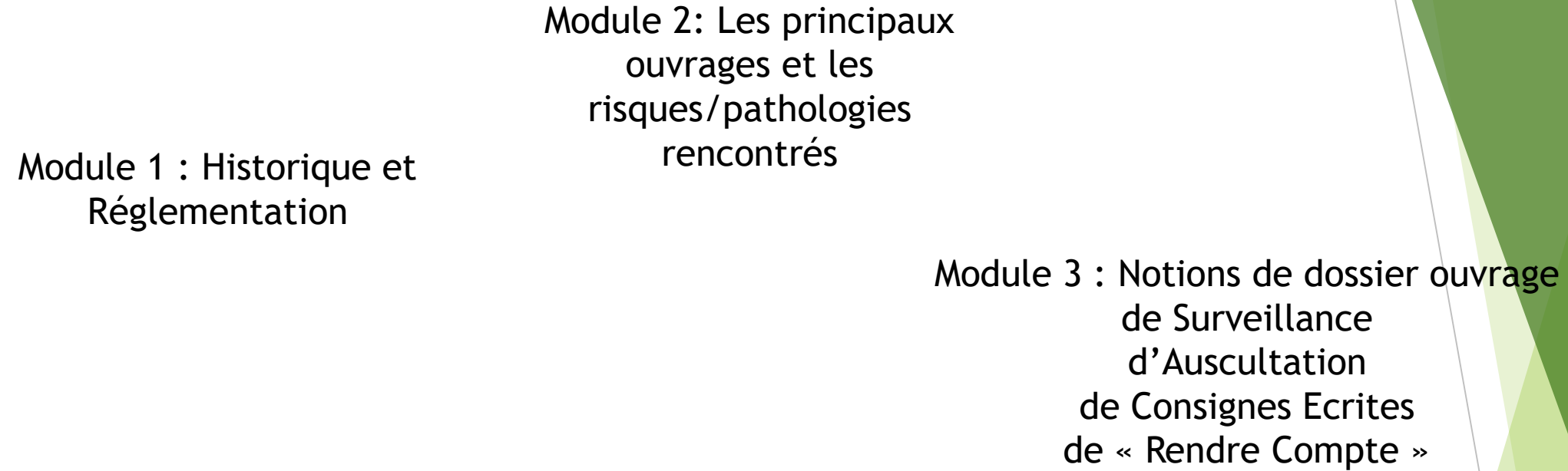


Formation Interne Sécurité des Ouvrages Hydrauliques



Sommaire :



Mais avant, Un Tour de table en précisant :

- Le parcours du participant
- Son activité aujourd'hui à VNF
- Pourquoi participe-t-il à la formation ?/ quelles sont ses attentes ?
- Qu'est ce qu'est la SOH à son avis

Module 1 Historique & Réglementation

Définition de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques :

L'eau est une ressource naturelle de première importance pour l'homme qui a engagé son utilisation à son profit... pour la consommation, l'hygiène, l'énergie et par la création d'ouvrages d'art...

Toutefois, l'eau reste un bien non maîtrisable à 100% ; en ce sens cet élément met à rude épreuve les ouvrages, allant jusqu'à leurs destructions complètes...

-> La Sécurité des Ouvrages Hydrauliques (SOH) est l'ensemble des actions permettant le maintien des ouvrages de gestion d'eau en tout temps

Un peu d'histoire :

Les premiers ouvrages apparaissent en Egypte et Mésopotamie aux environs de 2900 av JC notamment par MENES qui a mis MEMPHIS sa capitale à l'abri par des digues contre les crues du Nil de 15m de haut et de 450 m de long en crête

Nous avons connaissance de premières ruptures de barrages entre 2650 et 2465 av JC

Presque 5000 ans plus tard, nous avons une meilleure connaissance dans la conception des ouvrages, des matériaux mis en œuvre, de l'environnement, et du comportement des ouvrages.

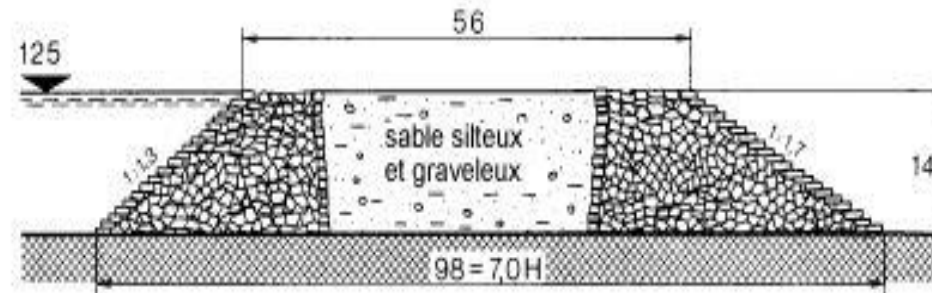


Figure 1 : Barrage de SADD-EL-KAFARA (-2650 av JC) d'après SCHNITTER

Et en général, ce sont avec les catastrophes que l'on s'améliore...

=> 3 catastrophes qui ont modifié nos manières d'agir en ce qui concerne la SOH

Le Bouzey

03/04/2023

Le barrage du Bouzey 7 M m³,
MOA : VNF, canal des Vosges
Hauteur 16.90 m (23 m avec les fondations)
Longueur 520 m
Largeur en pied 46 m
Largeur en crête 6 m
Composition* : compliquée
Construit en 1880

* À l'origine le barrage est construit en maçonnerie ; et dans son évolution, il a été transformé en barrage poids.



En mars 1884, le barrage glisse sur sa fondation vers l'aval sur une longueur de 135m.

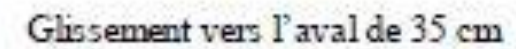


Figure 3 : Schématisation de la ruine partielle de l'ouvrage consécutive à l'accident de 1884

Le Bouzey ROUND 2

Le 27 avril 1895, alors que la retenue est sensiblement pleine, une brèche subhorizontale de 170 m de longueur s'ouvre brutalement dans le corps de la maçonnerie du barrage, à une hauteur moyenne de 10 m environ sous le niveau du plan d'eau. Une onde de submersion est générée et ravage l'aval du site. De nombreuses victimes sont à déplorer suite à cet accident. Il s'agit d'un accident majeur en termes de rupture de barrage.

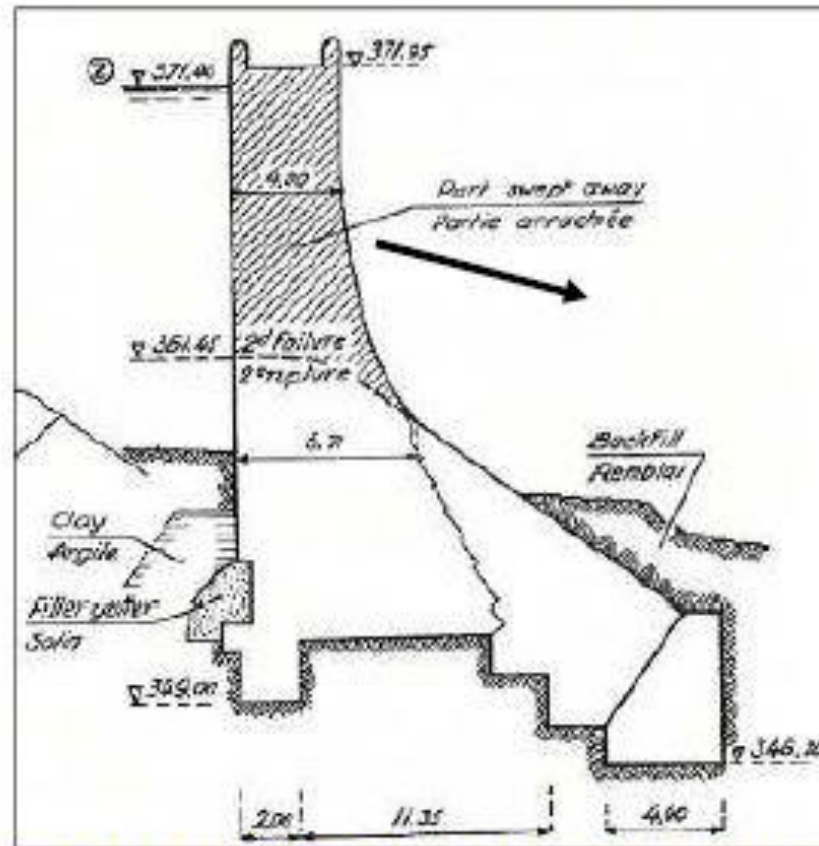
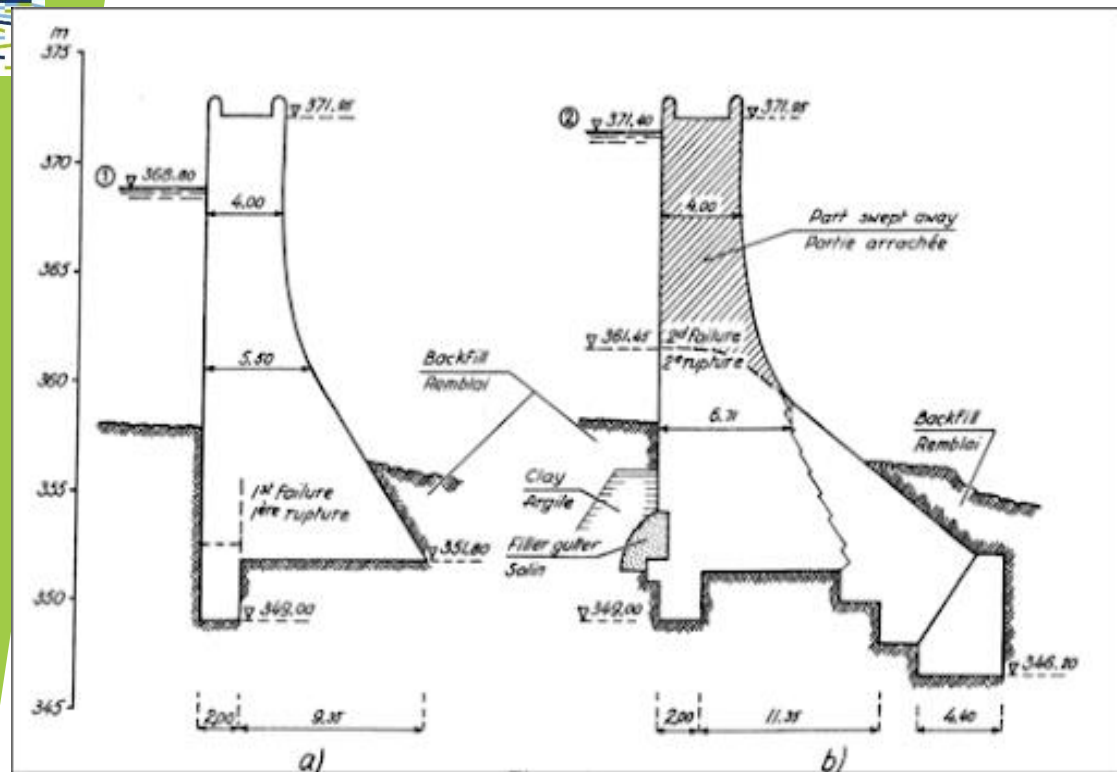


Figure 5: Extrait Publication CIGB 1973 « Leçons tirées des accidents de barrage »

- rupture et vidange
- 87 †

La réparation choisie n'a pas été concluante et a sollicité une partie maçonnée de mauvaise qualité



1880

1895

En recherchant les causes de l'accident :

- Amélioration des études de sols avec la mécanique des sols
- Nouvelles techniques avec les bétons et les voûtes pour remplacer des maçonneries médiocres
- Mise en évidence des risques liés à la circulation d'eau notamment les sous-pressions (poussée d'Archimède)

Apparemment des suivis actuels semblent confirmer que le barrage aurait également bougé en 2003 dans le cadre d'un tremblement de terre dans les Vosges

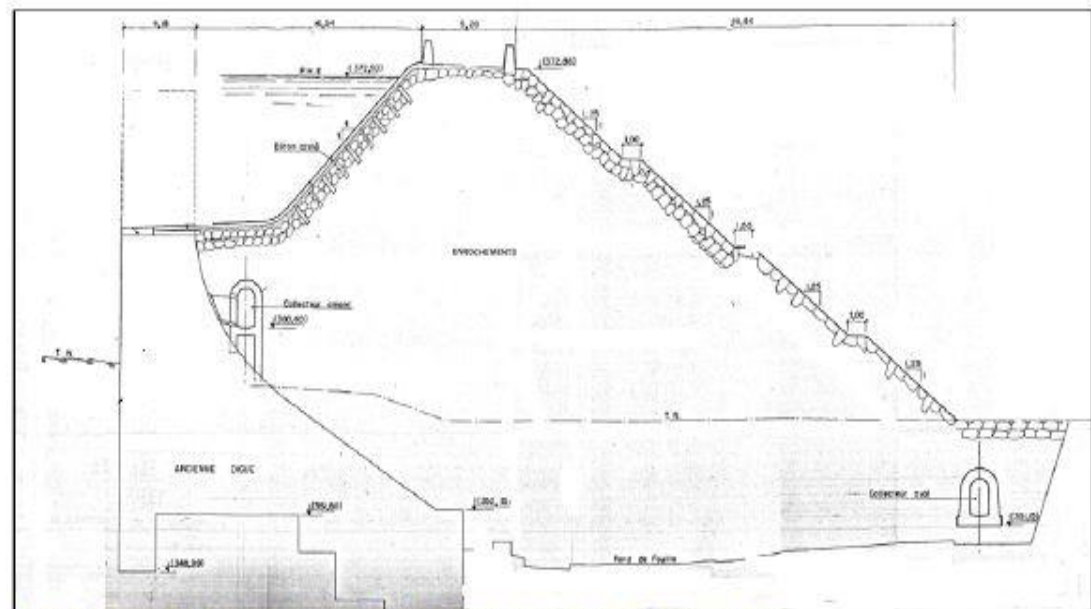
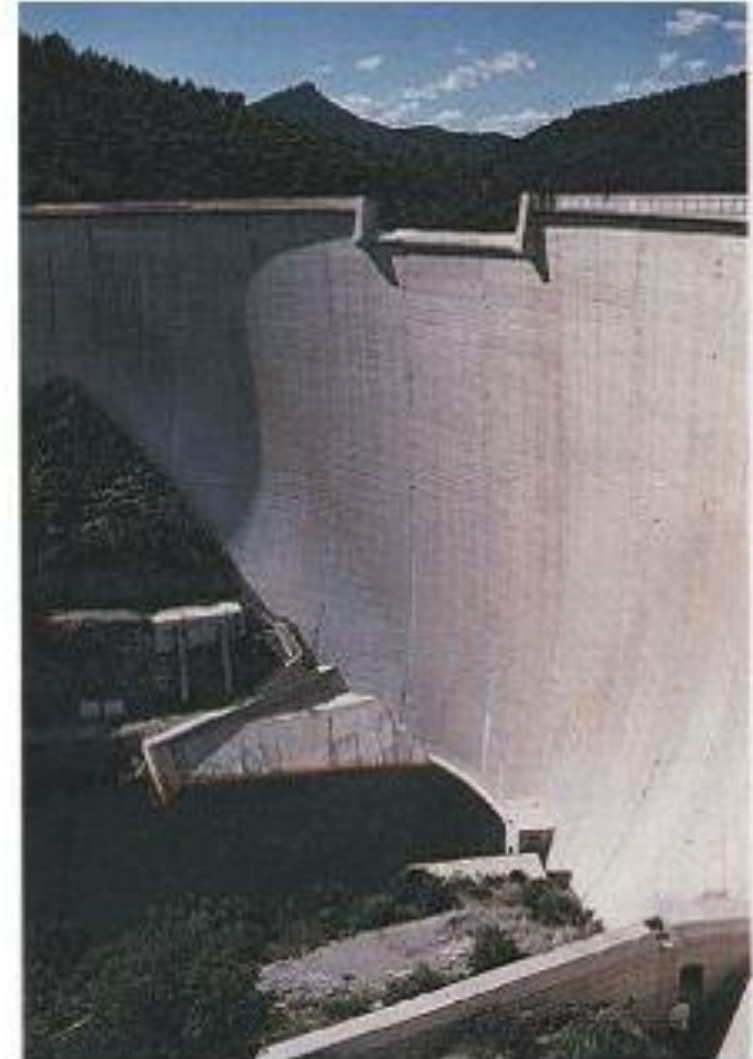


Figure 6: Barrage de Bouzey – Coupe type des travaux des années 30, coupe actuelle

Aujourd'hui

Le Malpasset.

Le barrage du Malpasset 50 M m³,
MOA: Département du Var pour alimentation en eau de
Fréjus + irrigation agricole
Hauteur 60 m (environ 67m fondations comprises)
Longueur 222 m
Largeur en pied 6.82 m (12 m au niveau des fondations)
Largeur en crête 1.50 m
Voute en béton



Le Malpasset Round unique mais complet.

- 1er remplissage perturbé : remplissage à partir de 1954 freiné par un contentieux de construction et achevé en 1959 par une crue
- 1 mauvais emplacement avec des fondations dans du Gneiss fissuré et des argiles avec des fissures non décelées au préalable
- 1 problème d'alerte et de gestion d'ouvrage en crue

La catastrophe

Vers la mi-novembre 1959, alors que le niveau de l'eau n'est encore qu'à 7 mètres au dessous du niveau de la crête, des suintements apparaissent sur la rive droite de l'ouvrage. Ils s'accroissent rapidement au point de devenir de véritables sources au fur et à mesure de l'élévation de l'eau du lac de retenue.

Fin novembre 1959 : des pluies torrentielles s'abattent sur le canton depuis plusieurs semaines. La station météorologique de Fréjus-Aviation enregistre 490 mm de pluie entre le 19 et 2 décembre dont 128 mm le 1^{er} décembre. Le 1^{er} remplissage du barrage s'effectue ainsi sans contrôle possible. Mercredi 2 décembre 1959, le soleil est enfin revenu.

Néanmoins l'eau continue de monter, la réserve est pleine et l'eau arrive au déversoir.

André Ferro tente de téléphoner, mais il y a grève des PTT. Il prend sa mobylette et se rend à la mairie pour alerter le Génie rural et les Ponts et Chaussées. En effet, l'autoroute Esterel-Côte-d'Azur est en cours de construction et les piliers de l'autoroute sont encore sous coffrage (toute arrivée massive d'eau aurait pu abîmer le pont), il n'était donc pas possible d'ouvrir la vanne sans leur accord.

La situation devenant inquiétante, à la suite d'une conférence qui se tint sur les lieux mêmes, à 18h l'ordre est néanmoins donné d'ouvrir la vanne de vidange.

À 20h50, la tournée inspection du gardien est terminée. L'eau a baissé de quelques centimètres.

À 21h13, le gardien boit son café chez lui (situé à 2 km en aval du barrage) en compagnie de son fils et de sa femme. Soudain, le cataclysme débute. Le gardien comprend tout de suite ce qui se passe et se précipite avec sa famille en haut des collines.

La première vague atteint 40 mètres de haut et fonce à 70km/h. Elle met 20 minutes à atteindre la ville de Fréjus et 13 minutes de plus pour atteindre la mer.

Pendant 17 jours, sans relâche, les chaînes de secours venues de toute la France vont rechercher les victimes et participer aux opérations de déblaiement.

Les dégâts sont considérables, on dénombre officiellement **423 victimes** dont :



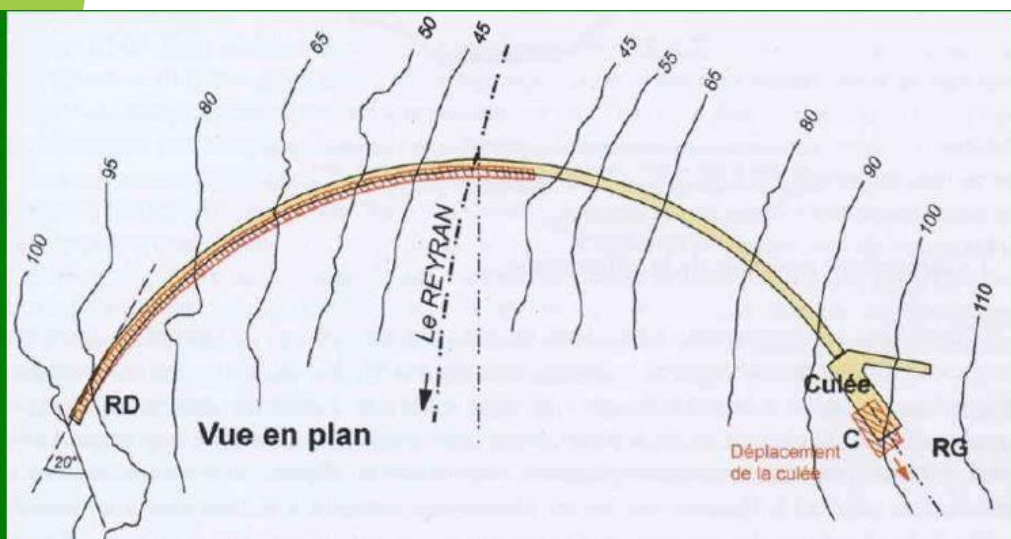
Le Malpasset Round unique mais complet.

Les causes sont toujours discutées et semblent être une combinaison de plusieurs éléments.

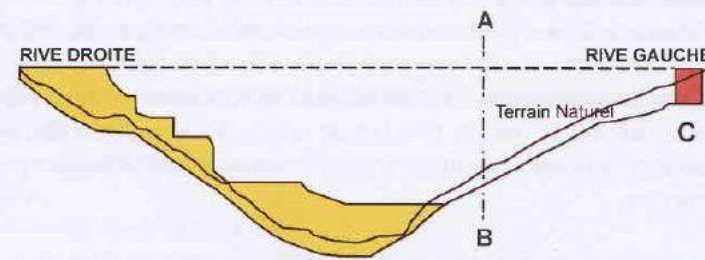
Les **causes naturelles** : la crue provoque la montée très rapide du niveau de la retenue, entraînant des fuites d'eau dans le gneiss très fracturé et altéré sous la partie haute gauche de l'ouvrage. Cela a entraîné des ruptures de la roche et le barrage s'est peu à peu fissuré et affaissé et il a enfin cédé en quasi-totalité.

Les **causes humaines** de la catastrophe sont nombreuses :

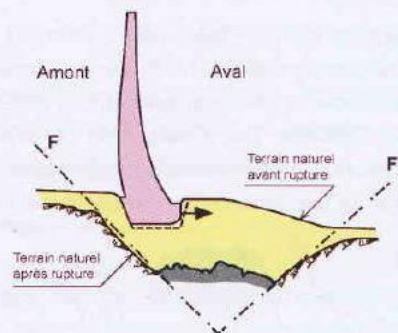
- lors de l'étude du projet :
 - mauvais choix du lieu d'implantation qui fut modifié et de type d'ouvrage sur le Reyran,
 - absence d'études géotechniques sérieuses,
 - en rive gauche, épaisseur trop faible et ancrage insuffisant de la voûte ;
- lors des travaux, absence de contrôle géotechnique du chantier ;
- après la construction, manque de rigueur dans le contrôle du premier et seul remplissage ;
- au moment de la crue, ouverture tardive de la vanne de vidange dont le débit était insuffisant pour arrêter la montée incontrôlable du niveau de la retenue.



Vue schématique en plan du barrage de Malpasset. Sur rive droite (RD), l'appui était correct avec un angle d'environ 20° entre la direction des forces et les courbes de niveau. Sur rive gauche (RG) par contre, les forces s'exerçaient tangentiellement aux courbes de niveau, d'où la nécessité d'une culée artificielle, elle-même protégée par un mur « en aile ». En hachures rouges, ce qu'il est resté de l'ouvrage après la catastrophe. La partie rive droite a tourné autour de l'ancrage correspondant. Sur la rive gauche, seul demeure un fragment de culée C qui a reculé de 2 m.

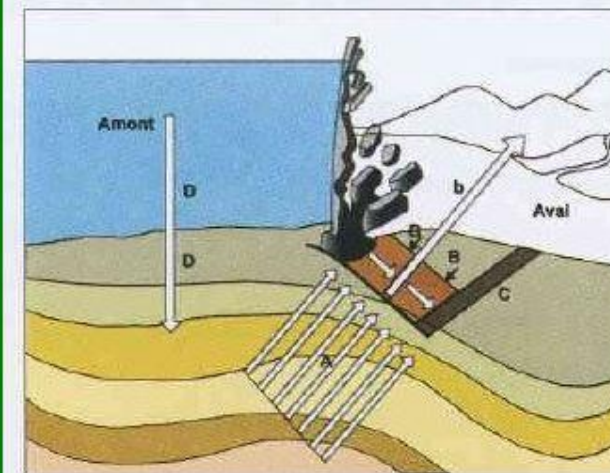


Le barrage de Malpasset, vu de face après la rupture. En couleur les parties restantes.



Coupe du barrage de Malpasset. Cette partie de l'ouvrage qui a été rompue, était construite au-dessus de deux accidents géologiques F et F', (l'accident F' ayant la valeur d'une véritable faille), qui n'avaient pas été vus faute de reconnaissances indispensables par galeries et sondages.

La dynamique probable du désastre



A – pression appliquée souterraine des infiltrations

B – terre compressée

C – faille aval étanche

D – sens des infiltrations

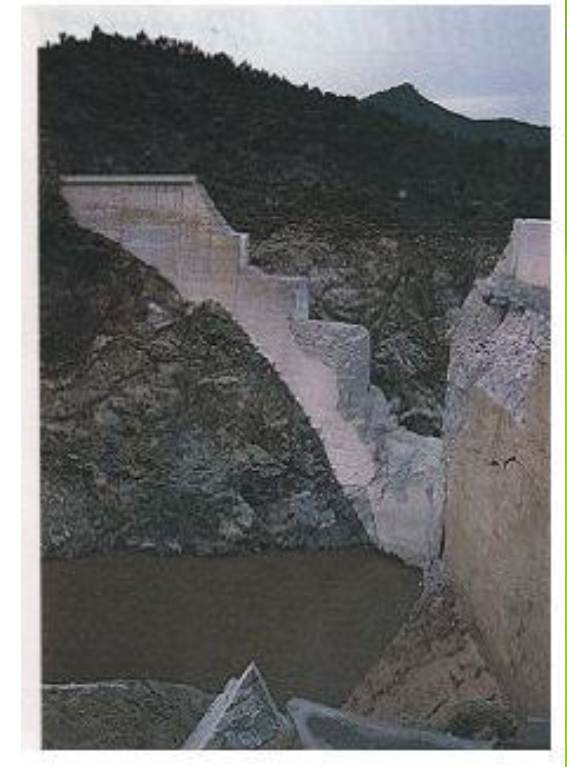
b – résultante des sous-pressions

Le Malpasset.

- Création du CTPB - Comité Technique Permanent des Barrages en 1966

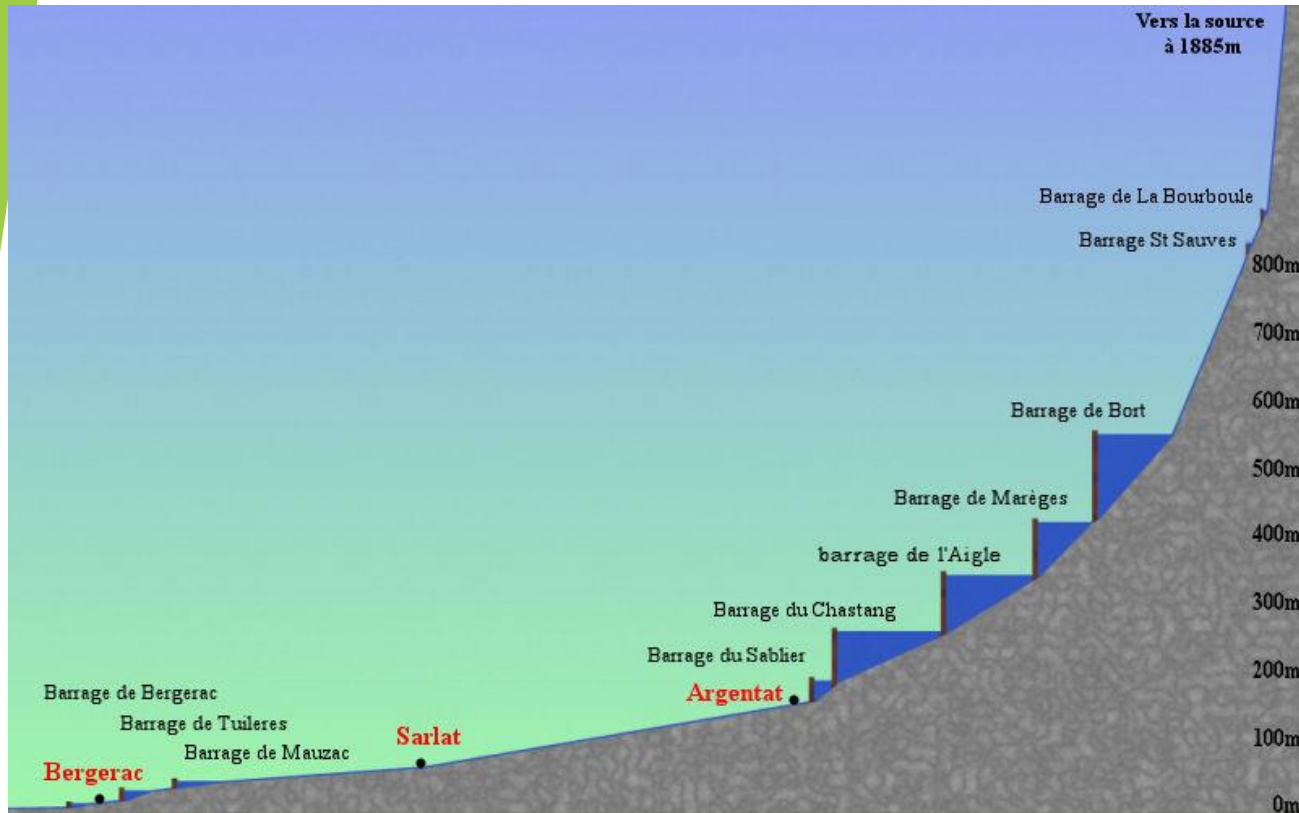
Aux conclusions des recherches sur les causes du Malpasset qui ont duré 10 ans :

- Edition de la Circulaire de 15-70 du 14/08/1970
 - Etude préliminaire
 - Notion de surveillance
 - Notion d'auscultation
 - Vidange décennale
- Pour les grands barrages $h > 20$ m



Le barrage de Tuilières. Petit mais on a eu chaud

Hormis la circulaire de 70, pas de réglementation sur les petits ouvrages ; seulement quelques recommandations bibliographiques



Barrage EDF sur la Dordogne, contenance 5 M3 pour produire de l'électricité

Le barrage de Tuilières. Petit mais on a eu chaud

Un contrepoids se détache.... Et provoque une crue de la Dordogne

Rappel de l'événement

Le barrage de Tuilières, construit en 1908, est constitué de huit vannes de type Stoney, mesurant chacune environ 13 mètres de haut pour 7 mètres de large. Dans la nuit du samedi 28 au dimanche 29 janvier 2006, vers 3 heures du matin, la vanne n°4 a cédé accidentellement, libérant les 5 millions de m³ de la retenue qui s'est vidée en l'espace de quelques heures¹.

Chute d'un contre-poids de 80t à 30m de hauteur détruisant la vanne = Vague de 90 cm à Bergerac à 13 kilomètres en aval

Schéma du site de Tuilières (source DRIRE Aquitaine)



Une évolution réglementaire

Le socle de la réglementation relative à la **Sécurité des Ouvrages Hydrauliques** est intégré dans le Code de l'Environnement.

Il reprend notamment les principaux décrets :

- Le décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le code de l'environnement ;
- Le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sureté des ouvrages hydrauliques.

Des arrêtés ministériels, des circulaires de mise en application et des notes d'interprétation viennent compléter le dispositif réglementaire.

La réglementation distingue deux types d'ouvrages hydrauliques :

- Les **barrages ou les ouvrages assimilés** (barrages-réservoirs, biefs de canaux, barrages de navigation en rivière...)
- Les ouvrages de protection contre les inondations (systèmes d'endiguement, digues, aménagements hydrauliques...)

Une évolution réglementaire

- Elle concerne les ouvrages ponctuels et linéaires qui retiennent une quantité d'eau (biefs, barrages réservoirs, barrages de navigation, écluses...)
 - ➔ Ouvrages classés comme barrages de retenue ou ouvrages assimilés à barrage
 - ➔ Classement barrage selon les caractéristiques de l'ouvrage: hauteur, volume retenu, enjeux à proximité de l'OA le cas échéant



BR de Longpendu



BR de Chazilly



OA assimilé à barrage
➔ bief de Chagny

Une évolution réglementaire

- En SOH, VNF gestionnaire de l'OA classé est **responsable d'assurer la sécurité de cet Ouvrage d'Art**
 - = s'assurer que l'ouvrage est dans un bon état de fonctionnement et ne présente pas de risques de rupture (respect des obligations fixées par l'Etat)
 - = **pas de libération fortuite qui engendrerait des risques importants pour les personnes et les biens**
- Fait l'objet d'une programmation technique et financière pluriannuelle (suivi réglementaire, travaux post visite, mises en conformité)

≠ Ouvrage d'Art de protection des personnes et des biens contre la montée des eaux (inondations, submersions marines)

→ « PI » de GEMAPI - compétence et donc responsabilité des collectivités

Une évolution réglementaire qui définit...

Ministère de la Transition écologique (ecologie.gouv.fr)

Donc pour faire simple, concernant les barrages ou les ouvrages assimilés (barrages-réservoirs, bief de canaux et barrages de navigation), le code de l'environnement a défini aujourd'hui 3 classes d'ouvrages (les classes A, B et C) (*pour information, il existait dans le passé une 4^{ième} classe D*).

Les ouvrages sont classés en fonction de leurs caractéristiques géométriques (Hauteur du barrage, volume d'eau retenu) mais aussi en fonction de l'existence d'habitations à l'aval.

Classe de l'ouvrage	Caractéristiques géométriques
A	$H \geq 20$ et $H^2 \sqrt{V} \geq 1500$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H^2 \sqrt{V} \geq 200$ et $H \geq 10$
C	a) Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H^2 \sqrt{V} \geq 20$ et $H \geq 5$ b) Ouvrage pour lequel les conditions prévues au a) ne sont pas satisfaites mais qui répond aux conditions cumulatives ci-après : i) $H > 2$; ii) $V > 0,05$ iii) Il existe une ou plusieurs habitations à l'aval du barrage, jusqu'à une distance par rapport à celui-ci de 400 mètres.

❖ Besoin de faire une petite parenthèse

Définition d'un barrage et d'une digue

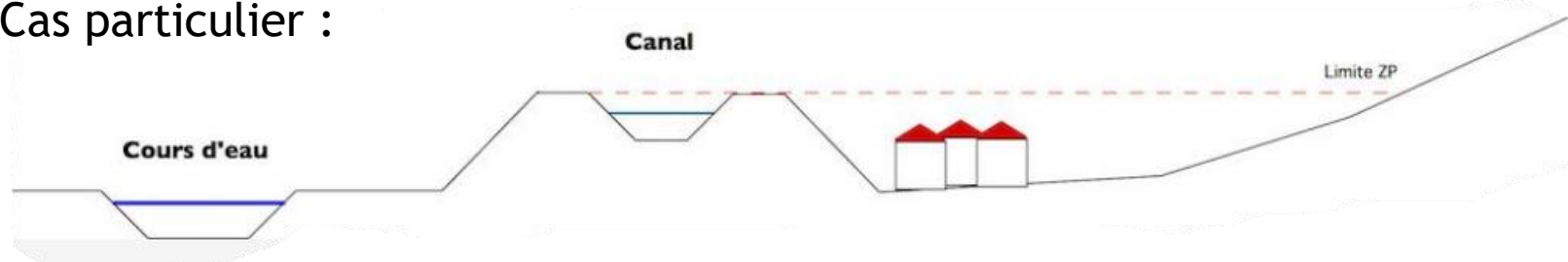
1 barrage retient de l'eau

1 digue protège les biens et les personnes des inondations par les cours d'eau ou les submersions marines

Nous avons l'habitude de parler de digues de canaux qui sont donc des BARRAGES au titre de la réglementation.

Il est préférable notamment auprès des SCOH et des partenaires de parler de **berges en remblai ou d'ouvrages assimilés à des Barrages**

Cas particulier :



Le canal peut avoir une fonction mixte : ce sont des ouvrages contributifs à la PI
Dans ce cas, une convention est établie avec le GEMAPIEN (en charge de la prévention des inondations)
pour établir le qui fait quoi en matière de SOH

.....et impose de :

- ✓ Disposer d'un dossier ouvrage
- ✓ Disposer d'un registre barrage
- ✓ Disposer de consignes écrites
- ✓ Être surveillé
- ✓ Être Conforme

Et qui suivant la classe doit :

- ✓ Être ausculté
- ✓ Disposer d'une Etude de Danger

Organisation de VNF pour assurer le suivi de la Sécurité des ouvrages Hydrauliques :

Les rôles de chaque entité

➤ **Le Directeur Délégué, Inspecteur de la SOH**

- Référent SOH auprès du DG, représentation vis-à-vis de la DGPR
- Contrôle des processus de surveillance et d'auscultation des ouvrages intéressant la sécurité publique
- Conseil et expertise

➤ **La Direction de l'Infrastructure, de l'Eau et de l'Environnement**

- Portage de la politique SOH au sein de l'établissement
- Responsable de l'opportunité et de la programmation technique et financière
- Assure la veille réglementaire – en lien avec la Dir. Juridique, Economique et Financière
- Pilote et anime le réseau

➤ **La Mission d'appui opérationnel SOH**

- Portée par le Pôle Grands Ouvrages de la DTCB, sous pilotage DIEE
- Appui au pilotage SOH des DT
- Appui pour la conduite d'études spécifiques (EDD...)
- Contribution au réseau national SOH

Organisation de VNF pour assurer le suivi de la Sécurité des ouvrages Hydrauliques :

03/04/2023

Les rôles de chaque entité

➤ Les Directions Territoriales

- Mise en application de la politique SOH à l'échelle de leur territoire respectif
- Mise en œuvre des dispositifs réglementaires, établissement de la programmation, animation de la filière SOH à l'échelle de leur territoire
- Exploitation des ouvrages

➤ La Direction de l'Ingénierie et de la Maitrise d'ouvrage

- Mise en œuvre d'opérations d'études et de travaux de rénovation et/ou de réhabilitation des ouvrages intéressant la sécurité publique

Pour aller plus loin

03/04/2023

[Ministère de la Transition écologique \(ecologie.gouv.fr\)](https://ecologie.gouv.fr)

[Wikhydro \(developpement-durable.gouv.fr\)](https://developpement-durable.gouv.fr)

[Wikibardig \(developpement-durable.gouv.fr\)](https://developpement-durable.gouv.fr)

[Accueil - France Dignes \(france-digues.fr\)](https://france-digues.fr)

[Comité Français des Barrages et Réservoirs \(barrages-cfbr.eu\)](https://barrages-cfbr.eu)