

Il y a 60 ans, la catastrophe du barrage de Malpasset : regards sur ses causes et ses enseignements

Gilbert CREVOLA
crevola.gilbert@yahoo.com

Le 2 décembre 1959, à 21 h 13, la rupture soudaine du barrage-voûte de Malpasset sur le Reyran (fig. 1), à 9 km en amont de Fréjus (Var), libéra un volume d'eau de 50 millions de m³. Une vague d'eau de 40 m de haut atteignit la ville en 21 mn avec une vitesse initiale de 70 km/h et submergea sa partie basse, entraînant la mort de 423 personnes (dont 135 enfants) et des dégâts matériels considérables. Cet événement, la plus importante catastrophe civile française du XX^e siècle, eut un retentissement national et mondial et a suscité un immense élan de solidarité.



Fig. 1 : Vestiges de la voûte en rive droite du Reyran. Wikimedia Commons, photo Elofer.

Les membres les plus anciens de notre association ont encore en mémoire la tragique nuit du 2 décembre 1959, le spectacle de désolation (fig. 2) qu'ils ont pu découvrir peu après, et les récits pathétiques des survivants.



Fig. 2 : La ville de Fréjus au lendemain de la catastrophe. Carte postale, éditions CIM.

La commémoration du 60^e anniversaire a revêtu une importance particulière par les manifestations qui lui ont été associées, mais aussi par les travaux de recherche réalisés dans la décennie qui l'a précédée.

De nombreux travaux ont été consacrés à la catastrophe elle-même, référence mondiale pour la géologie des barrages, particulièrement à la recherche de ses causes géologiques. En effet, ces dernières années ont vu la publication de plusieurs documents émanant d'experts géologues et géotechniciens qui fournissent de nouvelles précisions techniques sur le site, la structure du barrage et les conditions de sa rupture. Au-delà de ces données, et en relation avec une discipline relativement récente, la sécurité industrielle, les facteurs humains et organisationnels intervenus dans la catastrophe peuvent être analysés.

Cet article n'entend pas revenir sur l'histoire du barrage, du projet à la catastrophe, puis aux suites judiciaires, déjà longuement présentée dans divers ouvrages et articles. Il se propose d'abord de fournir au lecteur un choix de documents de référence, accessibles pour la plupart en ligne (signalés par un astérisque). D'autre part, il veut aussi s'affranchir quelque peu du cadre strict du site du barrage.

LA COMMÉMORATION DU SOIXANTIÈME ANNIVERSAIRE DE LA CATASTROPHE

«...Chaque fréjussien a un devoir de mémoire envers ceux qui ont péri lors de cette tragique nuit, mais aussi tous ceux qui ont été confrontés à ce drame. C'est l'objectif premier de ces commémorations : honorer et perpétuer la

mémoire des 423 victimes qui ont perdu la vie ce 2 décembre et rendre hommage à toutes celles et ceux qui ont porté secours aux survivants... »

David Rachline, Maire de Fréjus, le 2 décembre 2019.



Fig. 3 : Le Gisant. Monument à la mémoire des victimes de la catastrophe de Malpasset ; œuvre du sculpteur Jacques Pouillon, inauguré le 2 décembre 1963.
Photo Généanet Creative Commons.

La commémoration du 60^e anniversaire de la catastrophe de Malpasset a donné lieu à de nombreuses manifestations (blog « Pays de Fayence ») : cérémonies du souvenir au « gisant » (fig. 3), au cimetière de Fréjus, service religieux dans la cathédrale, inauguration d'une nouvelle scénographie dans la salle Malpasset, marche du souvenir, diverses expositions.

Deux conférences ont été données par G. Castaner, et J.M. Masset, ingénieurs géologues à EDF, l'une gé-

nérale sur les barrages, l'autre sur la rupture du barrage de Malpasset et ses enseignements. D'autre part, un parcours signalétique est en cours de réalisation par les élèves ingénieurs géologues de l'Université de Nancy sur le site même du barrage, lieu de mémoire, en partenariat avec la ville de Fréjus, l'ACC (Association Cinquantenaire Catastrophe), le Syndicat Intercommunal pour la Protection du Massif de l'Estérel et diverses autres associations.

LES SOURCES DOCUMENTAIRES

De très nombreux articles de journaux (Nice-Matin, Le Monde, Le Figaro), ouvrages et plaquettes, sites internet, blogs, avec une iconographie très abondante, mais aussi vidéos et films, émissions de télévision, ont été consacrés à la catastrophe de Malpasset, dont beaucoup sont maintenant disponibles en ligne.

Il nous faut d'abord citer deux documents anciens qui, lors de leur parution, ont constitué les premiers récits de la catastrophe et ont tenté d'aborder ses causes :

- l'hebdomadaire Paris-Match (1959-2019*), 11 jours seulement après la catastrophe, a publié, sous la plume du célèbre journaliste R. Cartier, un article de fond assez caustique, au titre évocateur : **Malpasset qui fit rire, qui fit peur, qui tua** : le contexte politique, les dessous de l'histoire, les protagonistes mis en scène ;

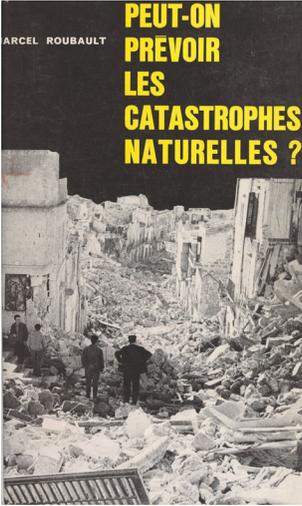


Fig. 4 : M. Roubault :
Peut-on prévoir
les catastrophes naturelles?

- l'ouvrage de M. Roubault : « *Peut-on prévoir les catastrophes naturelles ?* » (fig. 4), paru en 1970, donc après les procès, a longtemps été la seule source d'information accessible au public et sera repris dans divers ouvrages généraux. Outre les aspects techniques, il propose des réflexions sur les responsabilités des protagonistes. Il traite également d'autres catastrophes dont celle du Vajont.

Le site Wikipédia (2005...* et l'ouvrage « *Barrage de Malpasset. De sa conception ... à sa rupture* » (fig. 5) de V. Valenti et A. Bertini (2003, réédité en 2019) complèteront

notre information. Par ailleurs, des articles sur des retours d'expérience ont été rédigés par des ingénieurs spécialisés. La Revue Française de Géotechnique en a publié cinq d'entre eux dans un numéro double (2010*), dont le rapport géologique de J. Goguel.

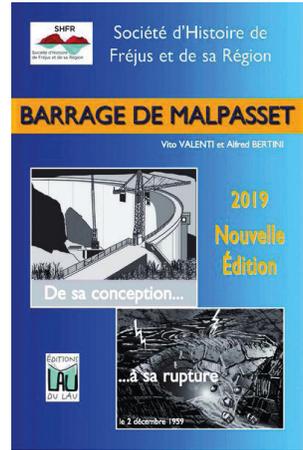


Fig. 5 : V. Valenti et A. Bertini :
Barrage de Malpasset. De sa
conception ...à sa rupture.

LE CADRE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Le cas de Malpasset doit être replacé dans un cadre géologique élargi, à la fois structural, morphologique et hydrogéologique.

Le massif métamorphique varisque de Tanneron est divisé en 2 parties, occidentale et orientale, par le bassin houiller ou graben stéphanien du Reyran. D'orientation subméridienne, large de 1 à 1,5 km, il est limité à l'Est par un grand accident régional sensiblement NS : la faille de la Moure, équivalent dans le Tanneron de l'accident de Grimaud des Maures. Il est drainé vers le Sud par le Reyran, affluent de l'Argens, et vers le Nord par le Biançon qui rejoint la Siagne qui s'écoule vers les Alpes-Maritimes. Ces deux cours d'eau quittent la dépression houillère par des gorges épigéniques étroites, entaillées dans le socle contigu. Ce dispositif tectonique et morphologique remarquable, était favorable à l'implantation de deux aménagements (fig. 6) : celui de Malpasset au Sud et celui de St-Cassien au Nord, lac dans la dépression et barrage dans la gorge épigénique.

Le bassin versant du Reyran s'étend essentiellement sur le socle du Tanneron. Le Reyran étant dépourvu de source permanente, le lac devait son



Fig. 7 : Maquette du barrage de Malpasset. Document EDF.

LA ROCHE ET LE MASSIF ROCHEUX : LE PIÈGE

Barrages et géologie

Dans son ouvrage de 1933 « *Barrages et géologie. Méthodes de recherches, terrassement et imperméabilisation* », bible des constructeurs de barrages, M. Lugeon insiste sur l'étude géologique et le traitement des fondations et des appuis des barrages.

«... Nous avons vu dans le chapitre sur l'importance de l'étude géologique, que la plupart des barrages qui se sont écroulés avaient disparu faute de fondations assises sur de la matière incompressible, imperméable, insoluble. Il me paraît qu'aujourd'hui, ces fautes géologiques doivent disparaître à jamais...»

Il décrit plusieurs exemples de barrages dont le massif rocheux fut consolidé par des injections et ainsi soudés à leurs appuis, comme le barrage du Sautet (Isère) qui sera mis en service en 1935.

Les expertises géologiques du site de Malpasset.

G. Corroy, lors de sa première expertise en 1946 eût à s'assurer de l'étanchéité de la cuvette qui s'étend principalement sur le Houiller. Pour les appuis du barrage, il nota l'hétérogénéité des gneiss et leur fracturation importante. Il insista sur la nécessité de reconnaissances par galeries et recommanda de procéder à des injections. Bien que les travaux de déroctage de la fin 1952 aient mis en évidence un nombre élevé de cassures d'amplitude diverses, bien que jamais importantes, les travaux prévus ne furent que partiellement exécutés : ce qui fut sans doute jugé suffisant par A. Coyne. Dès lors la construction du barrage se poursuivit sans contrôle véritable ni du géologue ni du concepteur.

L'ingénieur J. Goguel a été mandaté en 1960, immédiatement après la catastrophe, par la commission d'enquête pour établir un nouveau rapport géologique (1960-2010*). Il s'attache surtout à l'étude des discontinuités mécaniques à diverses échelles : schistosité, diaclases, failles. L'hétérogénéité de la roche à toutes les échelles et la présence à l'échelle de l'échantillon de plans tapissés de séricite, sont pour lui générateurs de glissements internes.

«... *Le site de Malpasset paraît exceptionnel par l'abondance de ces failles, sans qu'on puisse dire s'il s'agit d'une particularité locale, ou si tout le gneiss présenterait le même caractère puisque l'état des affleurements ne permettrait pas de les reconnaître...*

«...*On ne peut non plus dire si ce degré de broyage du gneiss correspond au passage d'une zone privilégiée qui aurait pu préparer l'emplacement du synclinal houiller du Reyran ou si c'est la trace d'un phénomène plus général ayant affecté tout ou partie des gneiss du Tanneron...* » (p. 31 et 32).

Les investigations détaillées

Ultérieurement **la roche** de Malpasset a fait l'objet d'études géotechniques (Bernaix, 1967 ; Carrère, 2010* ; Duffaut, 2010* ; Habib, 2010*) qui montrent son hétérogénéité et des caractéristiques géotechniques très médiocres et différentes d'un échantillon à l'autre. Un classement de la « qualité » des appuis rocheux (c'est à dire, de la déformabilité du terrain lors d'essais *in situ*) de 17 barrages français de l'époque montre que Malpasset se situe en dernière position et St-Cassien en 14^e position (Duffaut, 2010* ; 2013*).

Les travaux menés après la catastrophe, alors que le rocher était décapé, ont permis un examen approfondi du **massif rocheux** et ont mis en évidence des failles importantes inconnues auparavant. Deux d'entre elles à pendages opposés forment un dièdre qui a permis l'expulsion d'un coin rocheux supportant la partie est du barrage et la culée artificielle ⁽¹⁾.

Nos travaux plus récents à l'échelle régionale et locale (Crevola, 1994 *in* Toutin Morin *et al.* 1994 ; Guglielmi, 1988) apportent d'autres éléments sur ces déformations ⁽²⁾ :

- tout le socle du Tanneron à l'Est du méridien de Tanneron, comme les massifs de Sainte-Maxime et de Saint-Tropez, a subi une déformation cisail-

1 Les mécanismes généraux des deux catastrophes n'ont été examinés ici que sommairement. En fait les deux cas ont donné lieu à des investigations géologiques et géotechniques extrêmement détaillées au vu des problèmes insoupçonnés révélés lors des expertises. Nous renvoyons nos lecteurs aux travaux de Carrère (2010*), Duffaut (2010¹⁻²) pour Malpasset et Genevoix et Ghirelli (2005*), pour le Vajont.

2 Divers exemples de déformations à diverses échelles ont été décrites à propos du site du barrage de Malpasset. Lors de l'expertise de Corroy (1946-1956), le massif de Tanneron était une « *terra incognita* », la carte géologique à 1/80 000 (1914) ne montrait en effet qu'une seule formation métamorphique pour tout le massif, les gneiss leptynitiques. La situation n'était guère meilleure lors de l'expertise de Goguel (1960), qui, à mon sens, n'a fait que préciser celle de Corroy. Si la cartographie due à Bordet *et al.* (1966) avait progressé, il n'y avait pas eu d'étude de la déformation des formations métamorphiques. Il fallut attendre les cartes Fréjus-Cannes (1994 ; Crevola *in* Toutin-Morin *et al.*) et Grasse-Cannes (2013 ; Crevola *in* Dardeau *et al.*) pour voir développées de telles études. Ces études de la déformation ont été étendues plus récemment au massif des Maures. Mais elles restent ponctuelles en Provence varisque et une synthèse, des observations structurales à diverses échelles, est à entreprendre.

lante de haute température, très pénétrative à l'échelle de l'échantillon comme de la lame mince (Crevola, 1977 ; Gebelin, 1999) ;

- il existe en bordure du grand accident de la Moure une zone broyée de basse température, de largeur hectométrique, analogue à celle de l'accident de Grimaud ;

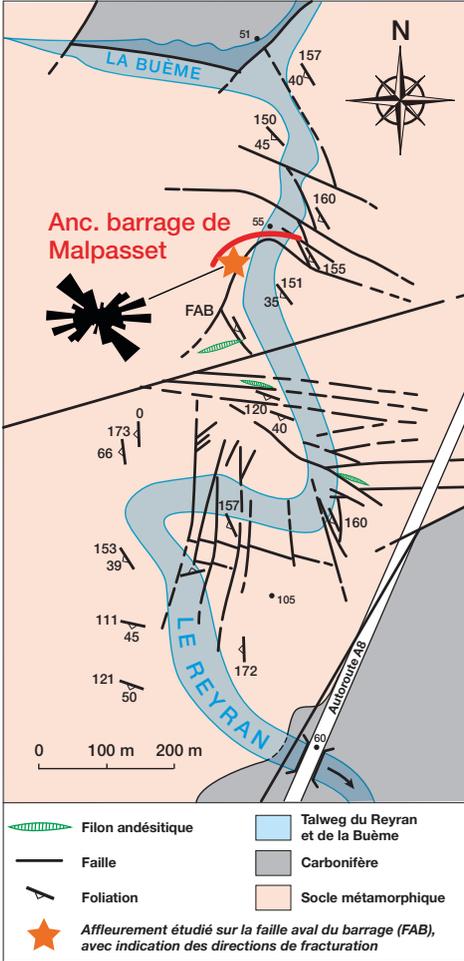


Fig. 8 : Carte structurale de la gorge de Malpasset (Crevola et Guglielmi, 1988, inédit).

- le socle a subi de plus des déformations lors de la compression du Houiller et des distensions permienes comme en témoignent les multiples failles du secteur (fig. 8) ;
- des études ponctuelles (Guglielmi, 1988) montrent qu'aux failles sont associées des zones broyées métriques à plurimétriques caractérisées par une lenticulation tectonique très pénétrative, (fig. 9), ce qui corrobore et explicite les descriptions de J. Goguel. En définitive, si l'incidence relative de chacune de ces phases reste à évaluer, elles conduisent à la comminution extrême et générale du socle, très favorable aux glissements relatifs internes et aux circulations d'eau. Ceci favorise ou explique le mécanisme de sous-pression (fig. 10) et amplifie sans doute l'importance du « dièdre » dans le mécanisme de la rupture (Duffaut, 2010*).

Notons que le mécanisme des sous-pressions avait été mis en évidence dans la rupture en 1895 du barrage de Bouzey dans les Vosges qui fit 87 victimes. Mais il restait à l'expliquer théoriquement.

CAUSES ADDITIONNELLES : CAUSES HUMAINES ET ORGANISATIONNELLES

La rupture de Malpasset a été regardée en elle-même comme essentiellement due à des « **causes géologiques et géotechniques imprévisibles** ». Si cette assertion reste en partie vraie, ses causes profondes doivent être

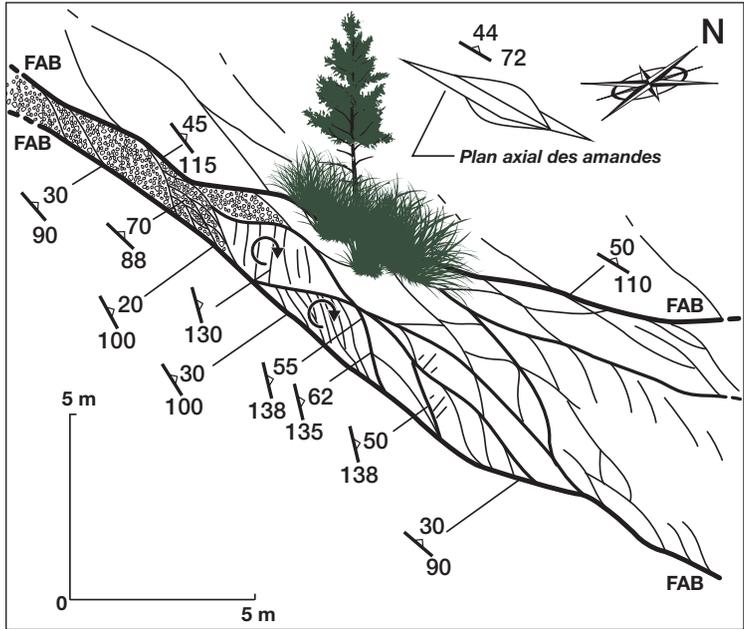


Fig. 9 : Schéma de l'affleurement sur la faille aval du dièdre en rive droite, avec lenticulations tectoniques (Guglielmi, 1998, inédit).

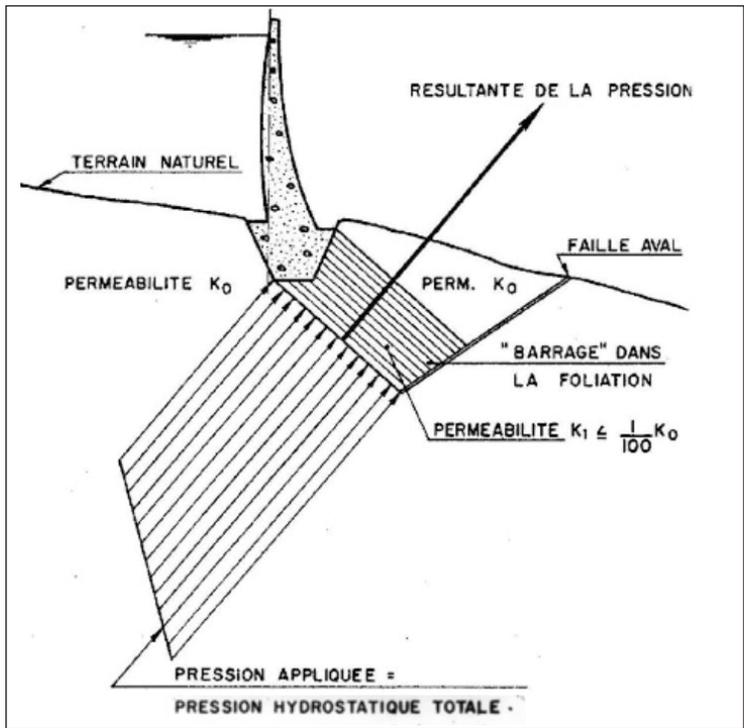


Fig. 10 : Schéma classique de l'action des sous-pression lors de la rupture du barrage de Malpasset. Wikibardig.

recherchées aussi dans des causes humaines et dans les carences des administrations, bien qu'à l'issue des procès le Conseil d'Etat ait retenu en 1971 « *qu'aucune faute, à aucun stade, n'a été commise* »⁽¹⁾. Les leçons de ce cas doivent être partagées par une large audience, en particulier par les jeunes générations.

M. Roubault avait déjà souligné (1970) :

« Le drame de Malpasset n'a été rien d'autre, heureusement pour les autres ouvrages similaires, que la douloureuse conséquence d'erreurs humaines... Or, à Malpasset, le sort s'était vraiment acharné sur ce malheureux ouvrage. »

Cette analyse a été poursuivie plus récemment par P. Duffaut (2013*), J. Larouzeé *et al.* (2014*), P. Duffaut et J. Larouzeé (2019). Elle s'appuie sur les travaux du psychologue J. Reason (1990) sur les facteurs humains et organisationnels dans les grandes catastrophes technologiques (Malpasset, 1959; Vajont, 1963; Three Miles Island, 1979; Tchernobyl, 1986, par exemple), illustrés par le « modèle du fromage suisse » (fig. 11).

« On ne peut changer les facteurs humains mais on peut changer les facteurs qui régissent les activités humaines. » J. Reason, 1990.

Dans notre cas, certaines fautes et erreurs paraissent d'abord devoir être imputées à des choix politiques du Conseil Général du Var (premières défaillances actives), dépassé par un tel projet. D'autres au manque de

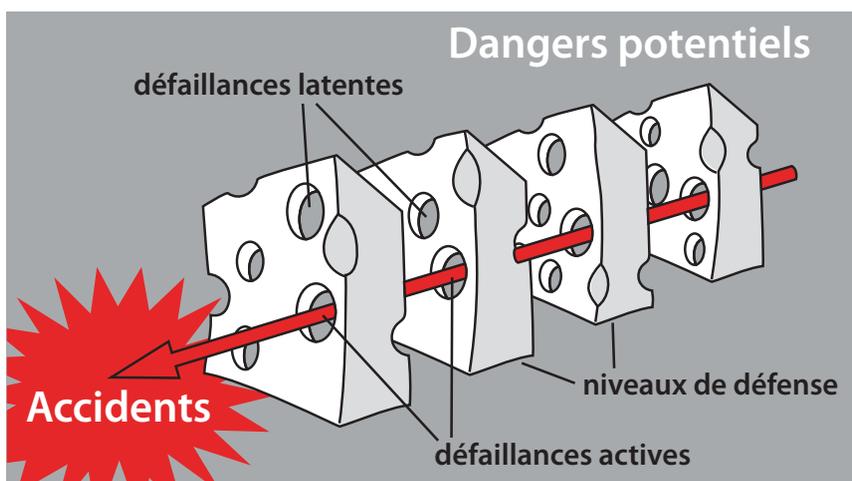


Fig. 11 : « Modèle du fromage suisse » de Reason (1990). Les trous correspondent à des défaillances actives ou potentielles dans les différents niveaux de défense (tranches du fromage). Les défaillances actives alignées conduisent à l'accident. Wikipedia.

1 Le dossier Malpasset révèle beaucoup d'incohérences et de situations aberrantes, voire ubuesques : géologue choisi plus en fonction de sa position universitaire que de ses compétences ; pas de connections entre les projets Malpasset et St-Cassien ; pas de communication entre géologue, concepteur et constructeur après le début des travaux ; quasi abandon du suivi de la construction et du remplissage du barrage par le géologue et le concepteur ; conclusions très contestables et très contestées des procès (détails sur les procès dans Valenti et Bertini, 2019).

réactivité et à l'impréparation des diverses administrations concernées. Il faut souligner qu'à l'époque les barrages qui n'étaient pas destinés à la production d'énergie ne nécessitaient pas de contrôle d'une commission spécialisée.

D'un point de vue technique :

- choix initial de Malpasset, au lieu de St-Cassien, puis absence de communication dès le stade des projets. Ces aménagements dépendaient en fait de deux administrations différentes de l'Etat ;
- choix d'un géologue, G. Corroy, sans compétence pour le cristallin et la géologie des barrages, à l'expertise bâclée, et qui n'aura plus aucune communication avec le concepteur et le constructeur dès le début des travaux, ni d'ailleurs avec ceux des nombreux barrages de « l'épopée hydroélectrique française » de l'après-guerre;
- confiance excessive dans le concepteur (A. Coyne), en raison de son expérience mondiale en matière de barrages et qui se désintéressera de Malpasset ; il décèdera en 1960, avant les procès.
- pas de travaux de reconnaissance approfondie des appuis, ni d'injections ;
- pas ou peu de contrôles lors du remplissage du barrage.

A l'approche de la catastrophe : pas de prise en compte des signaux d'alerte, notamment écoulements d'eau en rive droite dès la mi-novembre ; décision tardive d'ouverture de la vanne de vidange : 3 h seulement avant la catastrophe bien qu'elle ait été demandée 3 jours plus tôt.

Enfin, lors de la catastrophe, pas de dispositif d'alerte, ni de plan d'évacuation, pas de plan de prévention des risques non plus.

En 1966, P. Macaigne écrit dans le Figaro :

« Le coupable, c'est un monstre à cent têtes qui s'appelle administration. Avec ses rouages irresponsables, ses lenteurs, ses indifférences tant que le drame n'est pas là... »

M. Roubault, écrivait dans la préface de son ouvrage, en 1970 :

*« Et plus que tout autre, j'ai senti le terrible poids de l'expression « **c'était imprévisible** » employée avec trop de facilité par des hommes dont l'ignorance est impardonnable et qui ne cherchent malheureusement qu'à couvrir leur responsabilité, aidés en cela par des dispositions juridiques ou administratives trop souvent inadaptées aux ambitions de l'homme moderne. Car, je l'affirme, si l'homme ne peut pas tout empêcher, il peut beaucoup prévoir »*

LES ENSEIGNEMENTS DE LA CATASTROPHE

L'expertise des barrages-voûte après la catastrophe

Immédiatement après la catastrophe, bien qu'on n'en connaisse pas encore les causes exactes, le site a fait l'objet d'examen approfondis notamment de la part des ingénieurs d'EDF qui venaient d'achever, ou avaient en construction, un grand nombre de barrages. L'expertise géologique fut renouvelée et

approfondie (Goguel, 1960). Il en est résulté un réexamen de la structure et du site de beaucoup de barrages-voûtes, du renforcement d'un certain nombre et de la démolition d'autres, jugés peu sûrs et l'abandon de certains projets.

Les progrès de la science des barrages : deux disciplines nouvelles

Les travaux détaillés sur les assises des barrages ont conduit tant en France qu'à l'étranger au développement de sciences appliquées à l'étude des roches, au laboratoire ou *in situ* en tranchée ou en sondage et aux écoulements d'eau dans les massifs rocheux. Deux disciplines quasiment indissociables, **la mécanique des roches et l'hydraulique souterraine** sont nées de ces études.

La création du Comité technique permanent des barrages (CTB)

Une des conséquences de la catastrophe de Malpasset fut la création en 1966 du Comité Technique Permanent des Barrages (CTB) composé d'ingénieurs des Ponts et Chaussées, de géologues, d'experts de tous les domaines relatifs aux barrages (fondation, structures, vannes, béton...) nommés par les Ministères de l'Énergie et de l'Environnement. Il fait des recommandations qui ont une force contraignante. Tout projet de barrage de plus de 20 m de haut, quel qu'en soit l'opérateur, doit être examiné au niveau de l'avant-projet sommaire à la conception puis au niveau de l'avant-projet détaillé, ainsi que lorsque des problèmes apparaissent dans la construction ou le vieillissement de l'ouvrage. Ils font l'objet d'une visite décennale.

La modélisation d'écoulements paroxysmaux

L'exemple de Malpasset où l'on disposait de repères temporels et altitudinaux relatifs à la progression de l'onde dévastatrice a conduit à des modélisations informatiques d'écoulements extrêmes dans des chenaux. Ces travaux ont pour but de fournir des évaluations sur les mécanismes de crues et d'inondations subites résultant de facteurs naturels (pluies torrentielles, tsunamis) ou artificiels comme des ruptures d'ouvrages (barrages, digues). Ils conduisent, suivant les sites et leur peuplement, à des recommandations pour leur gestion et leurs conséquences humaines, (Lumbroso *et al.*, 2011*).

La cyndinique ou science des des catastrophes

Développée à la suite de grandes catastrophes naturelles ou technologiques, elle conduit pour les sites sensibles, naturels ou industriels à diverses actions rassemblées dans les PPI (Plans Particuliers d'Intervention) qui sont sous la responsabilité du Préfet : étude de causes possibles, des périmètres potentiellement affectés, information des populations, dispositifs de gestion, d'alerte et de secours.

LE LAC ET LE BARRAGE DE SAINT-CASSIEN (OU DU BIANÇON)

Étudié à la fin des années 40, en même temps que celui de Malpasset, l'aménagement de St-Cassien fut écarté au profit du premier pour des raisons essentiellement budgétaires. Ils furent réalisés à 10 ans d'intervalle dans des sites comparables, mais avec des objectifs devenus différents, celui de St-Cassien devenant viable par la dérivation d'une partie des eaux de la Siagne (fig. 6). Il était

donc intéressant de comparer les deux aménagements. Les deux barrages sont de conceptions différentes, St-Cassien témoignant des progrès de la science des barrages accomplis en 10 années et des leçons de la catastrophe de Malpasset :

- Malpasset (1952-1954) réalisé par le Génie Rural, est un barrage-voûte très mince de 60 m de haut, sans voile d'étanchéité avec une vanne de vidange de 50 m³/s, qui s'est révélée insuffisante. La retenue était de 50 millions de m³ et le volume utile de 24,4 millions de m³.
- St-Cassien (1962-1966), réalisé par EDF, est un barrage en enrochements à noyau étanche de 66 m de haut et de 400 m de long à la base, avec voile d'étanchéité continu de 400 m de de long et de 35 à 65 m de haut, et une vidange de fond de 100 m³/s, plus 20 m³/s par la galerie usinière (fig. 13). St-Cassien bénéficie d'un apport moyen extérieur de 170 millions de m³ par la Siagne, alimentée par des sources vauclusiennes pour un apport naturel de 30 millions de m³ par le Biançon. La retenue a un volume de 60 millions de m³ dont 30 millions de m³ utiles (Perrot et Baldy, 1964).

St-Cassien est un aménagement à buts multiples : fourniture d'eau au Var et aux Alpes-Maritimes, écrêtement des crues, enfin production électrique en heures pleines (chute de 110 m pour un débit de 20 m³/s). Il alimente désormais le SE du Var par gravité (fourniture de 2200 l/s), les deux plans d'eau étant étagés (fig. 6). Enfin, c'est un écrin vert, dans le moyen arrière-pays, lieu important d'activités touristiques de nature. Depuis sa création « *l'indispensable lac de St-Cassien* », accessible par une sortie proche de l'autoroute A8, est devenu le levier économique de la communauté de communes de Fayence.



Fig. 13 : Barrage en enrochements et lac de de St-Cassien.
Wikimedia Commons, photo Royonx.

EPILOGUE

La problématique de l'eau dans le SE du Var : l'intermède de Malpasset

Le rôle de la Siagne et de ses affluents (Siagnole, notamment) apparaît à plusieurs reprises dans l'histoire locale depuis l'aqueduc romain jusqu'à nos jours.

Après une période critique faisant suite à la catastrophe, les communes du SE du Var se sont tournées vers d'autres ressources disponibles : anciens et nouveaux forages, traitement des eaux de l'Argens, retour sur la scène de la Siagnole. Elles ont bénéficié ensuite, à partir de 1966, de l'eau du lac de St-Cassien. En 2000, ces ressources (irrigation plus eau potable) représentaient deux fois le potentiel de Malpasset (3200 l/s contre 1600 l/s ; Valenti et Bertini, 2019). **Alors pourquoi Malpasset, au remplissage pluvial aléatoire ?** Alors que plus au Nord des sources permanentes pouvaient alimenter, à l'époque, le bassin du Bas-Argens comme le bassin cannois. En fait l'utilité de ce barrage avait fait l'objet de polémiques dès le stade du projet, amplifiées par son remplissage incertain (Paris-Match, 1959-2019*).

Enfin ces dernières années le canal Verdon - St-Cassien - St-Maxime et sa branche littorale, ainsi que de nouveaux forages dans les plaines littorales sont venus sécuriser les besoins en eau toujours croissants de la région en pleine expansion démographique et touristique.

Le géosite de Malpasset, géotourisme et lieu de mémoire

Le site reconquis par la végétation, traversé par le GR21, est facilement accessible par l'autoroute A8, puis par la D37. Devenu emblématique de la géologie de l'Estérel, il fait l'objet de très nombreuses excursions de la part de randonneurs, d'associations géologiques, de classes de collèges et de lycées et d'universités françaises comme étrangères.

Il permet en effet d'effectuer des observations géologiques de premier ordre : orthogneiss du socle métamorphique du Tanneron et leur déformation impressionnante; Houiller du Reyran avec des vestiges d'anciennes exploitations ; Permien à alternances volcaniques et sédimentaires. Enfin, on pourra observer quelques unes des arches de l'aqueduc romain.

Un parcours signalétique, en cours d'installation, fournira des informations géologiques et techniques, renforçant ainsi l'attractivité du site.

Mais c'est aussi et surtout un lieu de mémoire où les imposantes ruines du géant foudroyé (fig. 14) avec la gigantesque brèche de la rive gauche et les blocs cyclopéens dispersés à son aval (fig. 15) sont désormais les seuls témoins du drame. Ils conduisent à s'interroger sur la complexité de la nature et le défi et les certitudes de l'homme qui veut la modifier à son profit.

Les leçons de deux catastrophes

La catastrophe de Malpasset, comme celle du Vajont, ont eu une résonance mondiale. Elles ont conduit les gouvernements du monde entier à introduire



Fig. 14 : Ruines du barrage de Malpasset avec brèche correspondant à la destruction de sa partie gauche et de la culée. Wikimedia Commons, photo Royonx.



Fig. 15 : Blocs «cyclopéens » transportés en aval du pont de l'Autoroute, à 2 km en aval du barrage. Photo Gilbert Mari.

de nouvelles réglementations et sont considérées comme les évènements fondateurs de nouvelles disciplines géologiques regroupées dans l'**ingénierie géologique**. De plus elles ont permis une approche de la prévision et du traitement des catastrophes.

Dans les deux exemples traités il faut insister désormais sur le facteur humain. On notera la foi dans la technologie et l'obstination des responsables et leurs réactions surprenantes alors que les situations devenaient incontrôlables.

La formation des ingénieurs-géologues doit se baser sur les progrès des connaissances techniques qui cependant ne doivent pas prendre le pas sur l'expérience du terrain (Antoine, 2006). L'expérience individuelle et col-

lective doit aussi se forger à partir des retours d'expérience : catastrophes récentes, comme du passé, malheureusement dramatiques, ou en devenir comme par exemple, La Clapière (St-Etienne-de-Tinée, Alpes-Maritimes).

La catastrophe du Vajont : la folie des hommes

La catastrophe du Vajont, survenue le 9 octobre 1963, est un autre exemple classique de catastrophe liée aux barrages, d'ailleurs souvent évoquée à propos du barrage de Malpasset (d'après Roubault, 1970 * ; Wikipedia, (2006...*) ; Genevois et Ghirrotti, 2005*). Le barrage du Vajont de 261 m de haut, hauteur exceptionnelle pour un barrage-voûte, construit de 1956 à 1960, barre l'étroite gorge du Piave en amont de Longarone, au Nord de Venise.

Outre sa plus grande ampleur, **plus de 2100 victimes**, cette catastrophe se distingue de celle de Malpasset par une origine géologique très différente et par ses causes humaines et organisationnelles mieux cernées. Sa cause est l'effondrement ultra-rapide (70 km/h) dans la retenue du barrage, alors près de sa cote maximale, d'un pan important (260 millions de m³) du versant de la rive gauche, le Mont Toc (fig. 12). Il



Fig. 12 : Catastrophe du Vajont. La masse glissée à rempli en partie le lac de retenue, le scindant en deux parties ; le barrage-voûte est resté intact.
Wikimedia Commons, photo VENETO1.

provoque une vague de 150 m de haut qui passe par dessus le barrage, s'engouffre dans la gorge et détruit la ville de Longarone et ses alentours. Ici le barrage, d'ailleurs renforcé à la suite de la catastrophe de Malpasset, n'est pas impliqué et résiste au passage de la vague. Le versant avait présenté par le passé des signes d'instabilité et des effondrements d'ampleur limitée et l'on craignait qu'il ne s'effondrât à nouveau dans le lac. De plus ce cas pouvait rappeler des catastrophes du passé, comme l'effondrement de grande ampleur (40 millions de m³) de Goldau, canton de Schwytz, en Suisse, qui en 1806 fit 457 victimes et déclencha un tsunami dans le lac de Lauerz.

Les causes humaines ne concernent ici qu'un groupe humain restreint : une puissante société privée de production hydroélectrique, la SADE, Etat dans l'Etat, cultivant le secret, devait être nationalisée et il importait que ses installations fussent livrées à leur valeur économique optimale, d'où un remplissage maximal de la retenue.

L'obstination des directeurs et ingénieurs de la société, leur foi dans la technologie et les modélisations, qui conduisaient à considérer un effondrement potentiel comme mineur, le rejet des avertissements des géologues et des « cassandres » ont conduit à la catastrophe. La prise en compte de signes précurseurs inquiétants, qui se sont manifestés plusieurs jours à l'avance (arbres couchés, séismes, fractures), rendaient la catastrophe inéluctable. Elle aurait dû conduire à une évacuation et éviter ainsi les pertes humaines. Un film au titre évocateur « *La folie des hommes* » relate ce tragique événement. A la suite de cette catastrophe, l'EDF a pris en compte l'aléa glissement de terrain et a étudié les versants d'un certain nombre de retenues de ses barrages.

« *Le problème des techniciens, c'est qu'ils font trop confiance à la technique, un petit doute leur ferait du bien ; un doute philosophique, un doute moral.* »

M. Pancini, responsable des travaux du barrage du Vajont.

Remerciements

Je remercie vivement Pierre Duffaut pour la communication d'informations inédites sur le barrage de Malpasset. Je remercie également Chantal Crevola et Gilbert Mari pour leurs relectures et leurs remarques.

Bibliographie

- ANTOINE P.** (2006) - Le rôle du géologue dans l'étude des projets de barrages. *Géologues*, 145, p. 39-43.
- BELLIER J.** (1967) - Le barrage de Malpasset. *Travaux*, 389, p. 3-63.
- BERNAIX J.** (1967) - Etude géotechnique de la roche de Malpasset. *Dunod édit.*, 215 p.
- BORDET P., MENNESSIER G., NESTEROFF W.** (1966) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Fréjus-Cannes, 1^{re} édition. BRGM. Notice explicative par Bordet *et al.*, (1966), 16 p.
- CARRÈRE A.** (2010*) - Les leçons de Malpasset, leur application aux projets de barrages d'aujourd'hui. *Revue Française de Géotechnique*, 131-132, p. 37-52.
- CORROY G., GUEIRARD S.** (1956) - L'alimentation en eau de la région orientale du département du Var et le barrage de Malpasset, près de Fréjus. Etude géologique. *Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université d'Aix-Marseille*, V, p. 103-126.
- CREVOLA G.** (1977) - Etude pétrographique et structurale de la partie orientale du massif de Tanneron (Provence cristalline). *Thèse de 3^e cycle, Univ. Nice*, 355 p.

DARDEAU G., DUBAR M., COURME M.D., CREVOLA G., IRR F., MANGAN C., TOUTIN-MORIN N. (2013) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Grasse-Cannes, 2e édition. BRGM. Notice explicative par Dardeau *et al.*, (2013), 150 p.

DUFFAUT P. (2010*)- Malpasset, la seule rupture totale d'un barrage-voûte. *Revue Française de Géotechnique*, 131-132, p. 5-18.

DUFFAUT P. (2010*) - Cinquantenaire de la rupture des fondations et du barrage de Malpasset (Var). *Travaux du Cofrigeo*, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00913866>, p. 201-224.

DUFFAUT P. (2013*) - The traps behind the failure of Malpasset arch dam, France, in 1959. *J. Of rock mechanics and geotechnical engineering*, 5, p. 335-341.

DUFFAUT P., LAROUZÉE J. (2019) - Geology, engineering and humanities : three sciences behind the Malpasset dam failure (France, 2 December 1959). *Quarterly J. Of Engineering Geology and Hydrology*, 52, p 445-458.

GOGUEL J. (1960-2010*) - Rapport géologique. *Revue Française de Géotechnique*, 131-132, p. 25-36.

GEBELIN A. (1999) - Etude pétrostructurale des massifs du Tanneron et des Maures orientales – Rôle des zones de cisaillement ductile dans l'histoire de ce segment varisque. *DEA Université de Montpellier II*, 70 p.

GENEVOIS R., GHIROTTI M. (2005*) - The 1963 Vajont Landslide. *Giornale di Geologia Applicata*, 1, p. 41-52.

GUGLIELMI Y. (1988) - Cartographie et étude structurale du secteur de Malpasset (Tanneron occidental). *DEA, Université Bordeaux 3*, 61 p.

HABIB P. (2010*) - La fissuration des gneiss de Malpasset. *Revue Française de Géotechnique*, 131-132, p.19-22.

LAROUZEE J., DUFFAUT P., GUARNIERI F. (2014*) – La catastrophe du barrage de Malpasset à l'épreuve des facteurs organisationnel et humain. *Travaux du Cofrigeo*, <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01044413>.

LUGEON M. (1935) - Barrages et géologie . Méthodes de recherches, terrassement et imperméabilisation. *Presses de l'Université de Lausanne*, 137 p.

LUMBROSO D., SAKAMOTO D., JOHNSTONE W., TAGG A., LENCE B. (2011*) - Development of a life safety model to estimate the risk posed to people by dam failures and floods. *Dams and Reservoirs*. 21 (1). p. 31-43.

PARIS-MATCH (1959-2019*) - *Archives de Paris-Match* : Malpasset, qui fit rire, qui fit peur, qui tua.

PERROT M., BALDY P. (1964) - le barrage de St-Cassien. *Travaux*, avril 1964, p. 1-12.

REASON J. (1990, éd. Franc. 2013) - L'erreur humaine, *Presse des Mines, Economie et gestion*, 404 p.

ROUBAULT M. (1970) - Peut-on prévoir les catastrophes naturelles ? *PUF*, 173 p.

TOUTIN-MORIN N., BONIJOLY D., BROCARD C., BROUTIN J., CREVOLA G., DARDEAU G., DUBAR M., FERAUD J., GIRAUD J.D., GODEFROY P., LAVILLE P., MEINESZA. (1994) – Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Fréjus-Cannes, 2^e édition. BRGM. Notice explicative par Toutin-Morin *et al.* (1994), 187 p.

VALENTI V., BERTINI A. (2003, réédité en 2019) - Barrage de Malpasset. De sa conception ...à sa rupture. *Editions du Lau*, 231 p.

Catastrophe de Malpasset :

Blog «Pays de Fayence», (2019) - <https://paysdefayence.blogspot.com/search/label/Malpasset>
https://www.pebrier.com/param/Fonctions/Saint%20Aygulf/saint_aygulf_Malpasset.php

Catastrophe du Vajont :

<https://damfailures.org/case-study/vajont-dam-italy-1963/>
https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/A23607_ips23607_001.pdf

Les ouvrages de M. Roubault et de V. Valenti et A. Bertini peuvent être consultés dans les médiathèques de Nice et Fréjus. L'ouvrage de V. Valenti et A. Bertini peut être consulté dans les médiathèques d'Antibes, Cannes et St-Raphaël.