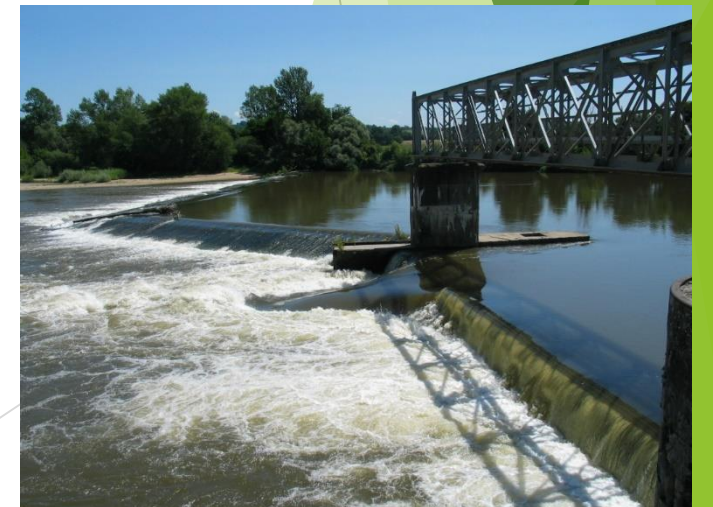


# Formation Interne Sécurité des Ouvrages Hydrauliques

Module 2:

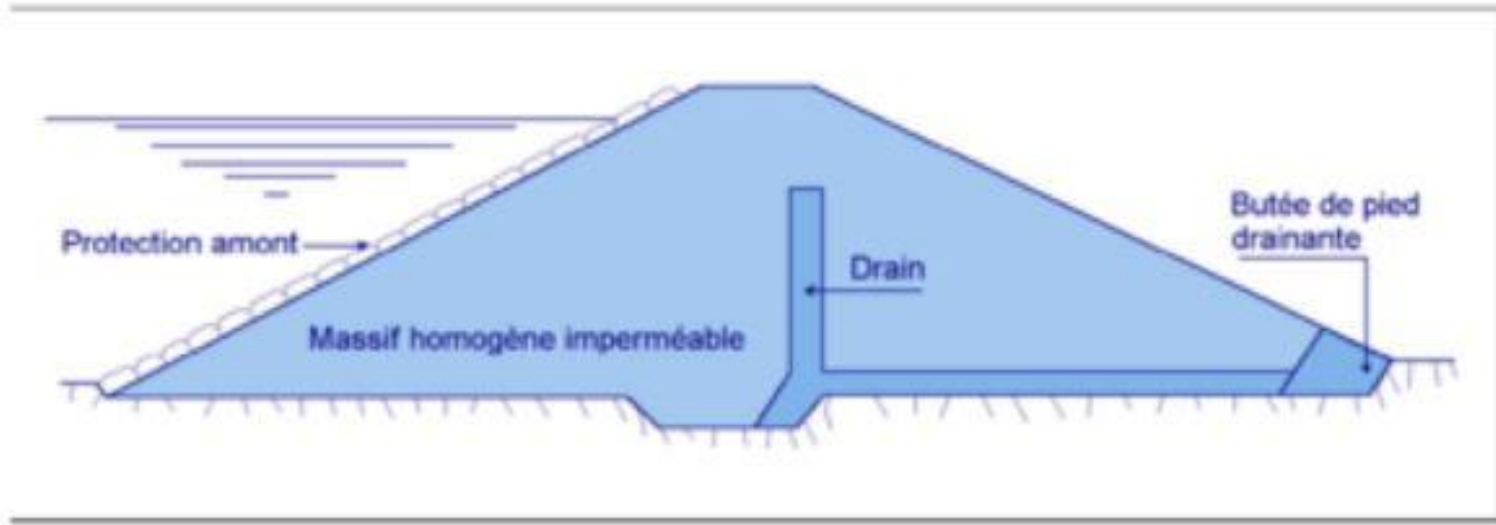
Principaux Barrages, Principaux Risques &  
Pathologies



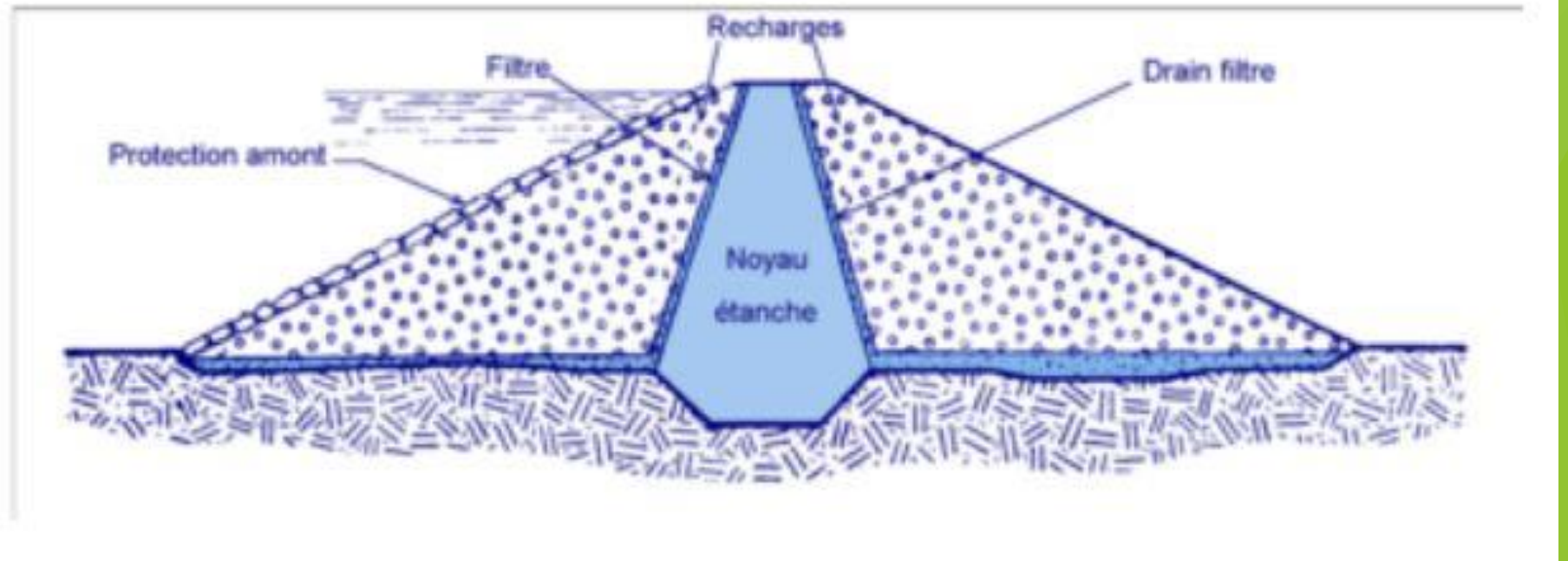
# Principaux Barrages....

Les barrages en remblais

Homogène

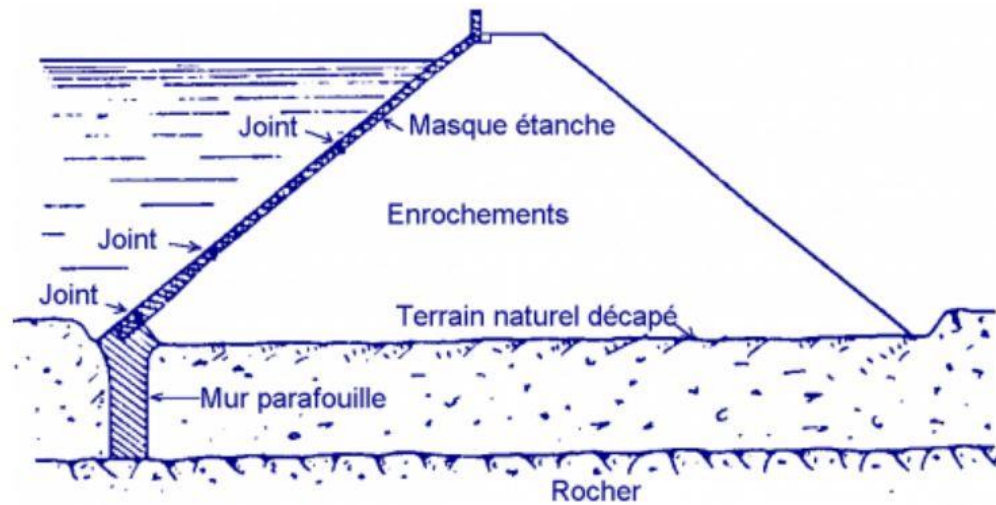


À noyau



# Principaux barrages....

À masque amont



Barrage en remblai homogène (Photo Irstea - G2DR)

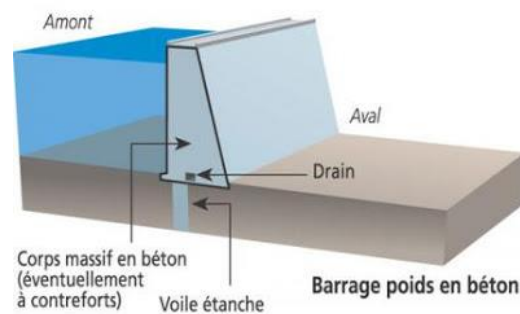
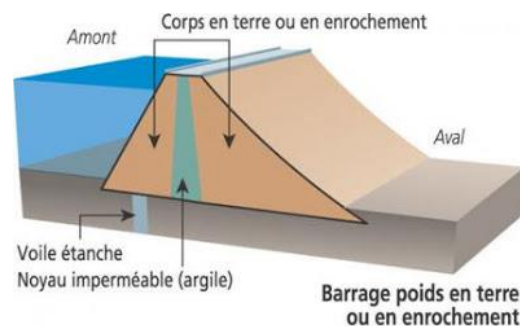


Saint Géraud : Barrage en enrochements à noyau d'argile.

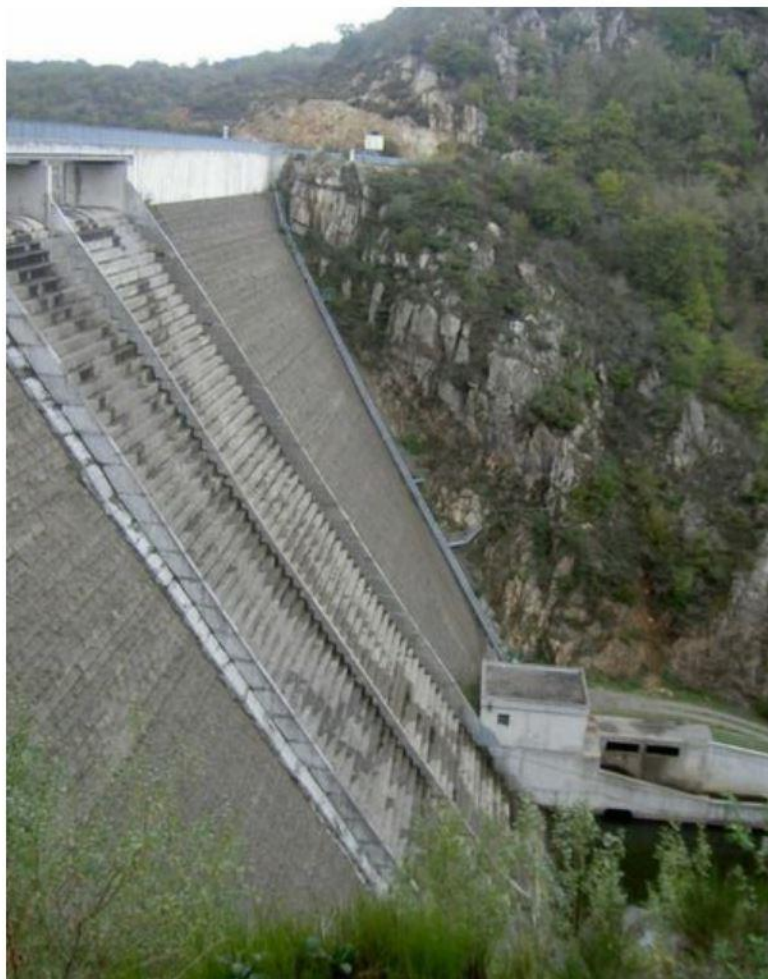


# Principaux barrages....

## Barrages Poids



Barrage de La Sep - Déversoir -

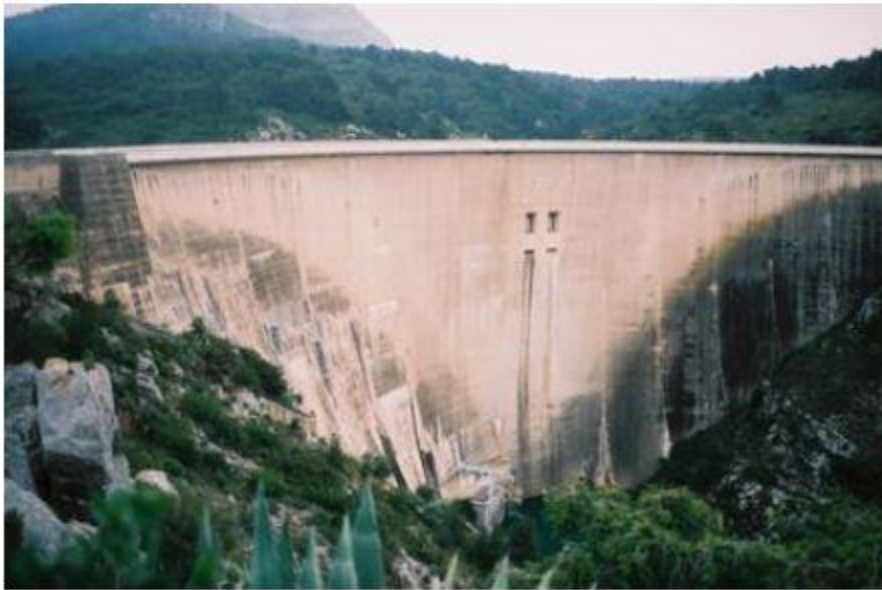
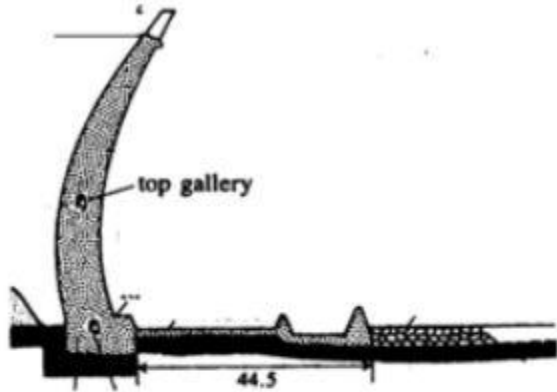


## Voutes simples



# Principaux barrages....

## Voutes doubles



*Voûte à double courbure du barrage de Bimont H=87 m.*

## Ouvrages en cours d'eau





# Principaux barrages....



# Le risque sur les barrages et les biefs....

C'est la rupture et les brèches.



Inondation en aval

- ENJEUX HUMAINS  
(décès de personnes)
- ENJEUX MATERIELS & FINANCIERS  
(destruction de biens, perturbation du fonctionnement du territoire)
- ENJEUX D'USAGE  
(ne plus pouvoir se servir du barrage ou de la masse d'eau qu'il contient)

# Principales causes de risques sur les barrages et les biefs....

- La géologie
  - Qualité des terrains (pour les fondations)
  - Nappe phréatique
  - Mouvement de terrain
- Les séismes
  - Risques de liquéfaction
- Les circulations hydrauliques
- La végétation et autres
- Les aléas climatiques
  - Les crues
  - Les sécheresses
  - Les températures

## COMMENT les prendre en compte et les réduire

### Ouvrage neuf

Etudes préliminaires  
Etudes de conception  
Réalisation conforme au cahier des charges  
Surveillance travaux et remplissage

### Ouvrage Existant

Etudes de laminage  
Etudes de stabilité  
Consignes d'exploitation  
Surveillance et auscultation de l'ouvrage  
La maintenance préventive et curative



# Les circulations hydrauliques = Erosion externe



La surverse = débordement



L'affouillement

# Les circulations hydrauliques = Erosion interne

Dans tous les barrages ou les berges en remblais des biefs de canaux, l'eau circule au travers ou sous l'ouvrage et peut avoir des effets déclenchant la rupture.

Les 4 types d'érosion interne

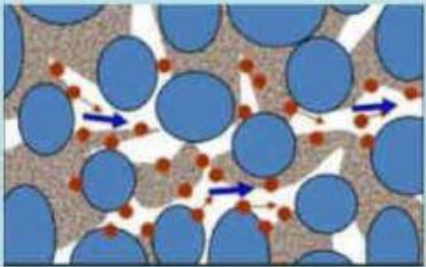
- **L'érosion régressive** => les écoulements érodent les matériaux en place en général par une fuite ou un écoulement (renard hydraulique)
- **L'érosion de conduit** => par un écoulement localisé par un trou ou une fissure
- **La suffusion** => écoulement entraînant certaines particules du terrain laissant des circuits préférentiels de l'eau dans le barrage
- **L'érosion de contact** => érosion des particules fines auprès des particules plus grossières ou le long des ouvrages traversants



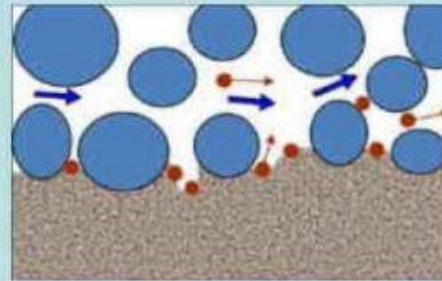
# Les circulations hydrauliques

Les circulations d'eau dans les ouvrages hydrauliques

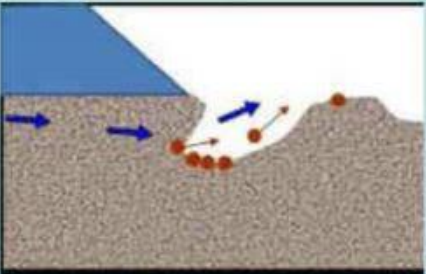
Suffusion par instabilité granulométrique



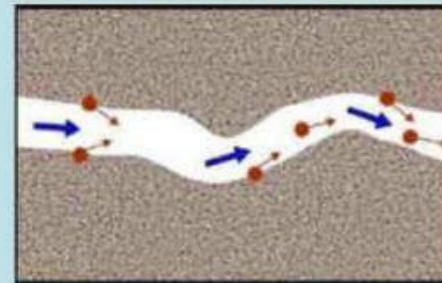
Erosion de contact entre deux sols



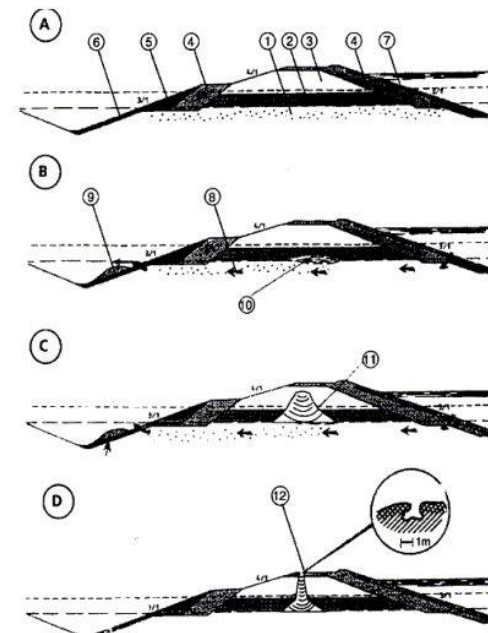
Erosion régressive



Erosion de conduit



## Erosion de Conduit



## Erosion de contact

Moteur des érosions en fondation alluviale et de certains incidents sur barrages





# Les circulations hydrauliques



Effet de l'érosion interne

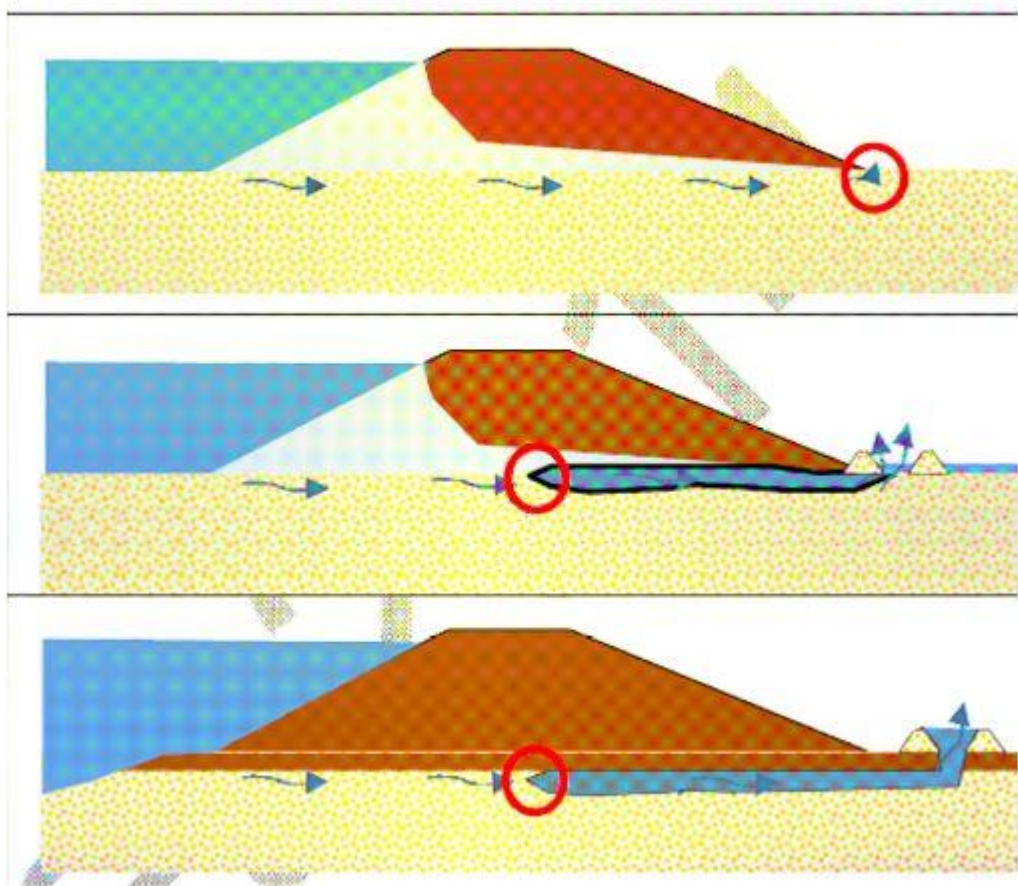


*Efflorescences blanchâtre sur parement amont.*



# Les circulations hydrauliques

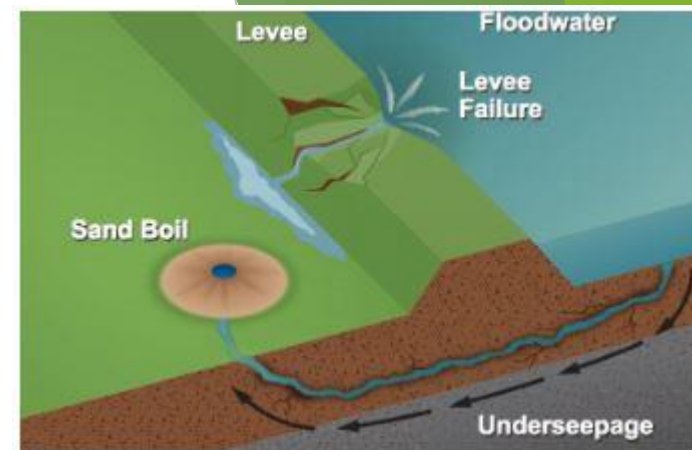
## Érosion régressive



amorce  
gradient et  
vitesses

formation du  
conduit

sand boil  
(boulance)



# Les circulations hydrauliques

## Notion de gradient hydraulique

Le gradient hydraulique est le ratio :

$H/L$

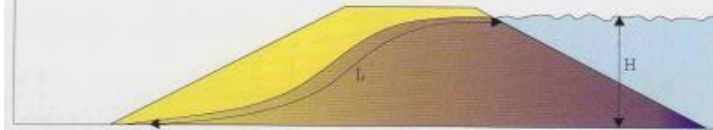
Avec H hauteur d'eau

Et L longueur de la ligne d'écoulement

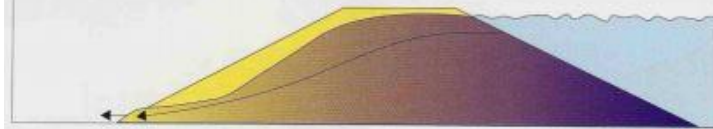
Plus le ratio est élevé, plus le risque de rupture vers l'aval est élevé pour un remblai.

Parenthèse vidange/remplissage de bief

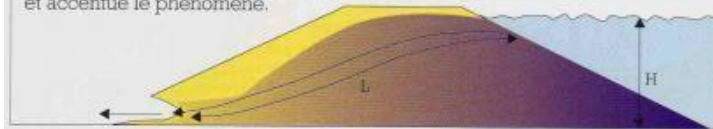
Mécanisme du renard hydraulique (ou érosion interne régressive) :  
Avec l'augmentation du niveau d'eau amont (H),  
le remblai se sature progressivement.  
Le gradient hydraulique (H/L) augmente.



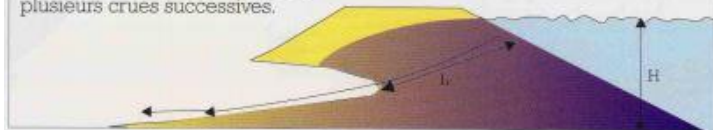
Quelques minutes après :  
Le long des lignes de courant préférentiel, un écoulement se crée,  
générant une petite fuite à l'aval de l'ouvrage.



La fuite est établie  
et des matériaux peu cohésifs du remblai sont entraînés  
par l'écoulement au débouché de la fuite.  
Progressivement, le chemin hydraulique se raccourcit,  
le gradient hydraulique (H/L) augmente  
et accentue le phénomène.



La fuite s'agrandit,  
les matériaux entraînés par l'eau de fuite laissent un vide,  
développant une cavité qui se propage vers l'amont et s'élargit à l'aval.  
La galerie ainsi formée peut traverser entièrement l'ouvrage  
et conduire à sa ruine en une ou  
plusieurs crues successives.





# Les circulations hydrauliques



*Glissement localisé en talus*

Palplanches couchées





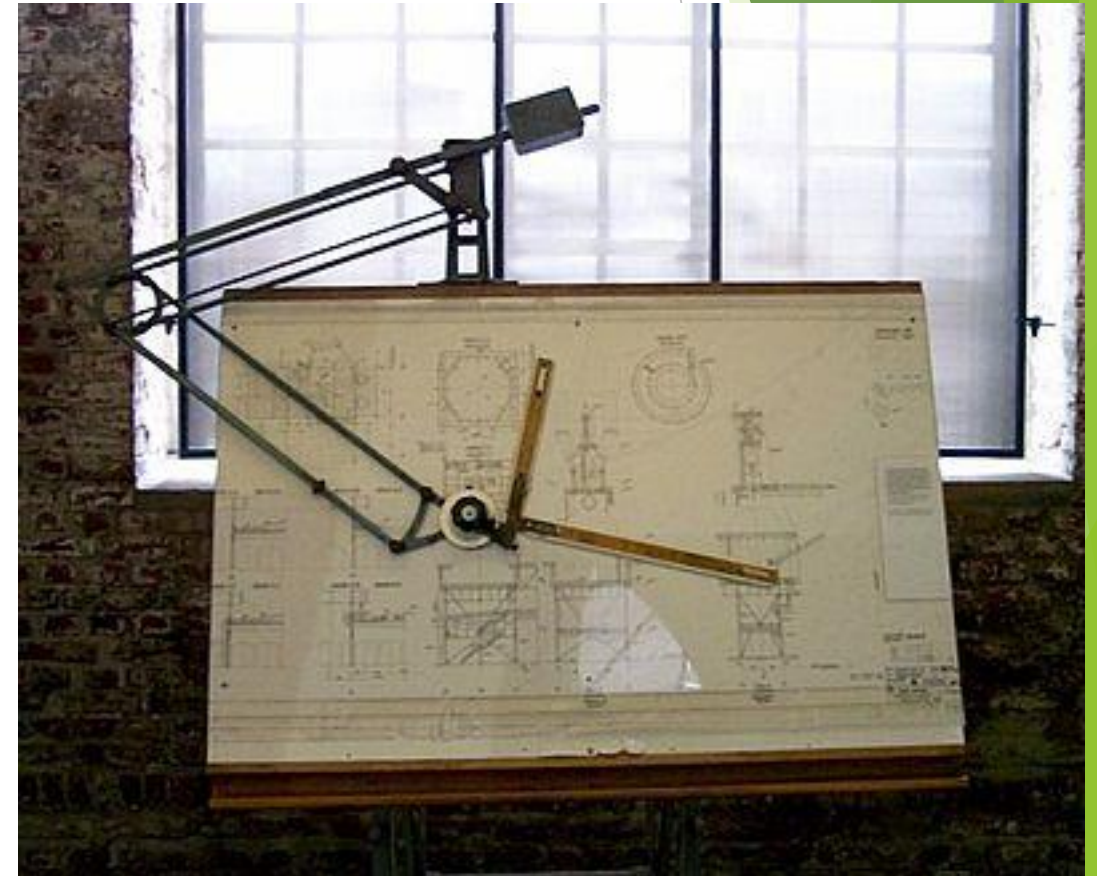
# La végétation et autres





## Pour limiter ces risques, il y a une action au stade de conception quand c'est neuf...

- Choix de l'ouvrage et de sa vocation
- Etudes hydrauliques ou de stabilité, études de sol ou de roche
- Protéger l'ouvrage revêtement, enrochement, géomembrane, défense de berge (cf conception)
- Réaliser un déversoir avec des équipements de dissipation d'énergie pour éviter les érosions liées à l'évacuation d'eau
- Dimensionnement de revanche du barrage ou de l'écrêteur de crue pour éviter les surverses et dimensionnement des vannes de Gh
- On prépare sa mise en service (remplissage, consignes, etc....)
- Surveillance de travaux





## Pour limiter ces risques, il y a aussi action tout au long de la vie de l'ouvrage...

- Les règles de fonctionnement de l'ouvrage => Consignes d'exploitation et de surveillance
- La maintenance préventive de l'ouvrage
- La surveillance / L'auscultation
- Le « rendre compte »
- La mise à jour des études originelles
- Les travaux de confortement ou de restauration => la surveillance des travaux
- La réalisation des EDD (études de danger) sur les ouvrages de classe A et B ; les ouvrages de classe C ne sont normalement pas concernés par les EDD.

**Les ouvrages** sont encadrés par des arrêtés de classement qui définissent l'ensemble des obligations (période de rapport de surveillance, d'auscultation, etc...) et **sont contrôlés par les Services de l'Etat: les DREALs**