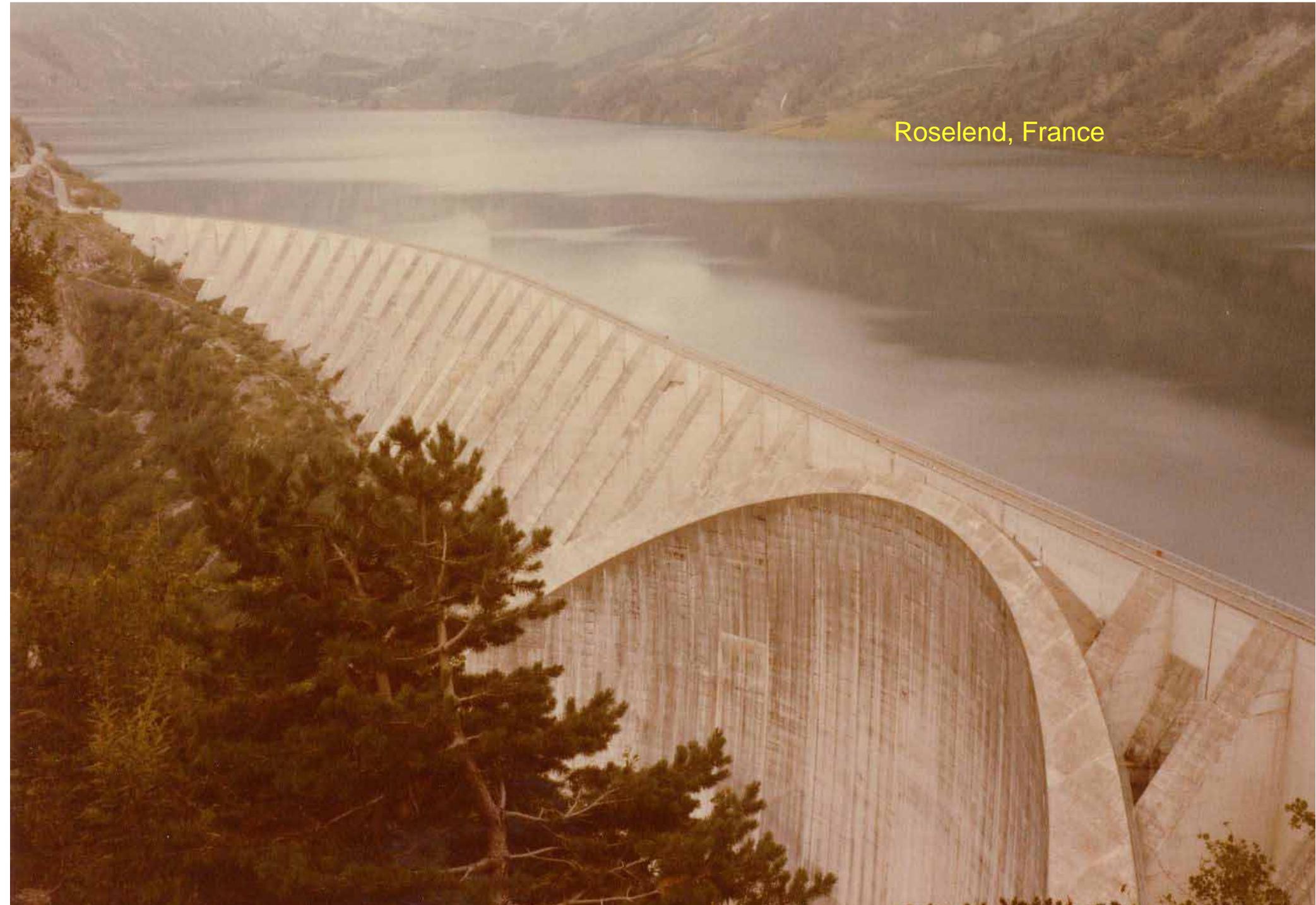


Les Marécottes: Hauteur: **19 m**, Volume du béton: **$154 \cdot 10^3 \text{m}^3$**
Mise en service 1925

Barrages Généralités



Roselend, France





Moiry, Valais, 148 m

Premiers barrages-voûtes

- ⇒ Barrages de Pathfinder et Buffalo (Etats Unis): premiers barrages-voûtes (cylindriques) dimensionnés selon la méthode des ajustements (arcs- consoles)
- ⇒ Hubert Vischer / Luther Wagoner (1847-1922) développement de la méthode des ajustements
- ⇒ Lars R. Jorgensen (1876-1938) premier barrage-voûte avec arcs à rayons variables: barrage de Salmon Creek (1914)
- ⇒ Heinrich E. Gruner (1873-1947) premier barrage-voûte à rayons variables: barrage de Montsalvens (1920)
- ⇒ Hugo F.L. Ritter (1883-1956) analyse des barrages-voûtes
- ⇒ Henri Gicot (1897-1982), Alfred Stucky (1892-1969) amélioration des méthodes d'analyse des barrages-voûtes

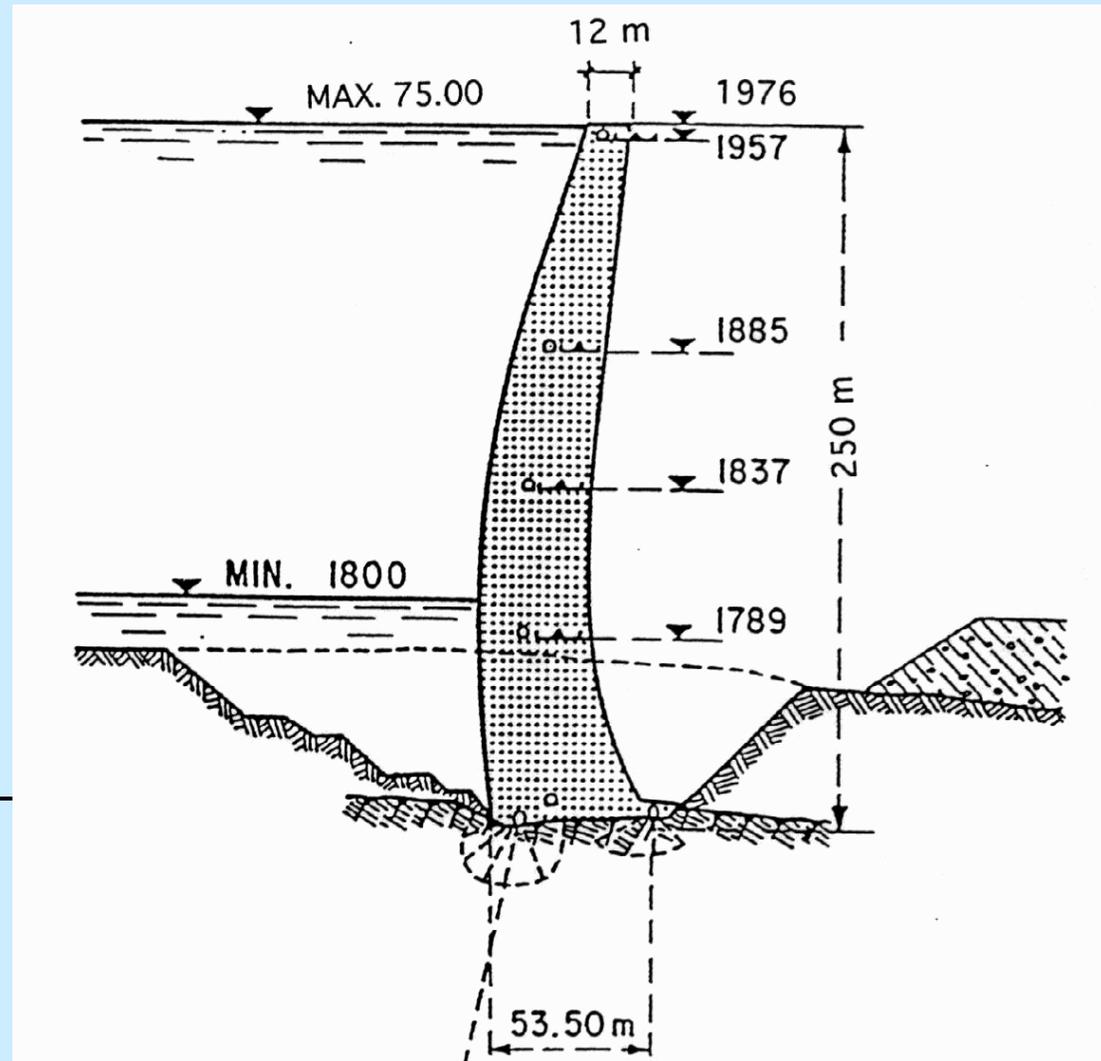
Barrages-voûtes modernes

- ⇒ Grande popularité des barrages-voûtes en Californie jusqu'à la 2^{ème} guerre mondiale.
- ⇒ Partiellement en Italie, premier barrage-voûte à double courbure: barrage d'Osiglietta (1939), joint périmétrique; beaucoup de barrages conçus par Carlo Semenza (1893-1961).
- ⇒ Développement des barrages-voûtes en France par André Coyne (1891-1960). Après la rupture du barrage de Malpasset (58 m) en 1959, la construction des barrages-voûtes a fortement diminuée.
- ⇒ Après la 2^{ème} guerre mondiale, la construction de nombreux barrages-voûtes en Suisse, avec le barrage le plus haut de Mauvoisin (237 m, surélevé en 1990 à 250 m), achevé en 1957 et conçu par Alfred Stucky.

Barrages Généralités

Barrage-voûte (Mauvoisin, Suisse)

	Le plus haut:	
	du monde	de la Suisse
Nom:	Enguri (Géorgie)	Mauvoisin
Hauteur:	282 m	250 m
Volume béton:	3960 · 10³m³	2030 · 10³m³



Barrages Généralités



Enguri, Géorgie, 282 m

Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Mauvoisin: (barrage-voûte)

- Hauteur 250 m
- Volume de la retenue:
210 Mio m³
- Mise en service 1957
- Surélévation 1990



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



Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

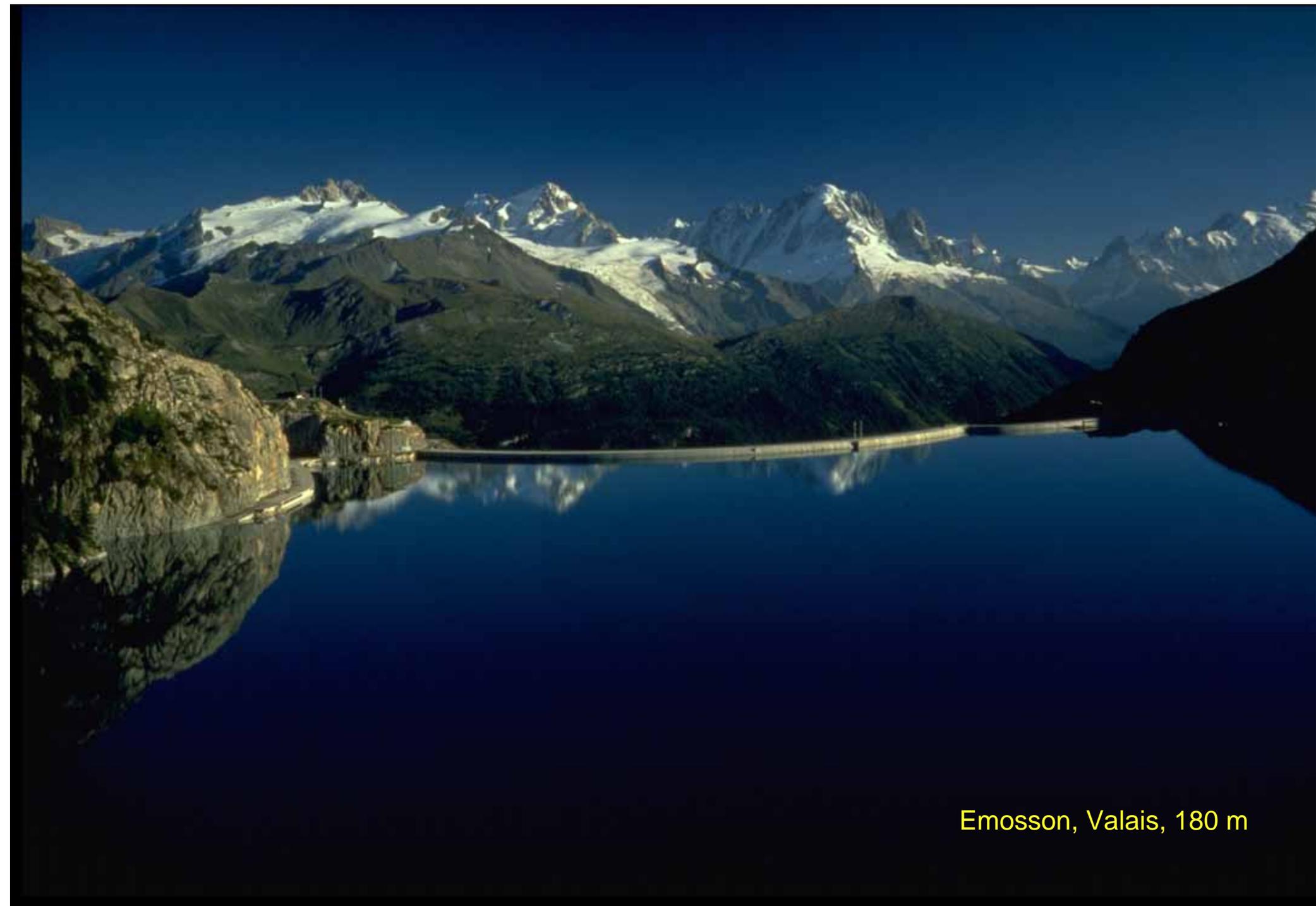
Barrage de Emosson: (barrage-voûte)

- Hauteur 180 m
- Volume de la retenue:
225 Mio m³
- Mise en service 1974

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



Emosson, Valais, 180 m



Emosson, Valais, 180 m



Emosson, Valais, 180 m

Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Zeuzier: (barrage-voûte)

- Hauteur 156 m
- Volume de la retenue:
50 Mio m³
- Mise en service 1957

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

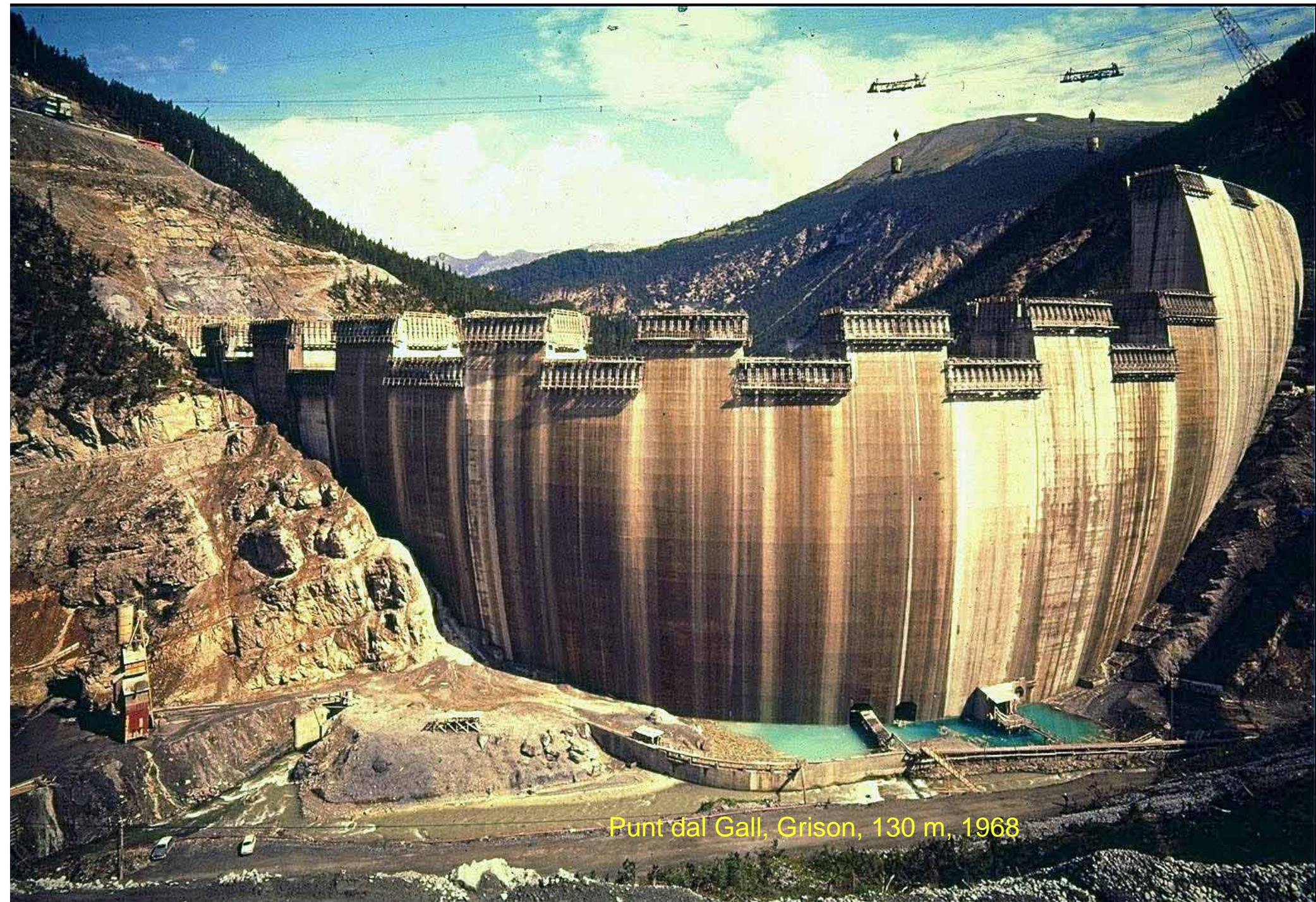
Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Moiry: (barrage-voûte)

- Hauteur 148 m
- Volume de la retenue:
77 Mio m³
- Mise en service 1958

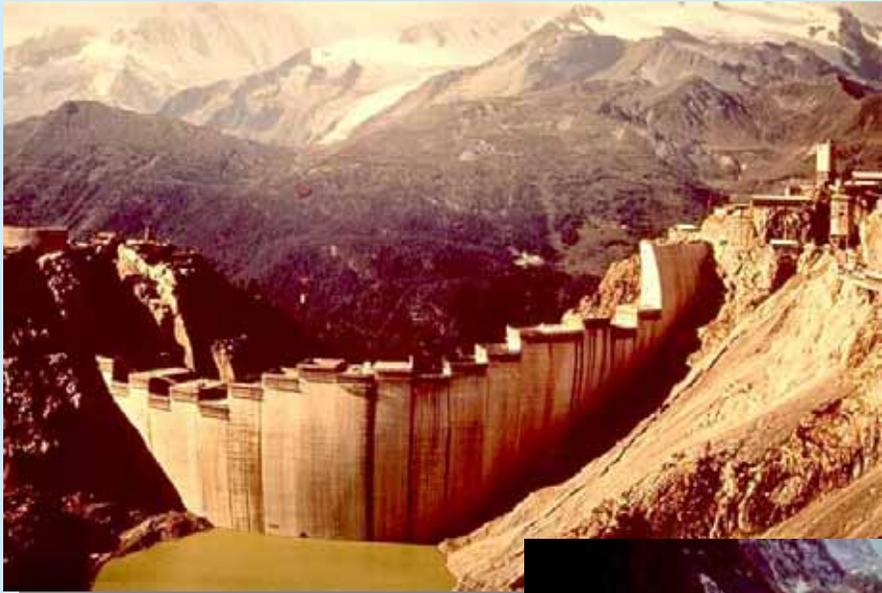
QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.





Punt dal Gall, Grison, 130 m, 1968

Barrages Généralités



Emosson, Valais, 180 m



Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Les Toules: (barrage-voûte)

- Hauteur 86 m
- Volume de la retenue:
20 Mio m³
- Mise en service 1963

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

Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Z'Mutt: (barrage-voûte)

- Hauteur 74 m
- Volume de la retenue:
0.77 Mio m³
- Mise en service 1970

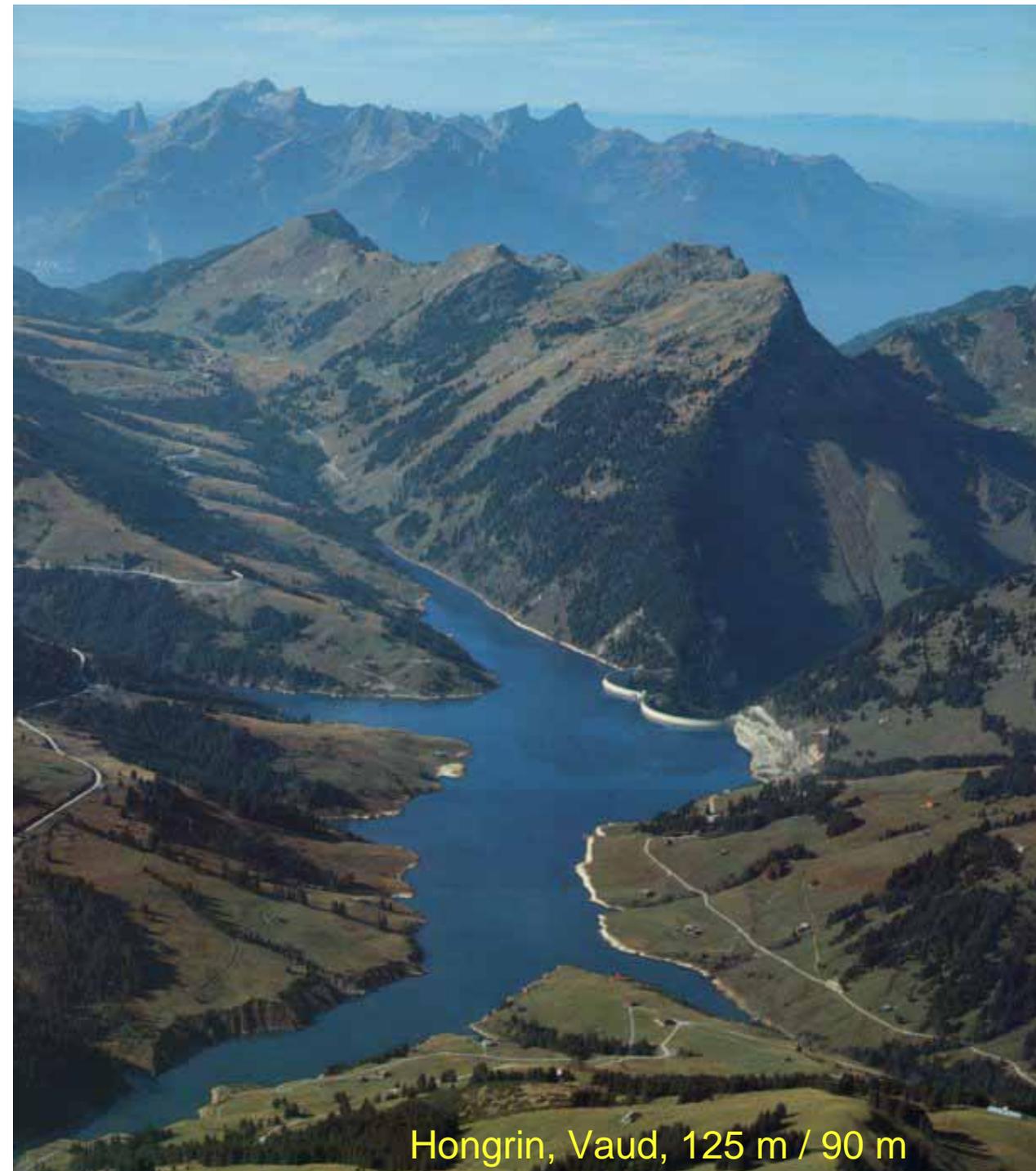
QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.

Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Ferden: (barrage-voûte)

- Hauteur 67 m
- Volume de la retenue:
1.72 Mio m³
- Mise en service 1975

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



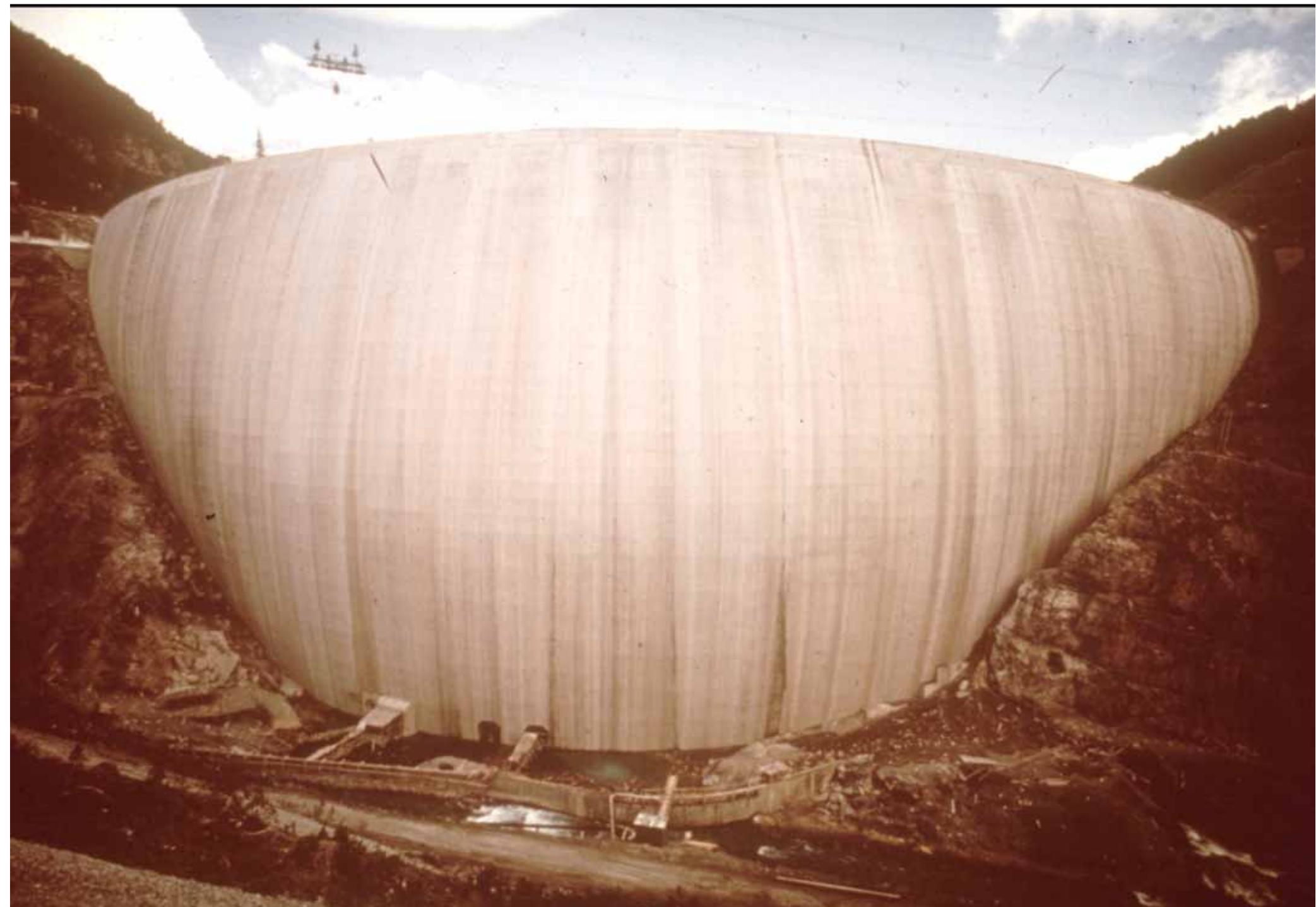
Hongrin, Vaud, 125 m / 90 m



Karun III, Iran, 205 m



Karun IV, Iran, 230 m



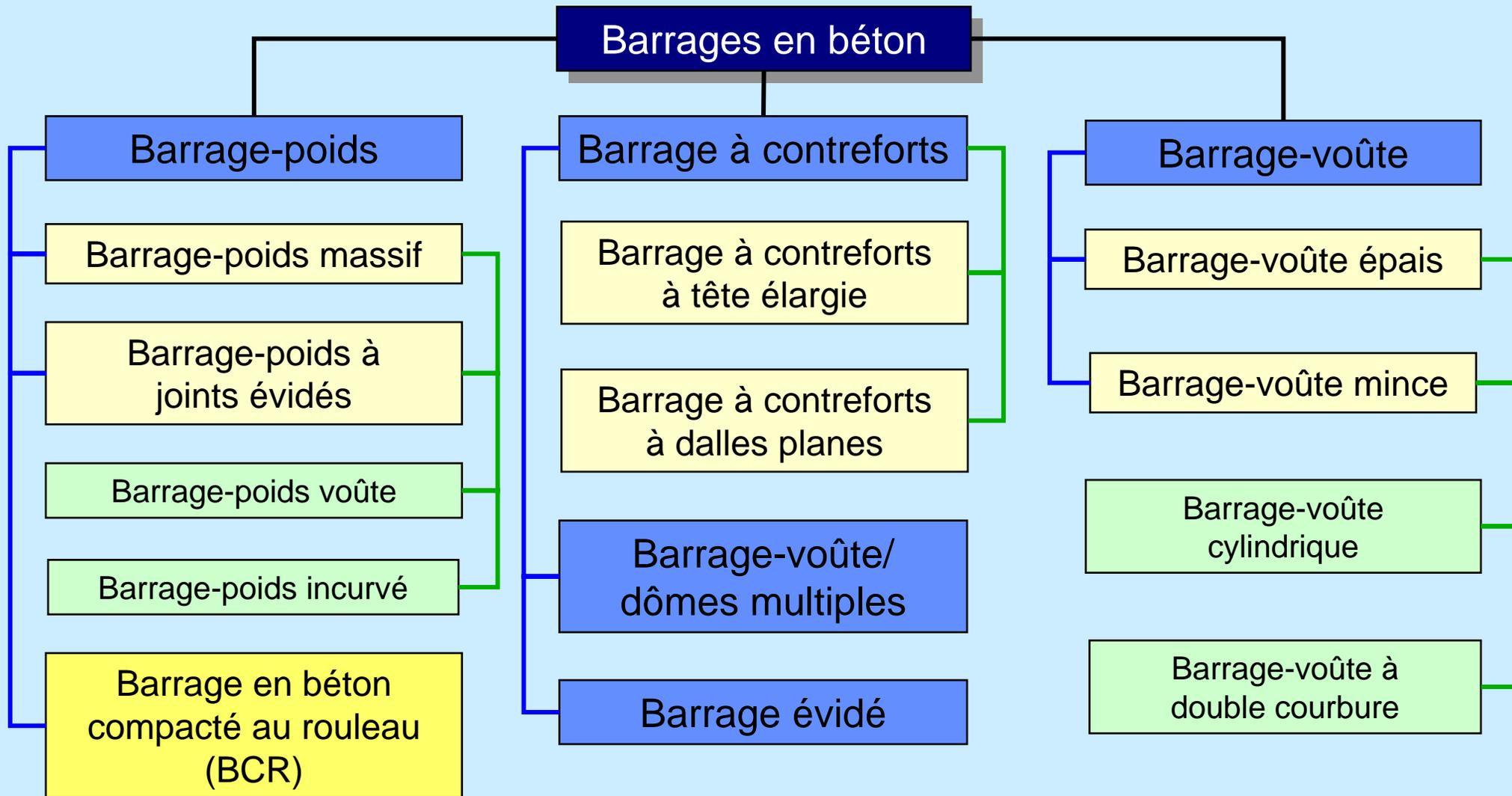


Karakaya, Turquie, 230 m

Spitallamm, Berne, 114 m



Barrages Généralités

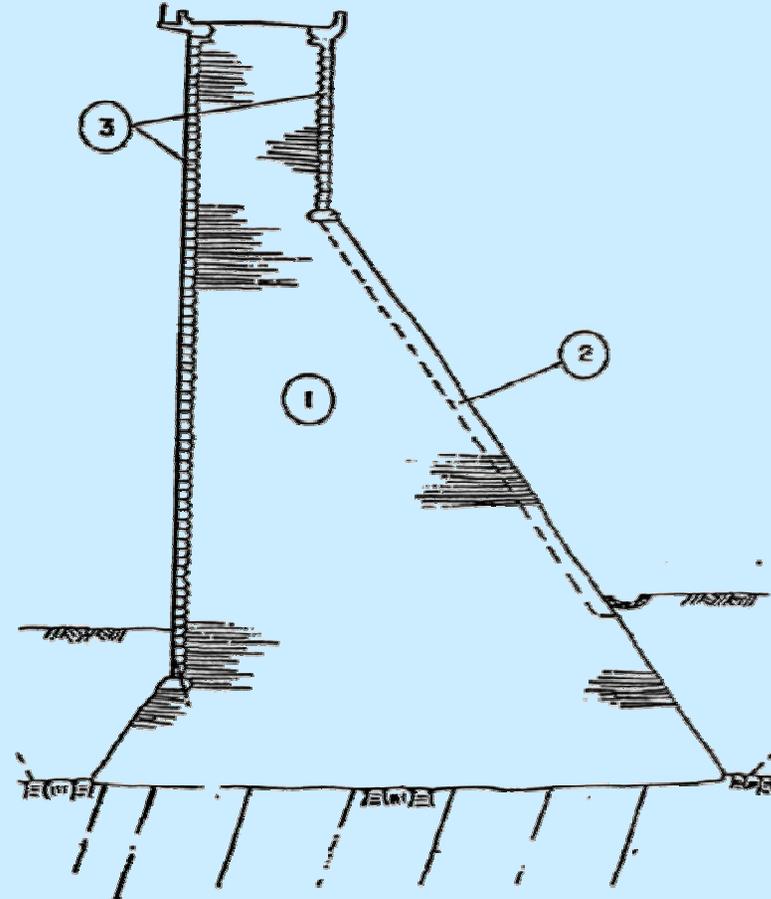


Barrages Généralités

Barrage en béton
compacté au rouleau
(Monksville, USA)

Le plus haut:

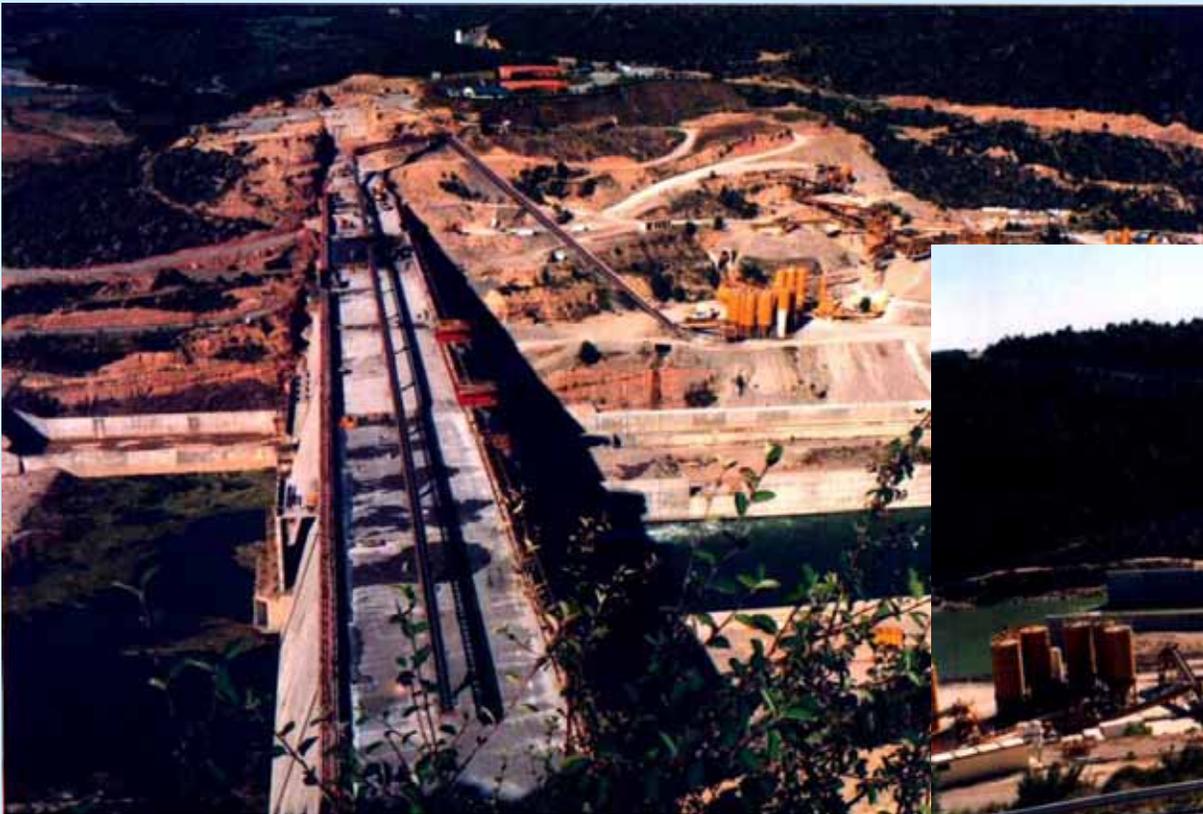
	du monde	de la Suisse
Nom:	Tamagawa (Japon)	Aucun
Hauteur:	100 m	
Volume béton:	1154 · 10³m³ dont 750 · 10 ³ m ³ en RCC	
Volume béton:	90 kg CP + 39 kg cendres volantes par m ³ de BCR	



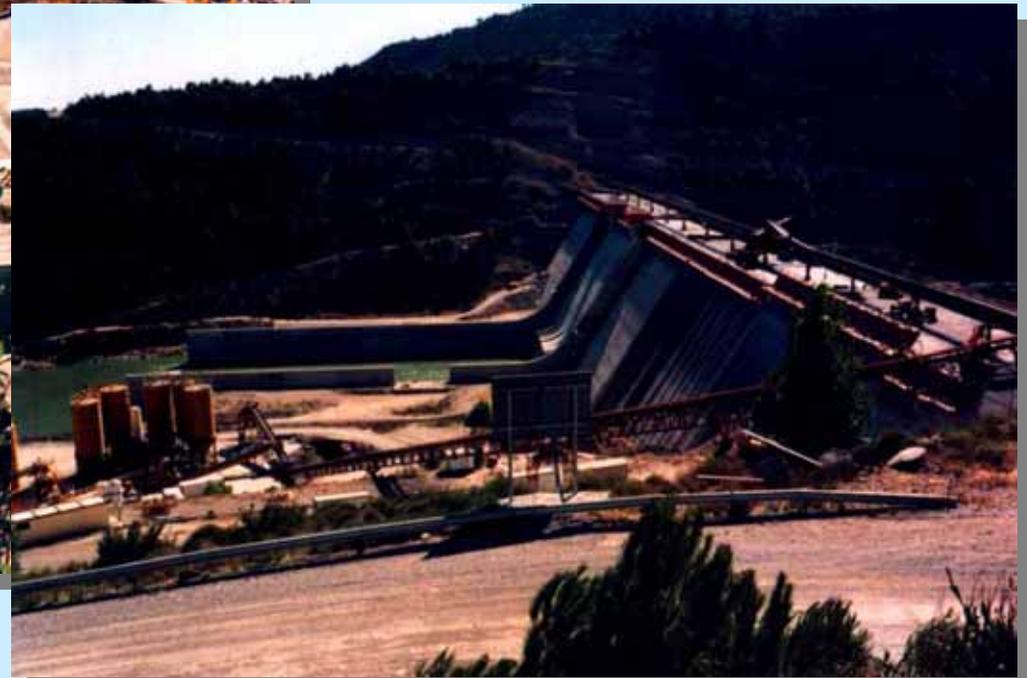
(1) BCR: 62 kg/m³ (2) BCR: 110 kg/m³ (3) Béton de parement

Barrages Généralités

Barrage en béton compacté au rouleau



Rialb, Espagne



Rialb, Espagne, 101 m



Rialb, Espagne, 101 m



Rialb, Espagne, 101 m





JIANGYA



SHAPAI

FENHE'ERKU



Barrages Généralités

Barrages en remblai (digues)

Barrage en terre

Barrage en terre homogène

Barrage en terre zonée

Barrage en terre à noyau d'argile

Barrage en terre à masque amont
(béton ou bitume)

Barrage en terre à membrane interne
en béton bitumineux

Barrage en enrochement

Barrage en enrochement
à noyau d'argile

Barrage en enrochement à masque
amont (en béton ou bitume)

Barrage en enrochement à écran
interne d'étanchéité (membrane)
en béton bitumineux

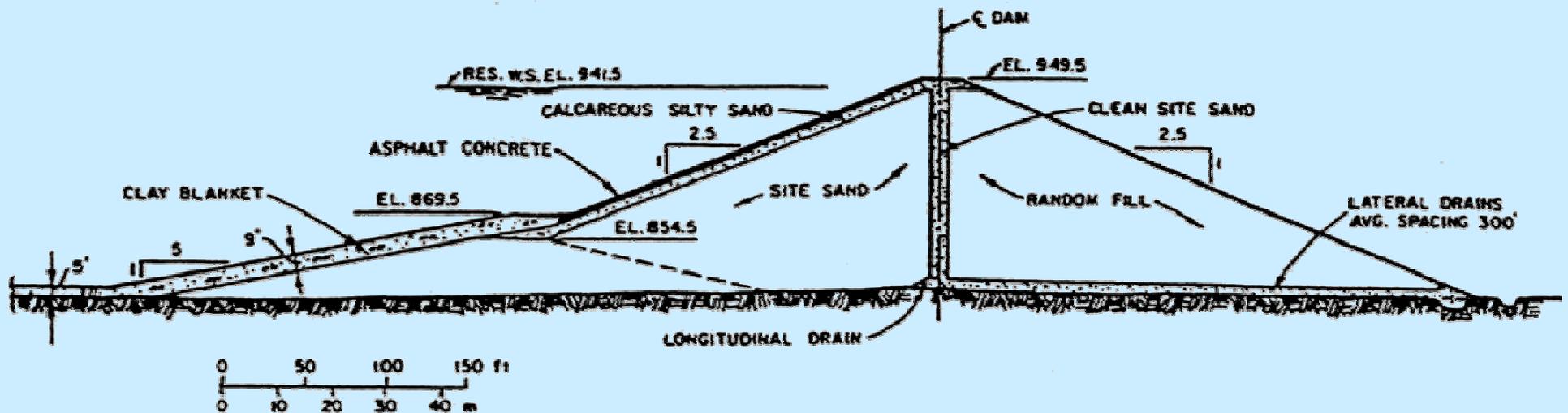
Barrages

Généralités

Digue homogène (Ludington, USA)

La plus haute:

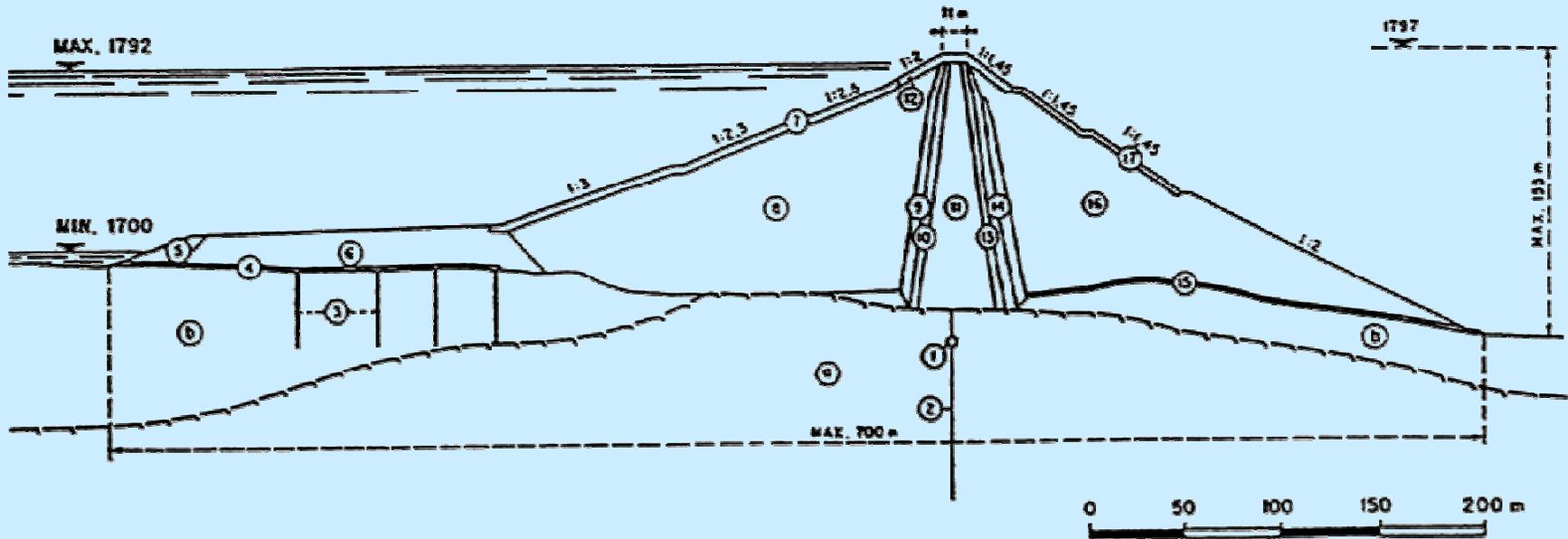
	du monde	de la Suisse
Nom:	Medeo (Kazakhstan)	Aucune
Hauteur:	144 m	
Volume béton:	$8.5 \cdot 10^3 \text{m}^3$	



Barrages Généralités

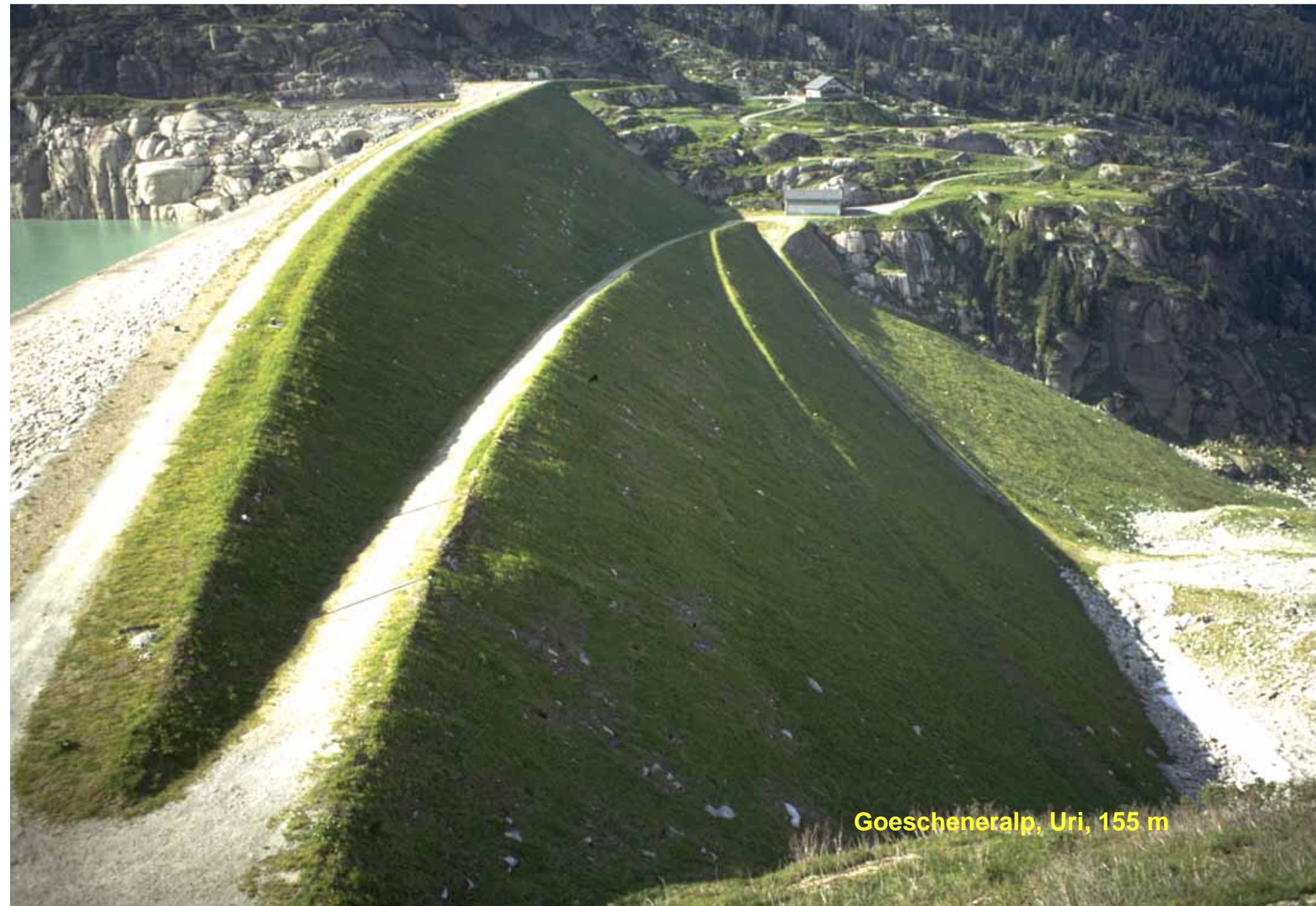
Digue à noyau (Göscheneralp, Suisse)

	La plus haute:	
	du monde	de la Suisse
Nom:	Nurek (Tadjikistan)	Göscheneralp
Hauteur:	300 m	155 m
Volume béton:	$58 \cdot 10^3 \text{m}^3$	$9.3 \cdot 10^3 \text{m}^3$





Goescheneralp, Uri, 155 m



Goescheneralp, Uri, 155 m

Barrages au Valais avec une hauteur plus grande que 60 m

Barrage de Mattmark:

- Hauteur 120 m
- Volume de la retenue:
100 Mio m³
- Mise en service 1967

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



Mattmark, Valais, , 120 m, 1967



Marmorera, Grison, 91 m, 1954



Polyphyton, Grèce, 100 m



El Makhazine, Maroc, 100 m



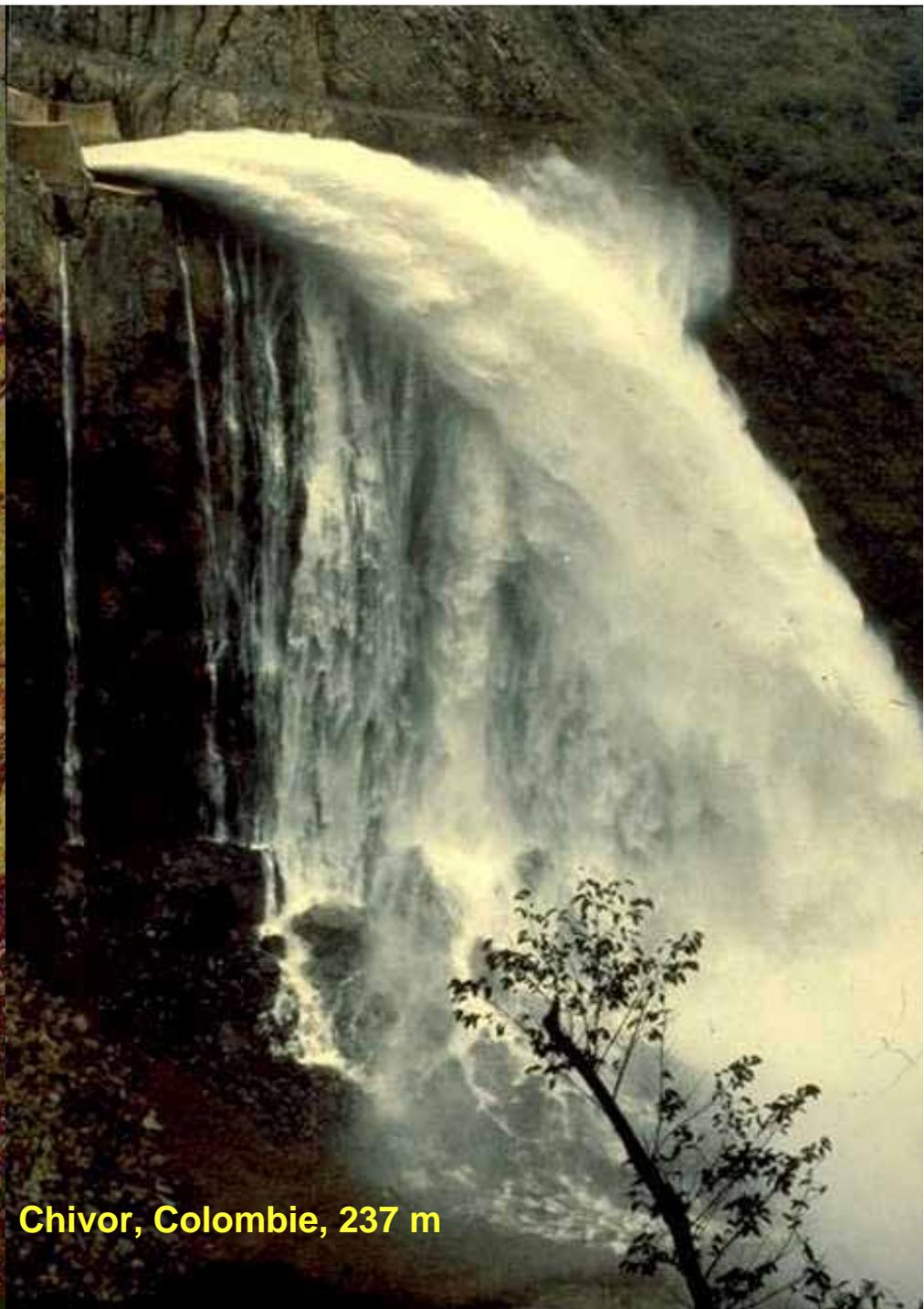
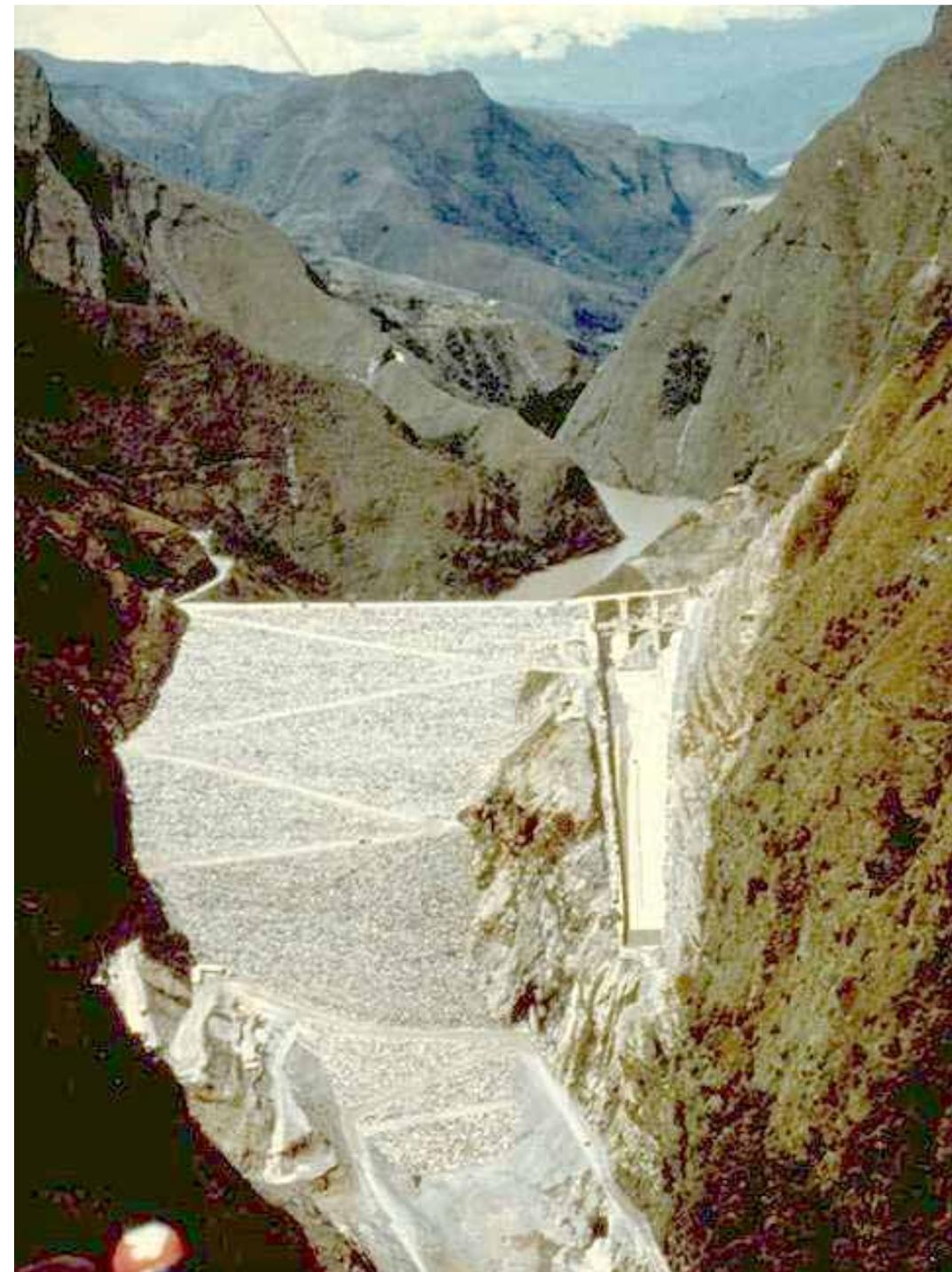
El Makhazine, Maroc, 100 m



Grand Maison, France



Grand Maison, France



Chivor, Colombie, 237 m

Karkeh, Iran, 127 m



Barrages Généralités

Barrages en remblai (digues)

Barrage en terre

Barrage en terre homogène

Barrage en terre zonée

Barrage en terre à noyau d'argile

Barrage en terre à masque amont
(béton ou bitume)

Barrage en terre à membrane interne
en béton bitumineux

Barrage en enrochement

Barrage en enrochement
à noyau d'argile

Barrage en enrochement à masque
amont (en béton ou bitume)

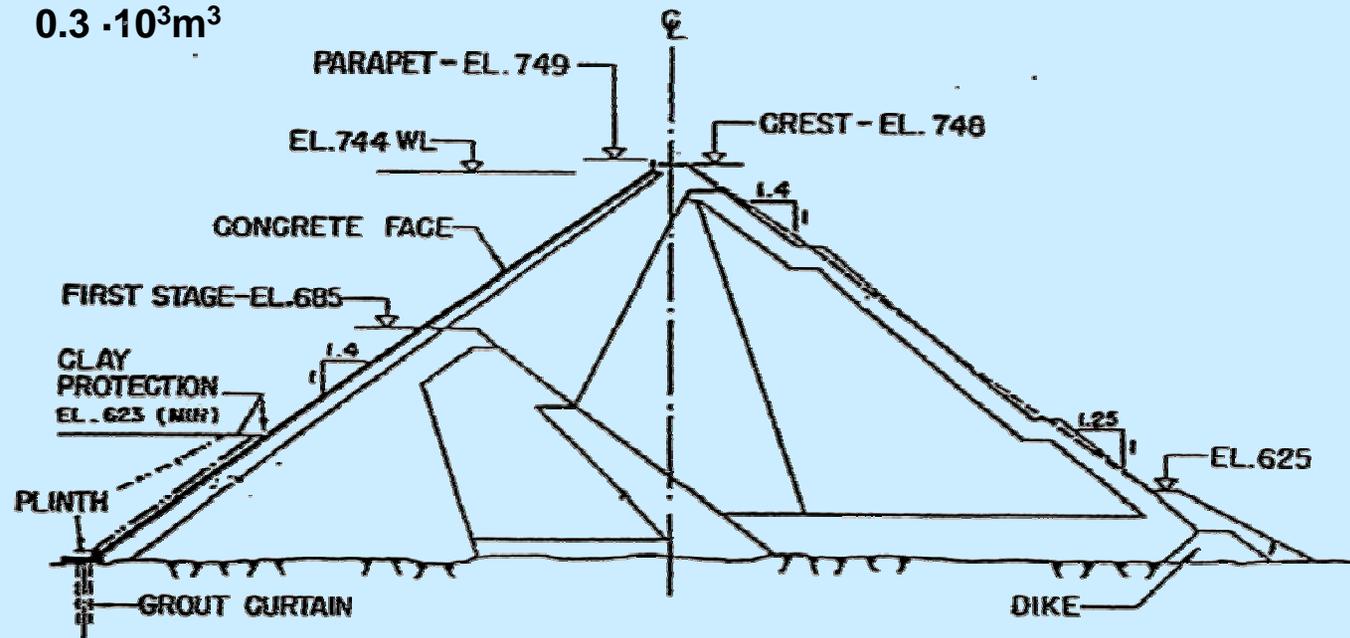
Barrage en enrochement à écran
interne d'étanchéité (membrane)
en béton bitumineux

Barrages Généralités

Digue à masque amont (Foz do Areia, Brésil)

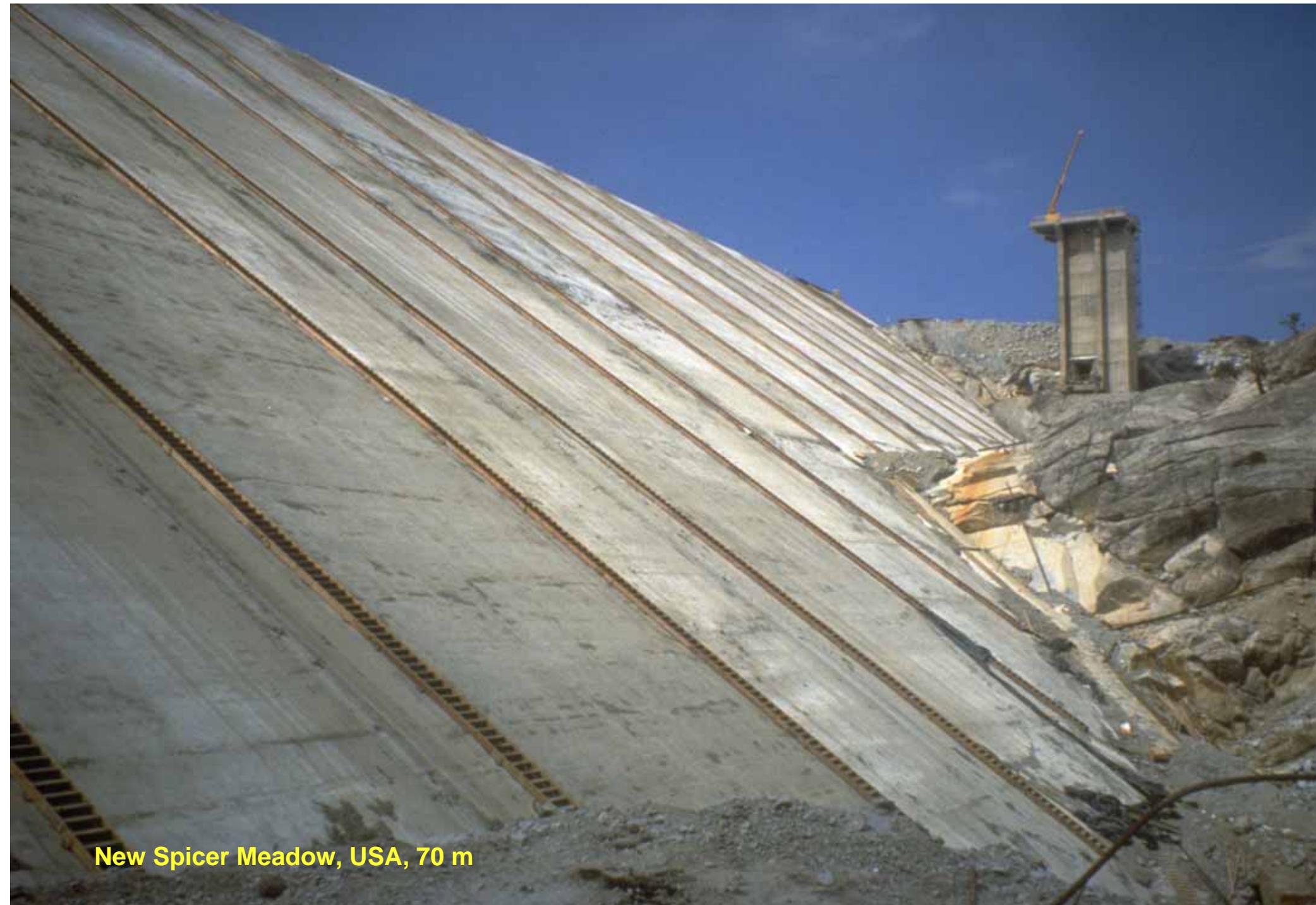
La plus haute:

	du monde	de la Suisse
Nom:	Foz do Areia (Brésil)	Godey
Hauteur:	160 m	35 m
Volume béton:	$13 \cdot 10^3 \text{m}^3$	$0.3 \cdot 10^3 \text{m}^3$





Grand Maison, Verney, France



New Spicer Meadow, USA, 70 m



New Spicer Meadow, USA, 70 m



New Spicer Meadow, USA, 70 m

Barrages Généralités

Barrages en remblai (digues)

Barrage en terre

Barrage en terre homogène

Barrage en terre zonée

Barrage en terre à noyau d'argile

Barrage en terre à masque amont
(béton ou bitume)

Barrage en terre à membrane interne
en béton bitumineux

Barrage en enrochement

Barrage en enrochement
à noyau d'argile

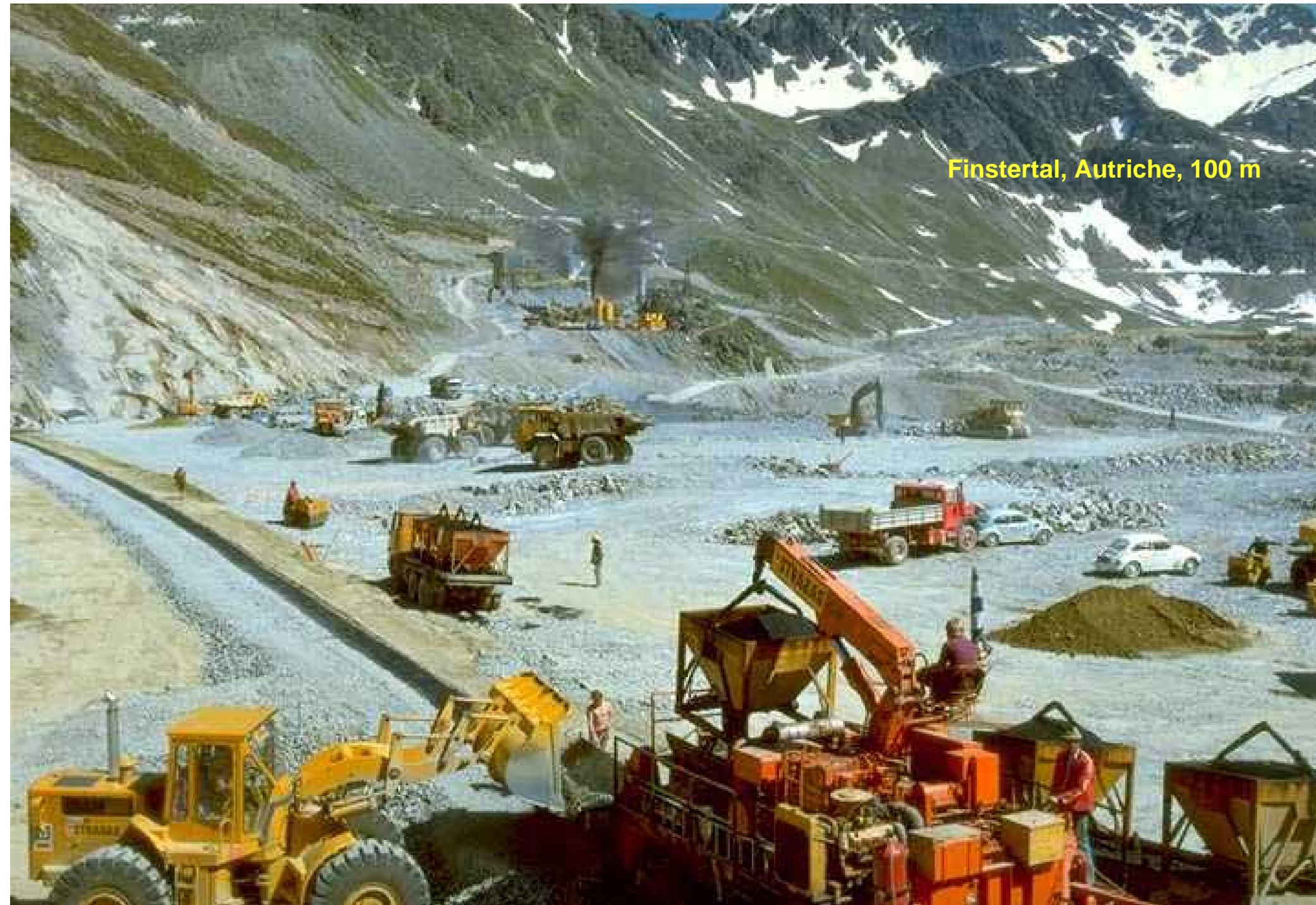
Barrage en enrochement à masque
amont (en béton ou bitume)

Barrage en enrochement à écran
interne d'étanchéité (membrane)
en béton bitumineux



Finstertal, Autriche, 100 m

Finstertal, Autriche, 100 m



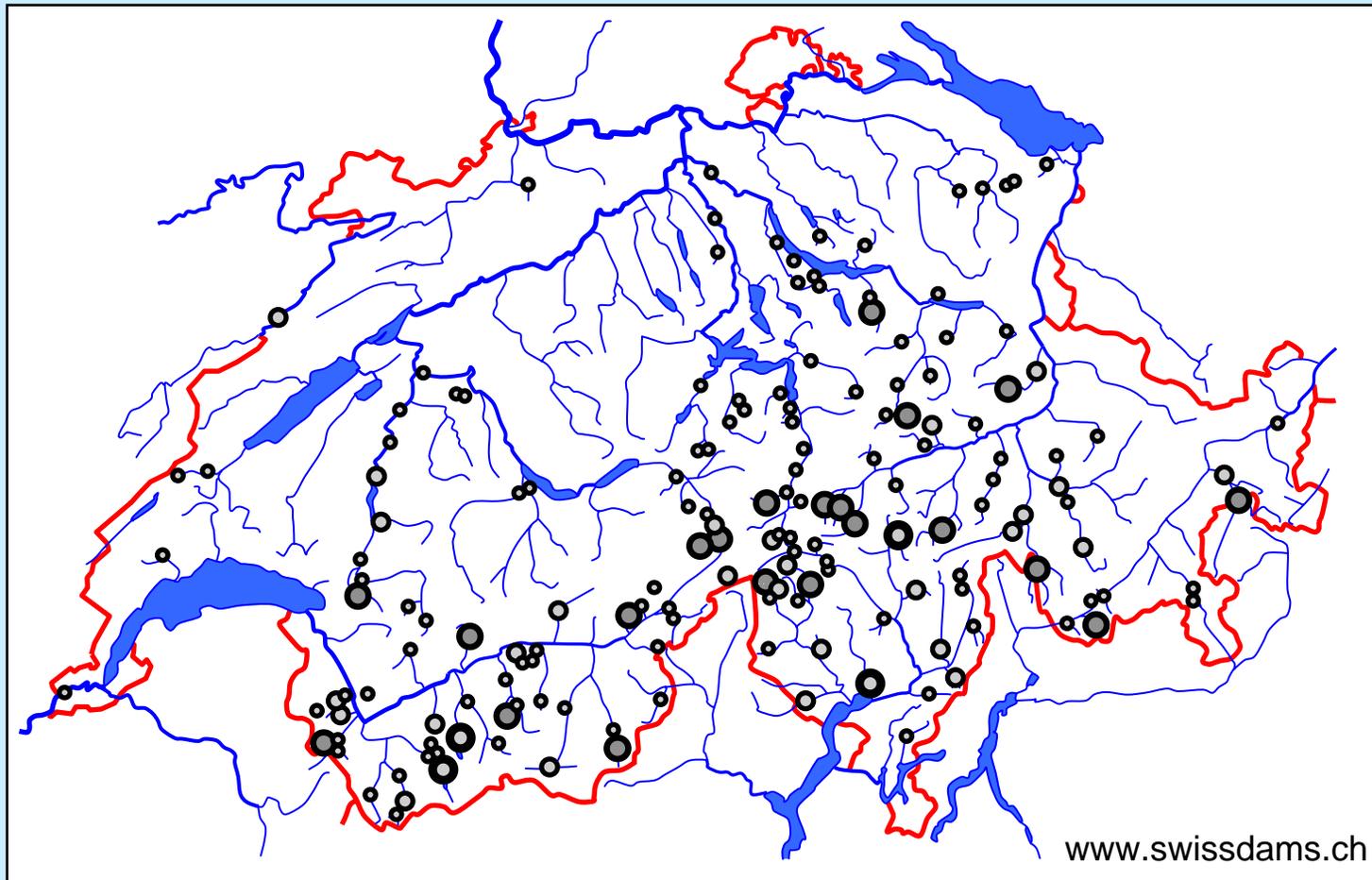
Finstertal, Autriche, 100 m



Finstertal, Autriche, 100 m



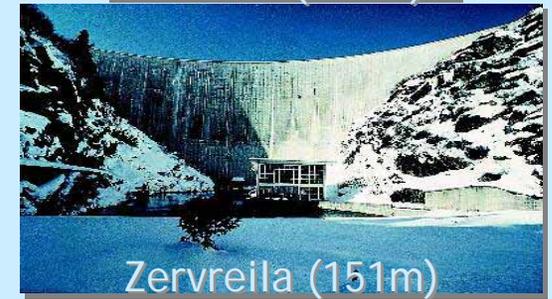
Situation des barrages en Suisse



Barrages

Généralités

Barrages en Suisse avec une hauteur plus grande que 150 m



Choix du type de barrage

Critères

- forme de la vallée
- risque sismique
- géologie et géotechnique
- matériaux de construction
- conditions climatiques
- crues à maîtriser

Economie

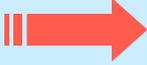
Sécurité

Type de barrage

Reconnaitances géologiques

MOYENS

RESULTATS

	Photos satellites } Photos aériennes }	morphologie tectonique
	Reconnaissance de la surface	morphologie, carte de la géologie de surface
	Méthodes géophysiques	coupes géologiques (résistivité, vitesse des ondes)
	Forages } Puits } Tranchées } Galleries }	lithologie stratigraphie tectonique

Géotechnique (sol et roche)

RENSEIGNEMENTS REQUIS

FONDATIONS

Tassements (sol)
Déformations (roche)
Perméabilité
Sécurité à la rupture
Altération

**MATERIAUX DE
CONSTRUCTION**

Granulométrie
Teneur en eau naturelle
Comportement au compactage
Perméabilité
Tassements/consolidations
Stabilité
Durabilité

Choix du type de barrage

Matériaux de construction

- ⇒ Granulats de béton : graviers d'alluvions, sans matériaux organiques, granulats roulés; év. granulats concassés
- ⇒ Matériaux des corps d'appui : alluvions, moraines (si la fraction de fines n'est pas trop importante) pour les digues en terre: rocher concassé de carrière pour les barrages en enrochements
- ⇒ Matériaux de filtre : alluvions, év. matériaux de carrière (lavage)
- ⇒ Rip-Rap (protection de surface) : blocs de rocher résistant à l'altération
- ⇒ Matériaux de noyau : matériaux argileux, moraines, argiles
- ⇒ Ciment : non disponible sur le site, transport!

Avantages et inconvénients de divers types de barrages

Barrage-poids

Avantages:

- ⇒ Faibles contraintes dans le béton.
- ⇒ Faibles contraintes transmises par la fondation au rocher.
- ⇒ Les variations de températures ne produisent que de faibles variations de contraintes.
- ⇒ L'évacuateur de crue peut facilement combiner avec le barrage (diriger les crues directement par dessous).
- ⇒ Le gradient des sous-pressions à travers la fondation est faible.

Inconvénients:

- ⇒ Les sous-pressions sont importantes dans la fondation.
- ⇒ Moyen risque de tassement.
- ⇒ Le volume du béton est important (pour le barrage-poids évidé, il est plus faible).
- ⇒ Le volume d'excavation de la fouille est important.
- ⇒ Fragilité au séisme (si les joints entre les blocs ne sont pas faits par injections).
- ⇒ L'échauffement du béton par la prise du ciment est assez problématique.

Avantages et inconvénients de divers types de barrages

Barrages à contrefort

Avantages:

- ⇒ Les contraintes transmises par la fondation au rocher sont moyennes.
- ⇒ Les sous-pressions au niveau de la fondation sont faibles.
- ⇒ Le volume du béton est faible.
L'échauffement du béton est faible.
- ⇒ Les risques de tassements sont moyens.

Inconvénients:

- ⇒ Très susceptible au séisme. La résistance à l'accélération latérale est presque non-existante.
- ⇒ La fouille est importante.
- ⇒ Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation est localement très élevé.
- ⇒ Les contraintes dues au gradient de température peuvent devenir importantes à la tête du contrefort.

Avantages et inconvénients de divers types de barrages

Barrage à voûtes multiples

Avantages:

- ⇒ Le volume du béton est faible.
- ⇒ La fouille est assez petite.
- ⇒ Les sous-pressions au niveau de la fondation sont faibles.
- ⇒ L'échauffement du béton est très faible pendant la construction.

Inconvénients:

- ⇒ Les contraintes sont importantes dans les voûtes.
- ⇒ Grand risque de tassements. Les contraintes de température peuvent être très grandes.
- ⇒ Très susceptible au séisme.
- ⇒ La combinaison du barrage avec l'évacuateur de crue est difficile.
- ⇒ Les sous-pressions dans les fissures du rocher peuvent provoquer des glissements d'appuis.
- ⇒ La structure est très vulnérable (attentats, guerre).

Avantages et inconvénients de divers types de barrages

Barrage à voûtes

Avantages:

Le volume du béton est faible.

- ⇒ La fouille est assez petite.
- ⇒ La résistance au séisme est haute.
- ⇒ Les sous-pressions au niveau de la fondation sont faibles (la surface de la fondation est petite).

Inconvénients:

- ⇒ Les contraintes sont importantes dans le béton et dans le rocher.
- ⇒ Les forces sont transmises obliquement dans les appuis.
- ⇒ Moyen risque de tassements.
- ⇒ L'échauffement du béton par la prise du ciment est à considérer.
- ⇒ L'intégration de l'évacuateur de crues (grands débits) dans le barrage est difficile.
- ⇒ Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation est très grand.
- ⇒ Les sous-pressions dans les fissures du rocher peuvent provoquer des glissements d'appuis.

Avantages et inconvénients de divers types de barrages

Digue en terre/ Enrochement à noyau

Avantages:

- ⇒ Le corps du barrage est très flexible et adaptable aux conditions du terrain.
- ⇒ Peu susceptible aux tassements et aux séismes.
- ⇒ Petite à moyenne fouille. La digue n'est pas forcément fondée sur un rocher sain.
- ⇒ La compression du sol est faible.
- ⇒ Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation ou du noyau est faible.

Inconvénients:

- ⇒ Mise en place de grands volumes de matériaux.
- ⇒ Le remblai du noyau en argile est influencé par les conditions atmosphériques (climat pluie).

Avantages et inconvénients de divers types de barrages

Digue à masque amont (béton ou bitumineux)

Avantages:

- ⇒ Le corps du barrage est très flexible et adaptable aux conditions du terrain.
- ⇒ Les tassements limités sont tolérables.
- ⇒ Pas très susceptible au séisme. Au dessous du masque, un système de drainage performant est nécessaire à cause de la fissuration.
- ⇒ Le volume des déblais est moyen.
- ⇒ Le masque doit être connecté au rocher (directement ou par une parafouille).
- ⇒ La compression du sol est faible.

Inconvénients:

- ⇒ Mise en place de grands volumes de matériaux.
- ⇒ Le gradient est très élevé près de la connexion entre le masque et le rocher (plinthe).

Particularités de la réalisation des barrages

- ⇒ Etudes importantes et coûteuses
 - ◆ Reconnaissances: topographie, géologie, géotechnique et impact sur l'environnement
- ⇒ Réalisation = problème de logistique
 - ◆ Accès, alimentation du chantier
 - ◆ Installations fixes
 - ◆ Equipements
 - ◆ Main d'œuvre
 - ◆ Durée du chantier (plusieurs années)
- ⇒ Mise en place de grandes quantités de matériaux
 - ◆ La durée du chantier est influencée par les méthodes de construction
- ⇒ Exigences de la sécurité
 - ◆ Contrôles, surveillances et auscultations