



LA GÉOLOGIE DU SITE DU REYRAN

Le lit du Reyran est un rift avorté, autrement dit une cassure de la croûte continentale provoquée par un phénomène d'extension de l'écorce terrestre qui eut lieu, il y a plusieurs centaines de millions d'années, lors de la séparation du supercontinent nommé la Pangée. Toute la longueur du Reyran est ainsi coupée par de nombreuses failles profondes qui affectent le massif.



Rive du Rift du Rayran avec la présence de failles (Schéma de G. Castanier et JM. Masset, ingénieurs géologues).

Par ailleurs, les affleurements du Reyran sont composés de pegmatites (micas, feldspaths et quartz) et de gneiss, qui est une roche dite métamorphique. Cette roche est foliée, c'est-à-dire composée de lits sombres composés de paillettes de micas noirs et blancs argentés (dont la séricite), et de lits clairs qui sont associés

aux feldspaths et au quartz. Cette foliation indique la fracturation intense qui a affecté le massif rocheux et son altération hydrothermale.

Ainsi, sur l'ensemble du lit du Reyran, le massif gneisseux se découpe en blocs indépendants, à la manière d'une palette de parpaings. Ces éléments, causant la porosité élevée du gneiss du site, constituent l'un des paramètres géotechniques défavorables ayant conduit à la rupture du barrage de Malpasset.



Vue aérienne du barrage et présence des principales failles (Schéma de G. Castanier et JM. Masset, ingénieurs géologues).



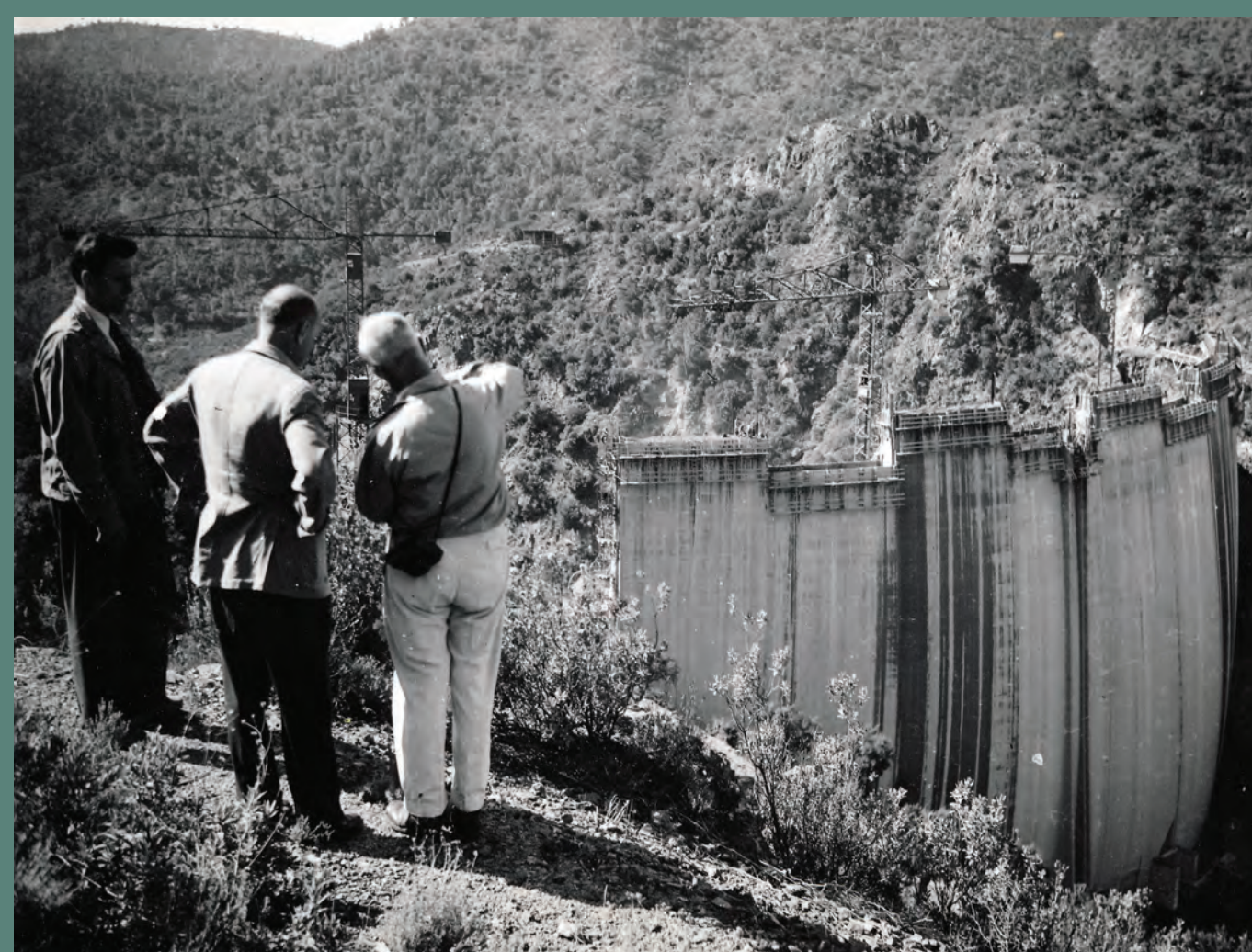
TYPOLOGIE DES BARRAGES

Les barrages peuvent avoir des formes et des compositions variées afin de s'adapter à la singularité de chaque site.

- **Les barrages en remblai** (ex. barrage de Saint-Cassien, de Serre-Ponçon) sont des ouvrages de grand volume, mis en place dans des vallées souvent larges, et obligatoires quand la fondation n'est pas rocheuse. Ils sont constitués d'enrochements ou de terres. L'étanchéité est apportée par un noyau d'argile ou un masque amont en béton.

- **Les barrages poids en béton** sont généralement d'une forme triangulaire dans une coupe verticale amont-aval. Leur seul poids doit suffire à contenir la poussée de l'eau.

- **Les barrages voûtes en béton** (ex. barrage de Malpasset, de Sainte-Croix) sont souvent minces et ne nécessitent qu'une faible quantité de béton. Ils résistent à la poussée de l'eau par leurs effets d'arc, car ils s'arc-boutent sur les appuis rocheux de la vallée, et par leurs effets de consoles. La fondation et les appuis doivent être d'une excellente qualité.



Barrage de Malpasset en construction (Cl. Coyne et Bellier).

- **Les barrages mixtes** (poids-voûtes et voûtes épaisses) doivent leur stabilité à la fois par leur poids et par leur appui sur les flancs rocheux de la vallée.

- **Les barrages en béton à contreforts** ont des éléments supplémentaires qui permettent de réduire le volume total de béton.

- **Les barrages en béton compacté au rouleau (BCR)** forment la dernière génération de barrages. Ils sont construits par couches de 30 cm, comme les barrages en remblai mais, leur faible teneur en ciment exige une fondation rocheuse importante.



Lac du barrage de Malpasset en 1959 (©Archives municipales de Fréjus).



LA CONSTRUCTION DU BARRAGE DE MALPASSET

Les barrages voûtes suivent une mise en œuvre particulière. Ils sont construits par plots indépendants, séparés par des joints secs, qui peuvent s'élever à des vitesses différentes. Une fois les plots terminés, le chantier est suspendu quelques mois pour permettre au béton de se refroidir. Puis, par un système qui recoupe les joints, un coulis de ciment est injecté. Cette injection de clavage de la voûte est réalisée sous forte pression et transforme l'ensemble des « touches de piano » en une coque monolithique extrêmement résistante, bien appuyée sur les versants de la montagne.

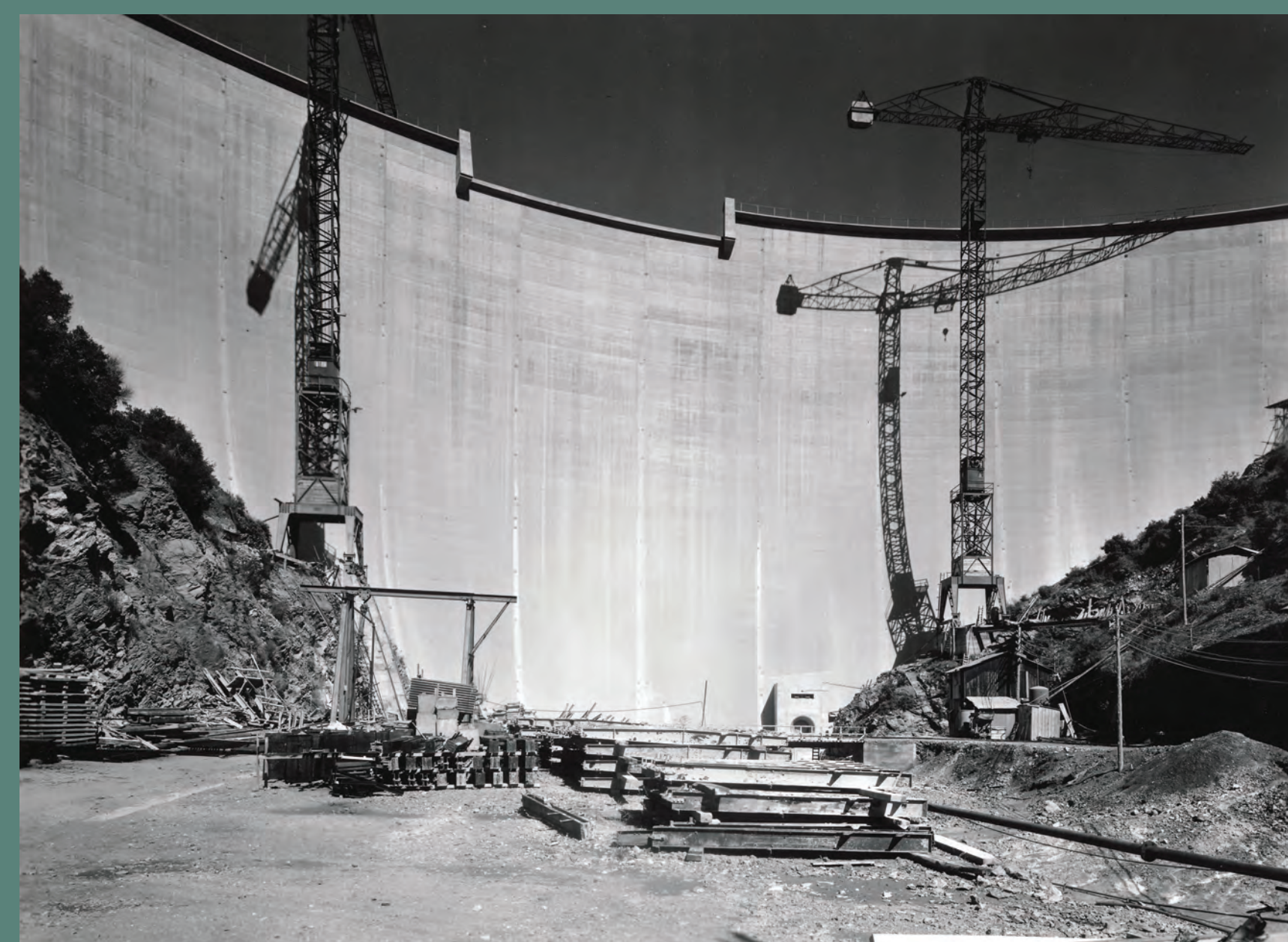
Les massifs rocheux sur lesquels sont construits les barrages voûtes sont donc décisifs car ils constituent à la fois la fondation et les appuis. Souvent peu visible, car masquée par les éboulis et la végétation, c'est cette partie naturelle qui assure la stabilité du barrage, et c'est chez elle que réside le plus grand risque. Elle doit donc être l'objet d'études particulièrement approfondies.

À Malpasset, des études géologiques préalables au projet de barrage ont été réalisées par le professeur Corroy. Cependant, pour des raisons économiques et techniques, la décision est prise de décaler l'implantation initialement proposée de 200 m en aval, à

un endroit où la vallée est plus étroite. Ce choix ne fera malheureusement pas l'objet d'études complémentaires.



(Cl. Coyne et Bellier).



(Cl. Coyne et Bellier).

ÉLÉMENTS TECHNIQUES

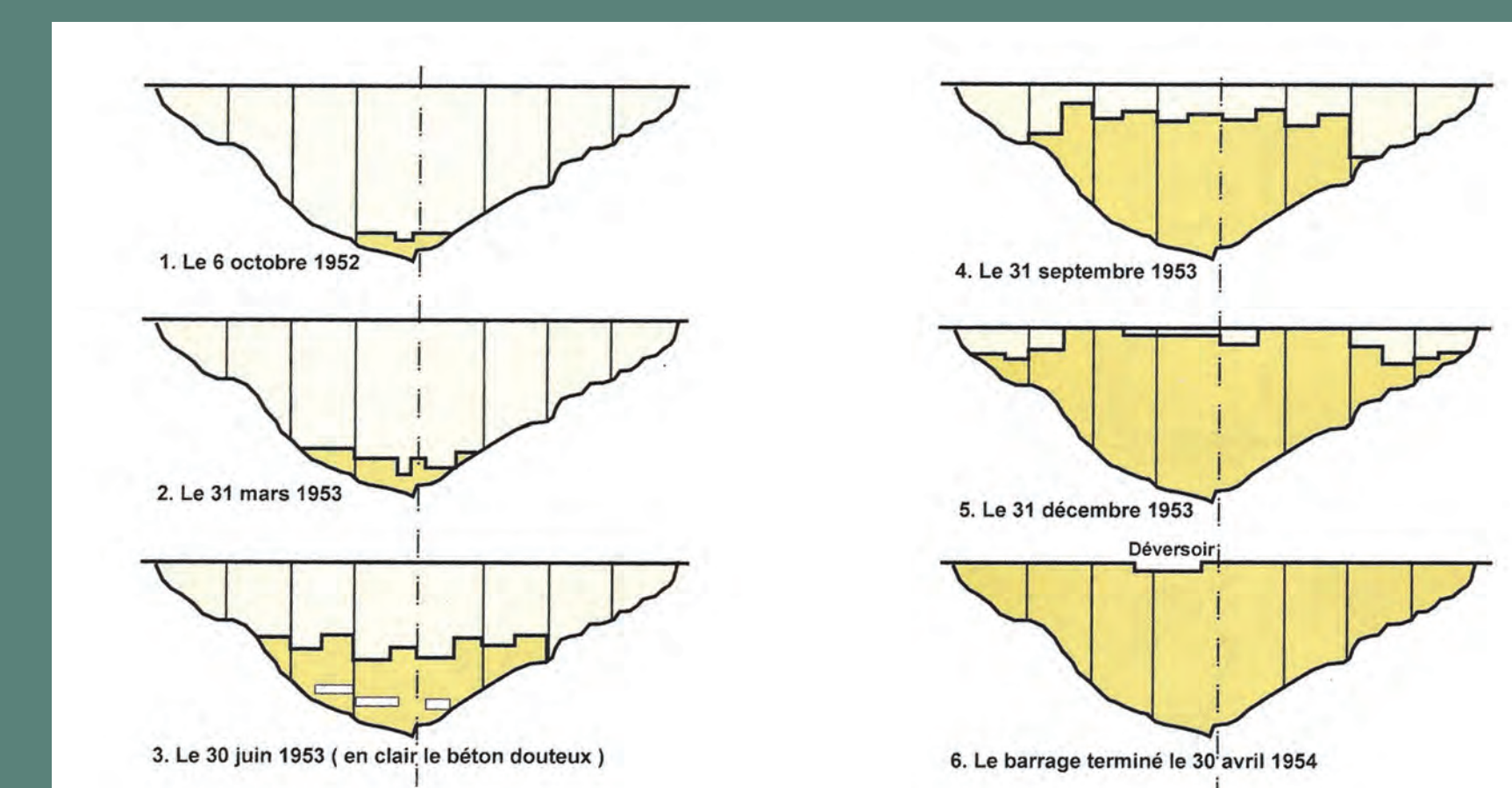
Hauteur: 59 m – correspondant à la cote 102,55.

Épaisseur à la base : 6,78 m.

Épaisseur en crête : 1,55 m, ce qui le classe au rang de barrage le plus mince d'Europe en 1954.

Développement en crête : 255 m.

Le lac de retenue : longueur 4 km, largeur maximale de 3,5 km, largeur moyenne de 2 km.



D'après le journal « Le Provençal ».

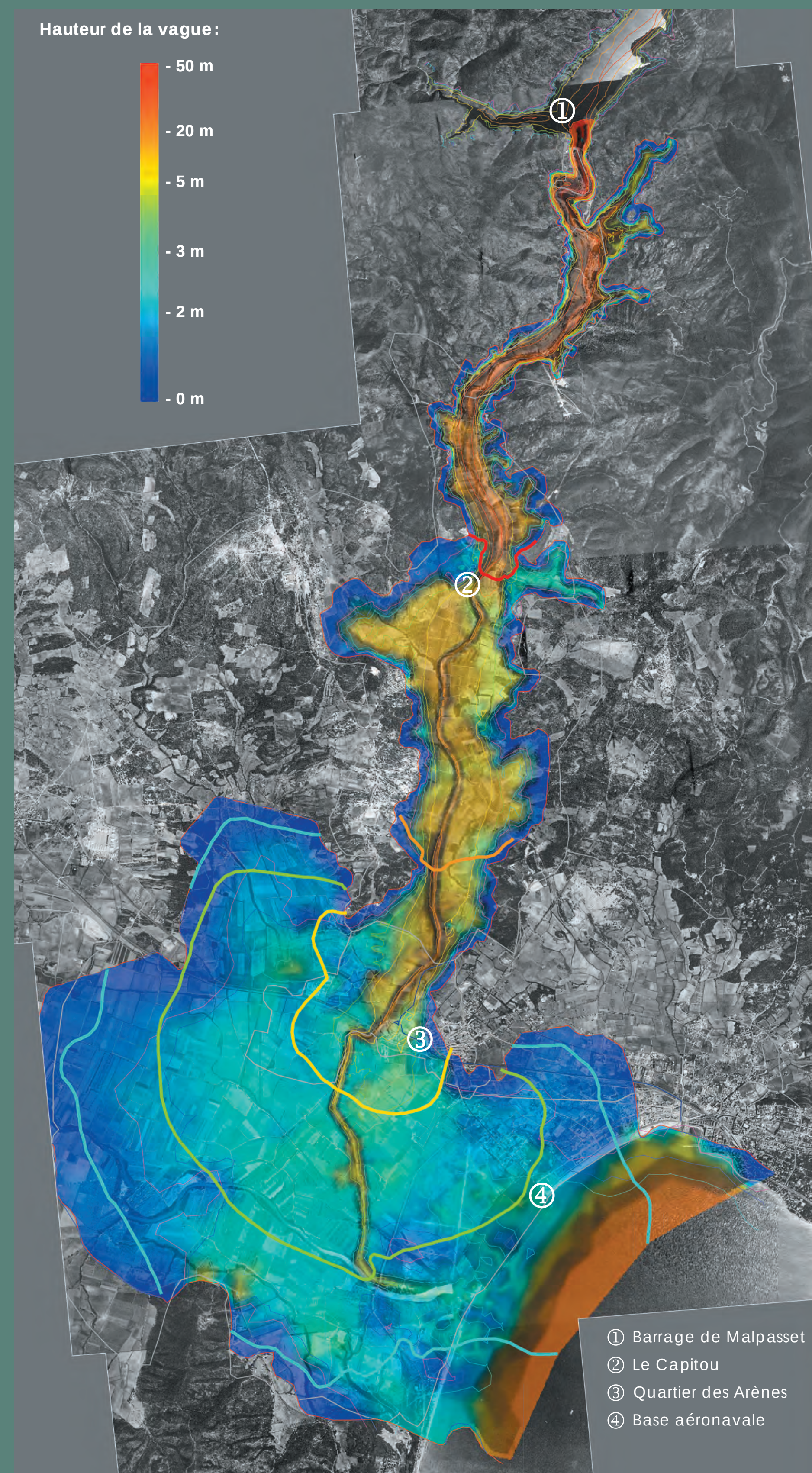
CHRONOLOGIE DU CHANTIER

Printemps 1952-printemps 1954: chantier réalisé par le groupe d'entreprises Léon Ballot et Gianotti Frères.

Automne 1954: début de la mise en eau.

Février 1955 et août 1956: réceptions provisoires. Pas de réception définitive, due à une mise en eau très lente.

CE QUE RACONTENT LES BLOCS ÉCHOUÉS



LA COURSE DRAMATIQUE DE LA VAGUE

21 h 13: rupture du barrage.
La ligne alimentant le transformateur près du barrage est rompue.

Le hameau de Boson est emporté par la vague.

21 h 15: par téléphone, une habitante de la plaine se plaint auprès de la Gendarmerie d'un bruit assourdissant.

21 h 17: EDF enregistre une baisse de tension liée à l'arrachage d'un pylône.

21 h 20: la vague atteint les premières fermes situées dans la Vallée du Reyran. La plupart sont dévastées.

21 h 24: la ligne électrique passant à l'entrée de Fréjus est rompue, ce qui engendre des coupures d'électricité et de téléphone.

21 h 30: alerte du Commandant de Compagnie de Gendarmerie par le planton.

La vague réduit la vallée rose en champs de boue.

21 h 33: un autorail arrivant de Nice est arrêté avant son entrée en gare de Fréjus.

21 h 40: le flot atteint le quartier des Arènes, l'avenue de Verdun et la rue Vadon, la zone la plus touchée du centre-ville.

21 h 45: l'eau envahit le quartier de Villeneuve puis de Fréjus Plage.

21 h 52: l'autorail Marseille-Nice est stoppé en pleine voie et se renverse dans la plaine de l'Argens le long de la Nationale 7.

21 h 54: une vague d'eau d'1 m de haut inonde la Base aéronavale et atteint la route de Saint-Ayulf.

22 h 00: alerte à la population de Fréjus à l'aide du Tocsin.

Cartographie de l'avancée de la vague et minutier. Données provenant de BC Hydra - Spatial Vision Group

Dans le lit du Reyran, gisent des blocs qui composaient le barrage. De tailles variables, ils sont en béton et portent l'empreinte des coffrages. De nombreuses tiges de fer, utilisées pour armer certaines parties de l'ouvrage sont également visibles.

Pour certains d'entre eux, se distinguent également sous forme de grandes marches d'escaliers les traces de fragments de roche du massif (gneiss et micaschistes), sur lesquels reposait le barrage. Ils s'agit donc des éléments de fondation et d'appui de l'ouvrage en rive gauche qui ont été expulsés au moment de la rupture.

Ces blocs de plusieurs centaines de tonnes sont visibles dans les premières centaines de mètres en aval du barrage, mais ont également été retrouvés à plus de 4 km, au Capitou, en dessous de l'actuel Pôle d'activités Jean-Louis... preuve de la force de la vague.



LES FACTEURS GÉOLOGIQUES ET GÉOTECHNIQUES DE LA RUPTURE

Ce point de vue permet de découvrir les vestiges du barrage de Malpasset. Il apparaît clairement que la rupture s'est produite au niveau de l'appui en rive gauche (à droite depuis ce point de vue), où l'ouvrage a totalement été emporté, alors que de nombreuses parties sont encore ancrées en rive droite (à gauche).

Suite aux nombreuses expertises et avec le recul de décennies d'analyses scientifiques, la rupture du barrage de Malpasset peut être expliquée, notamment, par trois facteurs concomitants.

Le premier facteur est d'ordre géologique. En rive droite, en amont du barrage, se distinguent nettement différents plans de fractures. Ce système de « failles normales » provient de la création géologique du rift. Toutefois, l'implantation du barrage ayant été décalée sans qu'aucune étude géologique complémentaire n'ait été commandée, l'ouvrage a malheureusement été positionné près de l'une de ces failles qui traverse de part en part le rift du Reyran.

Les deuxième et troisième facteurs sont d'ordre géotechnique. Du fait de sa porosité élevée, le gneiss du site est fragile et très déformable, ce qui a occasionné le décollement de la voûte dès la base de sa fondation.

Ce décollement a généré un phénomène mal connu jusqu'alors, celui des sous-pressions qui apparaît lors de la mise en eau d'un barrage. Si les fondations sont mal drainées, la pression de l'eau

s'infiltrant en sous-sol peut exercer une force ascendante (poussée d'Archimède) qui tend à soulever le terrain au pied du barrage : il s'agit du troisième facteur.

La grande déformabilité du gneiss, le basculement de la voûte ainsi que la réduction de perméabilité du terrain qu'il entraîne, n'ont pu être déterminés qu'à la suite de cette catastrophe.



- ① Le plan aval correspond aux tracés d'une faille normale.
- ② Le plan amont illustre le déchirement de la roche, par traction.

Implantation du dièdre de rocher expulsé.

LE MÉCANISME DE LA RUPTURE

Ce triple facteur a conduit à la rupture en rive gauche. En effet, lorsque la mise en eau a été effectuée, les appuis du barrage sous la poussée de l'eau se sont déformés et la voûte a légèrement basculé vers l'aval, comprimant son pied et se décollant à l'amont par traction. Parce à ce décollement, la pression de l'eau a été injectée dans la fondation. À l'aval, en l'absence de drains, le poids du rocher était insuffisant pour s'opposer à la force ascendante de l'eau.

Ceci explique qu'en juillet 1959, les ingénieurs mesuraient déjà un déplacement inquiétant de la voûte en béton, qui s'était soulevée d'un centimètre et demi. Puis des fuites d'eau sont apparues en rive droite et au pied du barrage en aval. Avec les fortes précipitations de la fin novembre, la pression de l'eau en rive gauche a fini par soulever puis éjecter un dièdre de rocher, correspondant à la présence et à l'orientation défavorable de la faille d'une part (plan aval du dièdre) et, d'autre part, à l'absence de résistance à la traction des lits micacés de la foliation du gneiss (plan amont du dièdre). L'ouvrage, privé de son appui en rive gauche, a alors effectué une rotation avant de se disloquer.

La rupture n'est donc pas due à une mauvaise qualité du béton de l'ouvrage, ni à sa conception, mais à une configuration géologique locale très défavorable pour un barrage voûte qui n'avait pas été prise en compte par la maîtrise d'ouvrage.

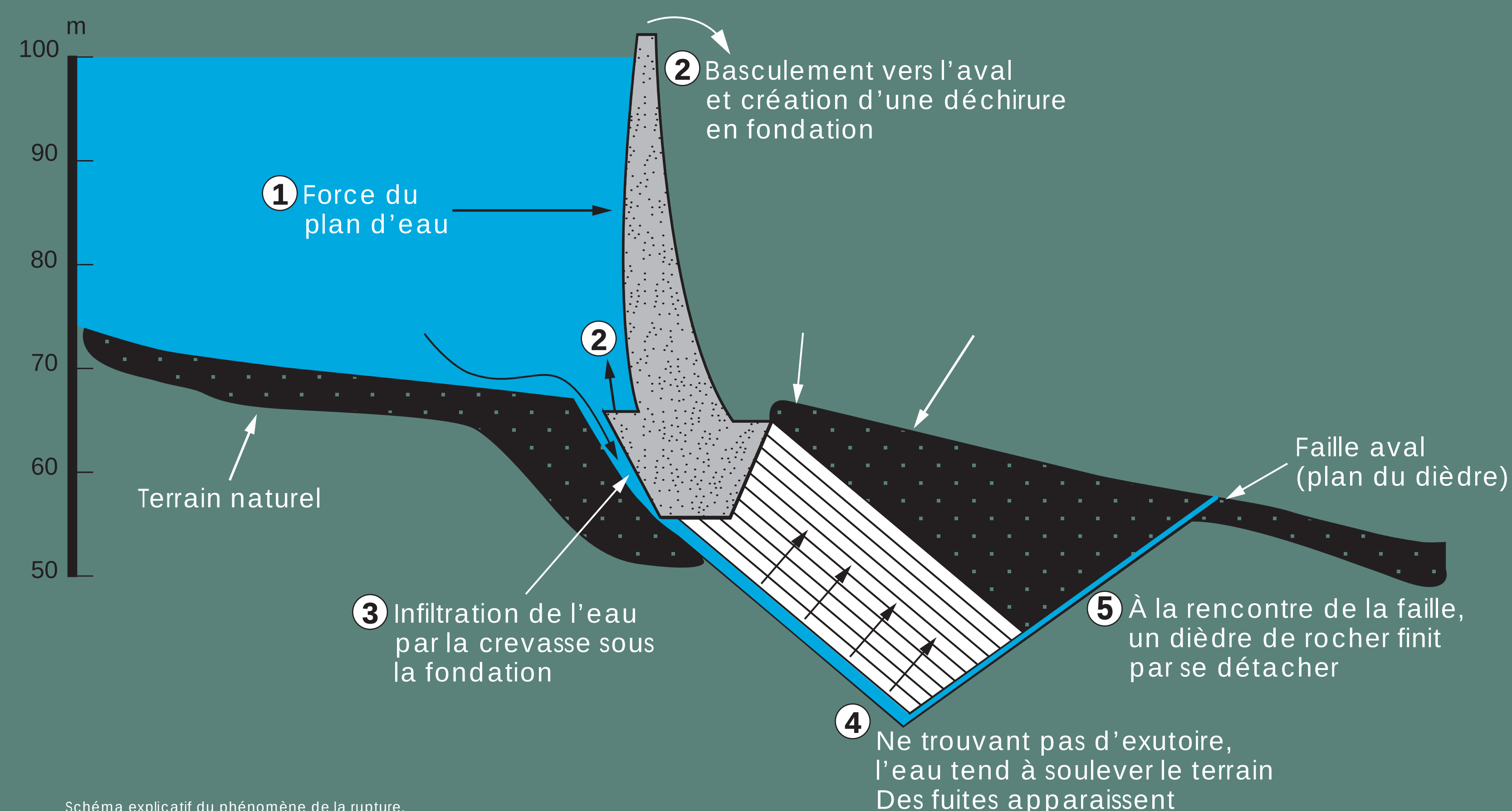


Schéma explicatif du phénomène de la rupture, réalisé par S. Peyri sur les données de G. Castanier et J.-M. Masset.