



AFTES



ASSOCIATION FRANÇAISE
DES TUNNELS ET DE
L'ESPACE SOUTERRAIN

TUNNEL DE DÉRIVATION DE LA TINÉE (1989- 1991) - SITE DU GLISSEMENT DE LA CLAPIÈRE

Présentation Journées Communes
AFTES - CFMS - CFMR - CFGI

Alain GUILLOUX - Terrasol
Jean-Louis DURVILLE - Ex LCPC
Jean Paul FOLLACCI - Ex CETE Méditerranée
Serge TERRAMORSI - Ex DDE 06

4 décembre 2025

SOMMAIRE

I. Présentation du projet

A. Contexte du glissement de La Clapière

B. Le projet de galerie de dérivation

II. Glissement de La Clapière : gestion d'un risque naturel majeur

A. Historique et auscultations

B. Solutions de réduction du risque

III. La galerie de dérivation de La Tinée

A. Le projet

B. Les travaux

IV. Synthèse et conclusions

Référence : article publié dans la RFG

Tunnel de dérivation de la Tinée (1989 – 1991) : Site du glissement de la Clapière

Alain GUILLOUX, Jean-Louis DURVILLE, Jean-Paul FOLLACCI, Serge TERRAMORSI

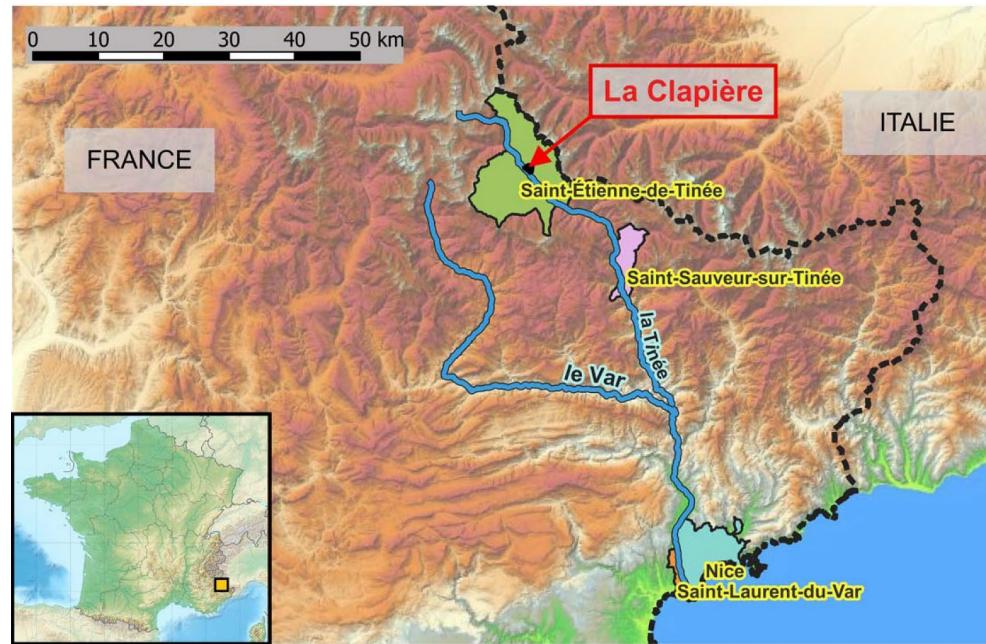
Rev. Fr. Geotech. 2025, 182, 5

A. CONTEXTE DU GLISSEMENT DE LA CLAPIÈRE

Le glissement de La Clapière

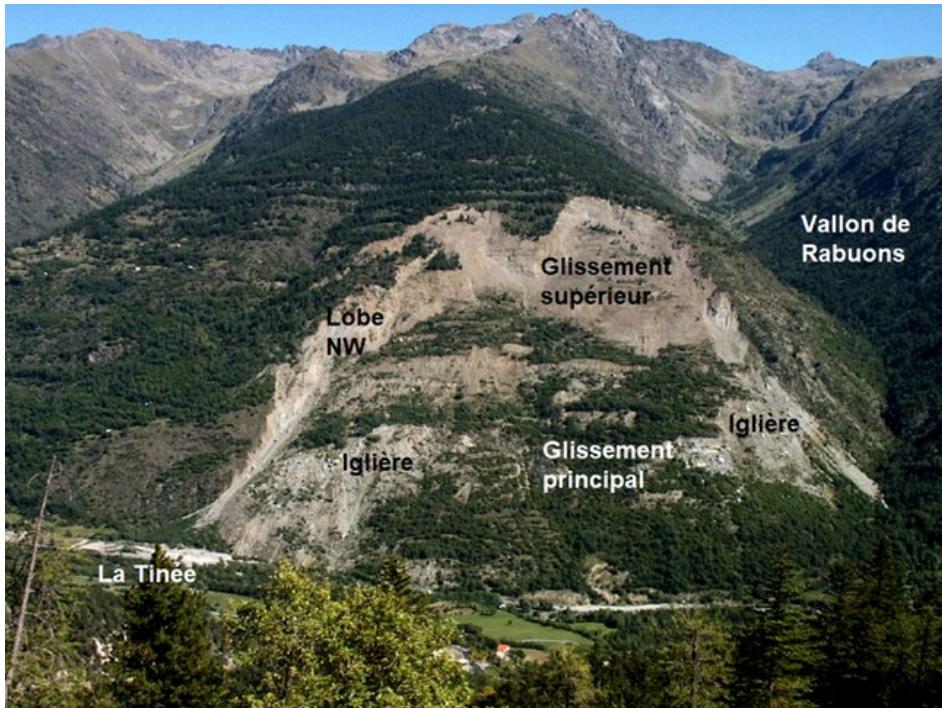
Un cas de risque naturel majeur,

- connu dès les années 1930
- mais dont l'évolution est devenue très préoccupante dans les années 1980



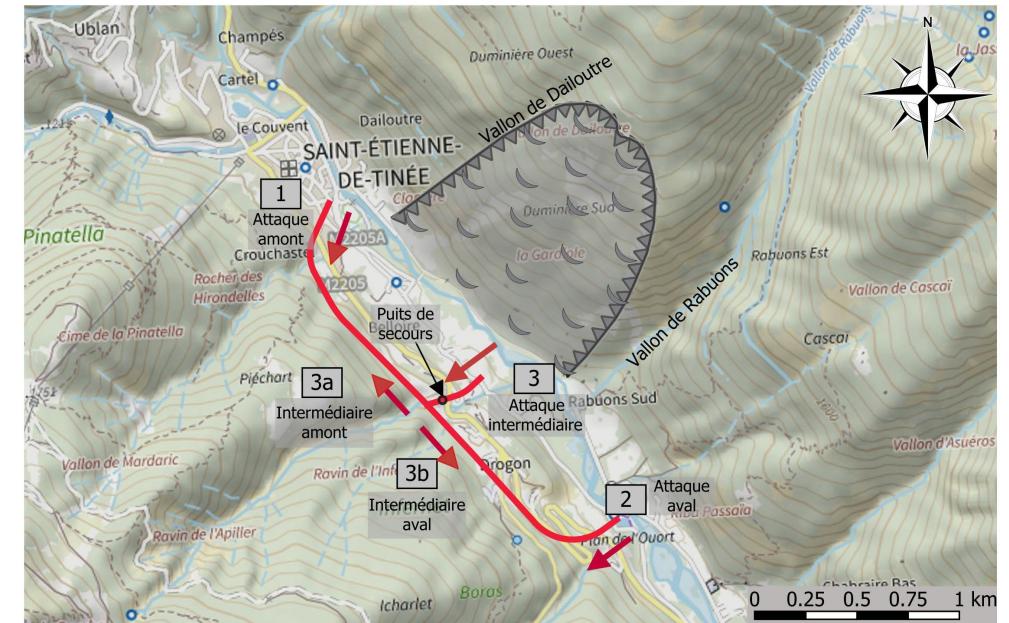
B. LE PROJET DE GALERIE DE DÉRIVATION

Pour éviter le risque de création d'un barrage naturel en cas de glissement brutal, de remplissage d'un lac derrière ce barrage, de rupture de ce barrage et d'inondation de toute la vallée...



... il a finalement été décidé de dériver la Tinée par une galerie sous le versant opposé,

Cette galerie a elle-même été une source d'aléas majeurs



A. HISTORIQUE ET AUSCULTATIONS

Géologie de la vallée

Massif de l'Argentera-Mercantour

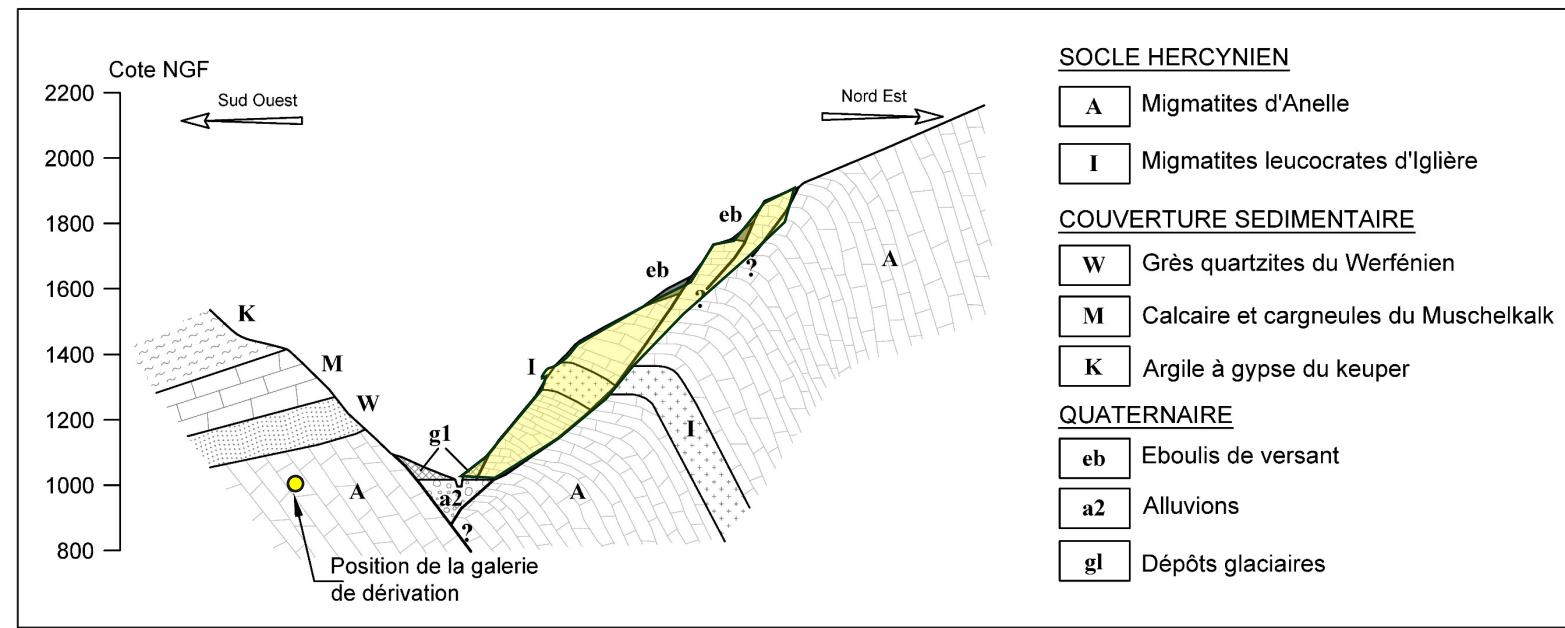
En rive gauche (glissement) : Formations métamorphiques du socle Hercynien

- Migmatites redressées
- Barre d'Iglière

En rive droite (galerie) : socle Hercynien surmonté de formations sédimentaires

- Grès quartzites du Werfénien
- Calcaires et cargneules du Muschelkalk
- Argile à gypse du Keuper

+ éboulis de pente et formations fluvio-glaciaires



A. HISTORIQUE ET AUSCULTATIONS

Géologie du glissement

Tectoniques hercynienne et alpine

- Foliation hercynienne « rentrante » 60-80°NE
- Failles de cisaillement alpine
- Deux directions de failles majeures N10-20° et N60-90°

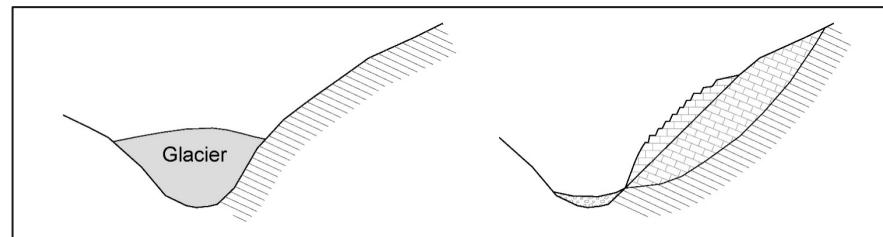
Hydrogéologie

- Massif rocheux fracturé
- Précipitations (1000 mm/an) et fonte des neiges aquifères

temporaires \rightarrow infiltration et percolation \rightarrow déstabilisent le glissement

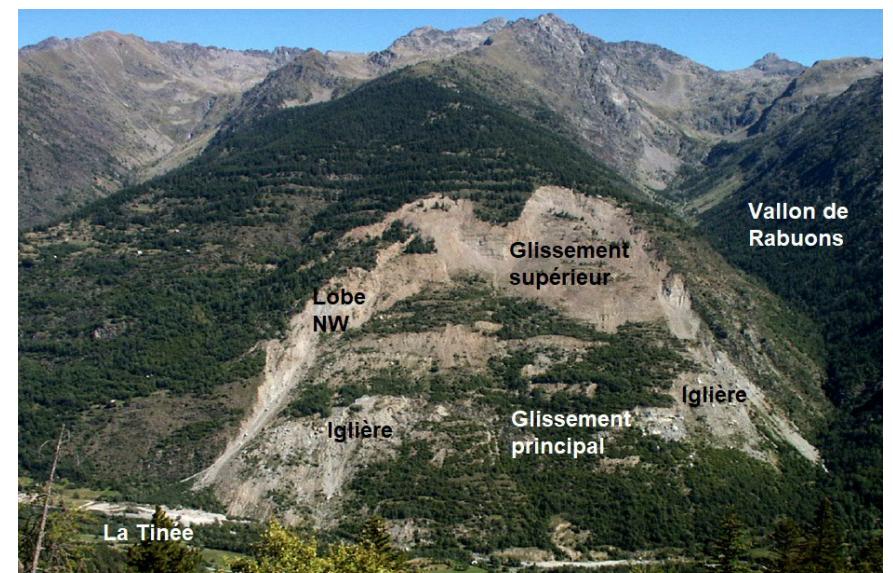
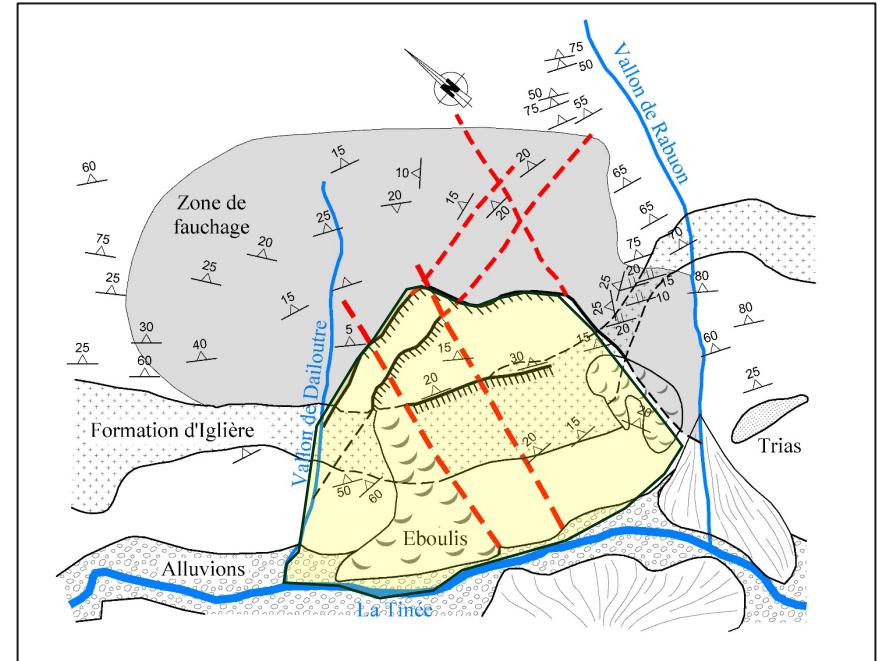
Glissement

- Lié au retrait des glaciers Würmien (- 10 000 ans)
- Fauchage
- Déstructuration, altération, ouverture des joints



Glissement d'environ 1.2 km², sur 50 à 100 m d'épaisseur

entre altitudes 1100 et 1800 m \approx 50 millions de m³



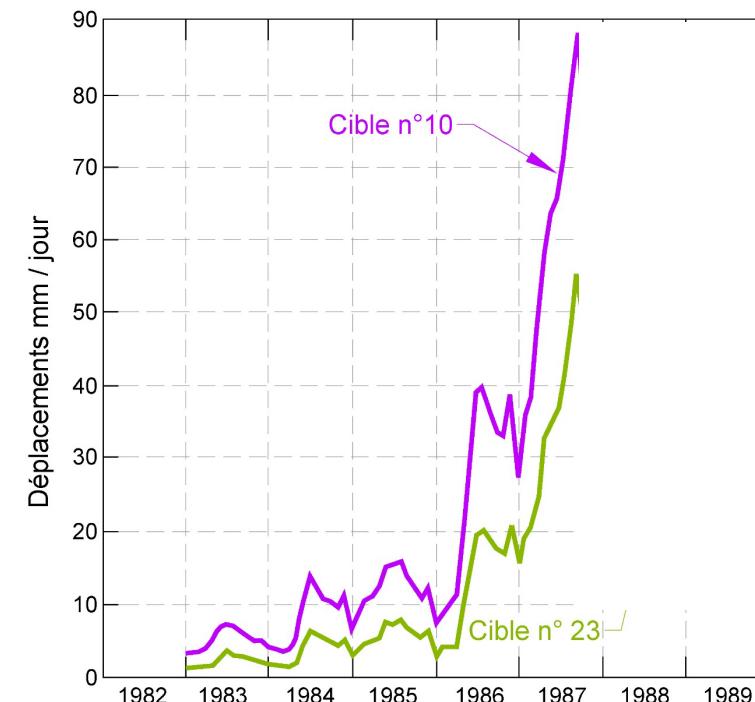
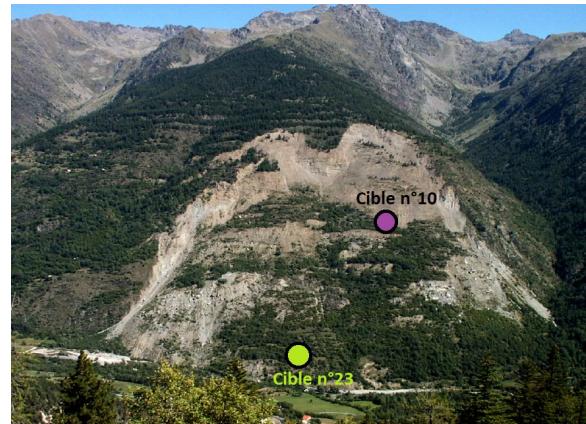
A. HISTORIQUE ET AUSCULTATIONS

Historique des mouvements

- Années 1930 : premières traces historiques - escarpement de 10 m en crête
- Années 1950 : fortes évolutions avec plusieurs lobes
- Années 1970 : mouvements de + en + préoccupants pour les aménagements et les habitants



- Années 1980 : mise en place d'une auscultation, d'abord « manuelle » puis de plus en plus automatisée
- ➡ **Inquiétude majeure en 1986 - 1987 :**
accélération jusqu'à 5-10 cm /jour



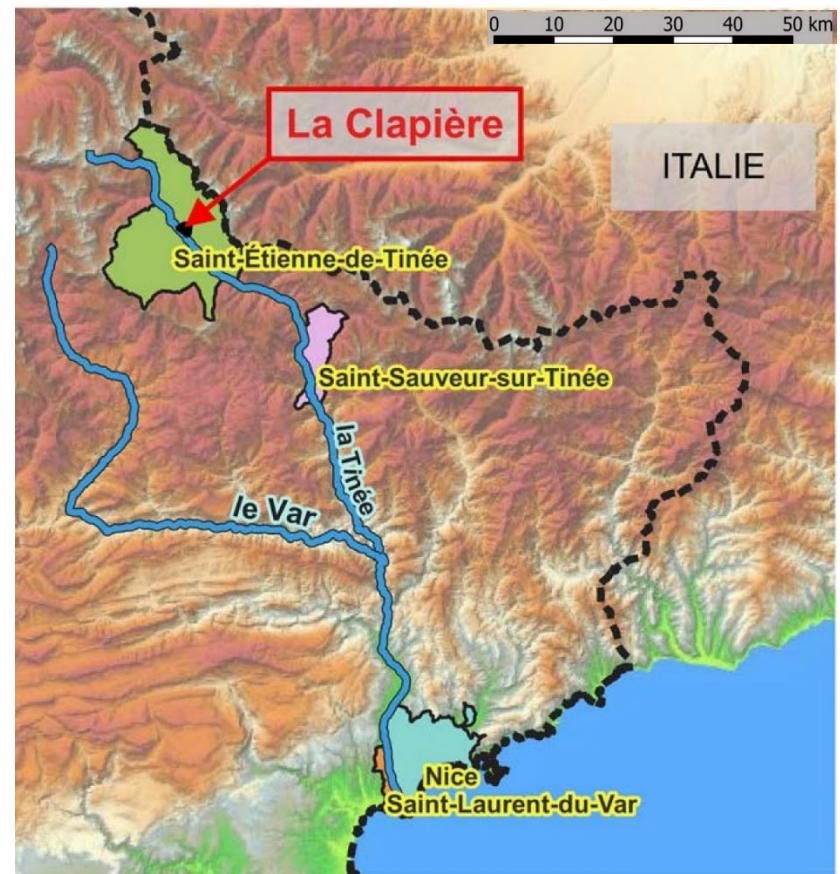
A. HISTORIQUE ET AUSCULTATIONS

Historique des mouvements : scénario envisagé à l'époque

- Décrochement rapide du versant
- Formation d'un barrage dans la vallée
- Formation d'un lac derrière le barrage → inondation du village en amont
- Rupture du barrage et/ou érosion par déversement en crête
- Onde de crue avec dégâts considérables dans la vallée en aval sur qq 10km

Cf glissement du Val Pola en Italie en 1987 :

- glissement de 36 Mm³
 - barrage de 120 m
 - lac de 20 millions de m³ en un mois
- Plusieurs villages détruits, 28 victimes



Renforcements du suivi à partir de 1987

- Auscultation automatisée
- Alerte aux autorités
- Suivi pluviométrie

B. SOLUTIONS DE RÉDUCTION DU RISQUE

Etudes BRGM-CETE de 1988 : revue des solutions de mitigation du risque

Mesures curatives (une fois le glissement majeur survenu)

- Chenal à travers le barrage naturel : dangereux et très lourd (250 000 m³ à évacuer)
- Pompage des eaux du lac créé : irréaliste (6500 groupes motopompes de pompier, refoulement sur 30 m, 20 canalisations de 1.2 m sur 1km, alimentation électrique de 50 MW)
- Débâlelement des terrains éboulés : très dangereux et irréaliste (volume, délais, zones de dépôts...)
- Création d'une conduite de trop plein en rive droite : impossible dans les délais (< 2 mois de remplissage du lac)

Mesures préventives (avant occurrence du glissement majeur)

- Confortement du glissement : irréaliste et dangereux
- Déclenchement volontaire du glissement par explosifs : moyens, risques ? Et n'empêche pas la création du barrage
- Déplacement du village de St-Etienne de Tinée : difficilement acceptable, et ne résout pas les risques d'inondation de la vallée aval
- Construction de barrages en amont pour éviter le remplissage du lac : pas possible du fait de la topographie (volume insuffisant)
- Création d'un tapis drainant à l'emplacement du barrage naturel : irréaliste car débits de quelques dizaines de m³ alors que le débit de crue de la Tinée peut dépasser 100 m³/s
- Mobilisation préalable de dispositifs de pompage : complexe et couteuse si seule solution ; mesure d'accompagnement éventuelle
- Canalisation de la Tinée (buses ou tranchée enterrée : contraintes géométriques (> 2.5 km, grande profondeur) et géologiques (alluvions en mouvement))
- **Ouvrage souterrain de dérivation entre l'amont du glissement et l'aval (by-pass) : solution retenue**

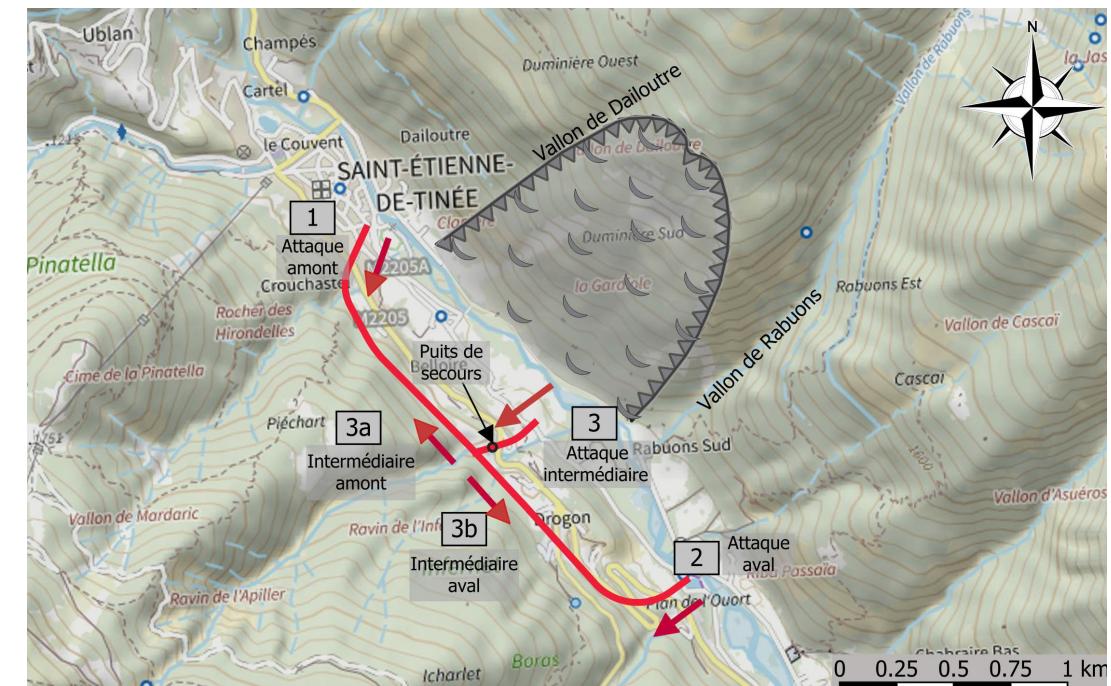
A. LE PROJET

Études du projet de galerie de dérivation

- **Section hydraulique : débits de pointe 103 m³/s (crue décennale) à 480 m³/s (crue milléniale)**
➡ sections de galeries de 10 à 35 m² (pente de 1.2 à 2 %) longues de 3.5 à 4.5 km
- **Choix du tracé :**
 - RG sous le glissement : géologie favorable et possibilité de drainage, mais aspect psychologique (quid si glissement pendant les travaux ?)
 - RD : contextes géologique et hydrogéologique beaucoup plus complexes
- **Méthode d'exécution : traditionnel ou tunnelier ?**

**Reconnaissances dans un délai très court, en hiver
(catastrophe imminente !)**

**Au final choix du tracé en rive gauche,
avec 3 attaques (amont, aval et intermédiaire)
puis 4 attaques (amont, aval, intermédiaire amont
et intermédiaire aval)**

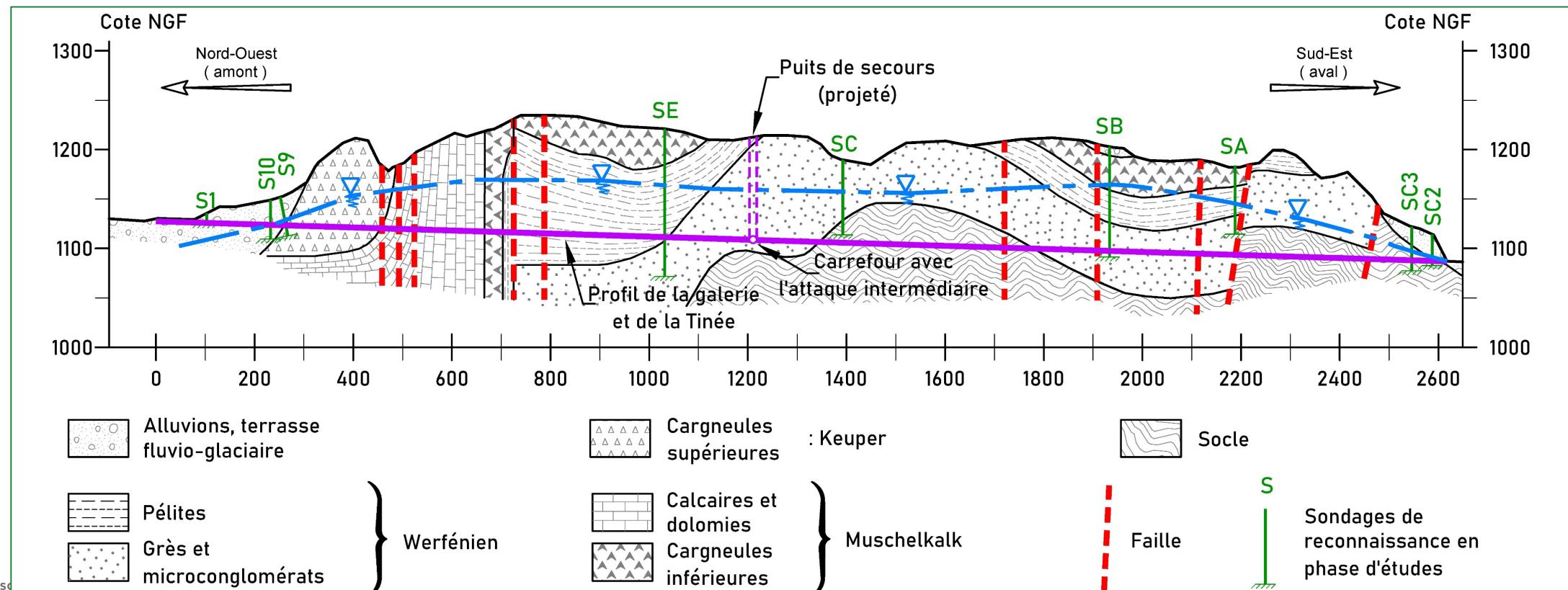


B. LE PROJET

Projet lancé en consultation

1 galerie de 10 m² (2^{ème} galerie de 20 m² à réaliser ultérieurement) longueur 2600 m + 200 m attaque intermédiaire (+ puits de secours de 80 m), en traditionnel. Délai creusement 8 mois (avancements de 60 à 250 ml/mois selon horizons)

Géologie (à partir de 4 sondages + 5 aux têtes) - Hydrogéologie : charge de 60 m, horizons karstifiés : débits estimés de 0.2 à 15 l/s/ml



B. LES TRAVAUX

Consultation en 2 mois, délai contractuel 11 mois dont ~8 mois pour le creusement

Anthologie des problématiques en souterrain dans quasiment tous les faciès :

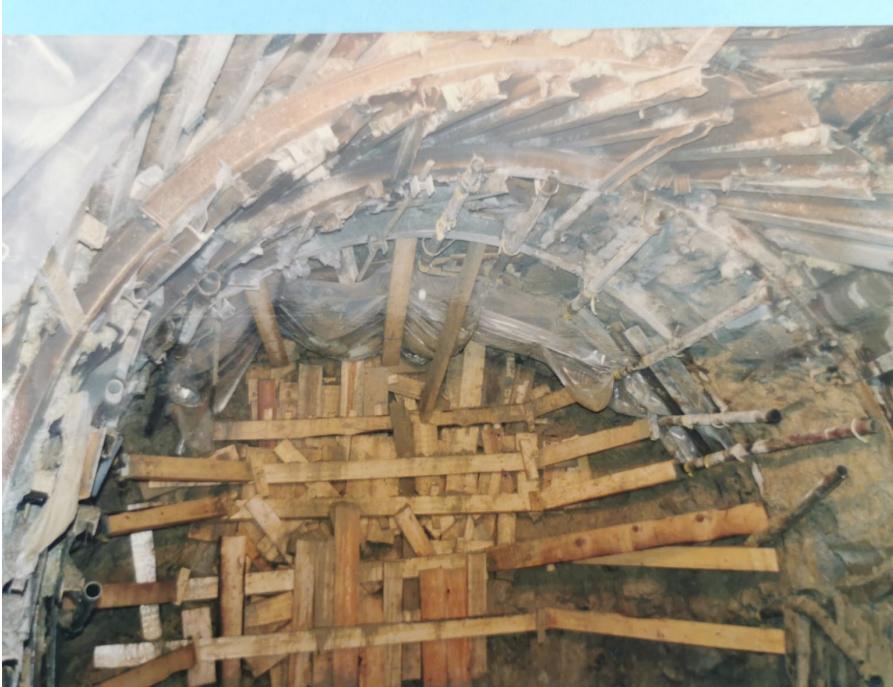
- **Instabilités parois et voûte (renforcement des soutènements)**
- **Hors-profils et débourrages**
- **Plusieurs fontis jusqu'en surface**
- **Traitements de terrain et voûtes-parapluie à l'avancement (non prévus)**
- **Venues d'eau**
- **Impacts sur l'environnement**

B. LES TRAVAUX

Terrains fluvioglaciaires : terrains meubles, avec circulations d'eau

Éboulements, cintres lourds, enfilages, blindages du front

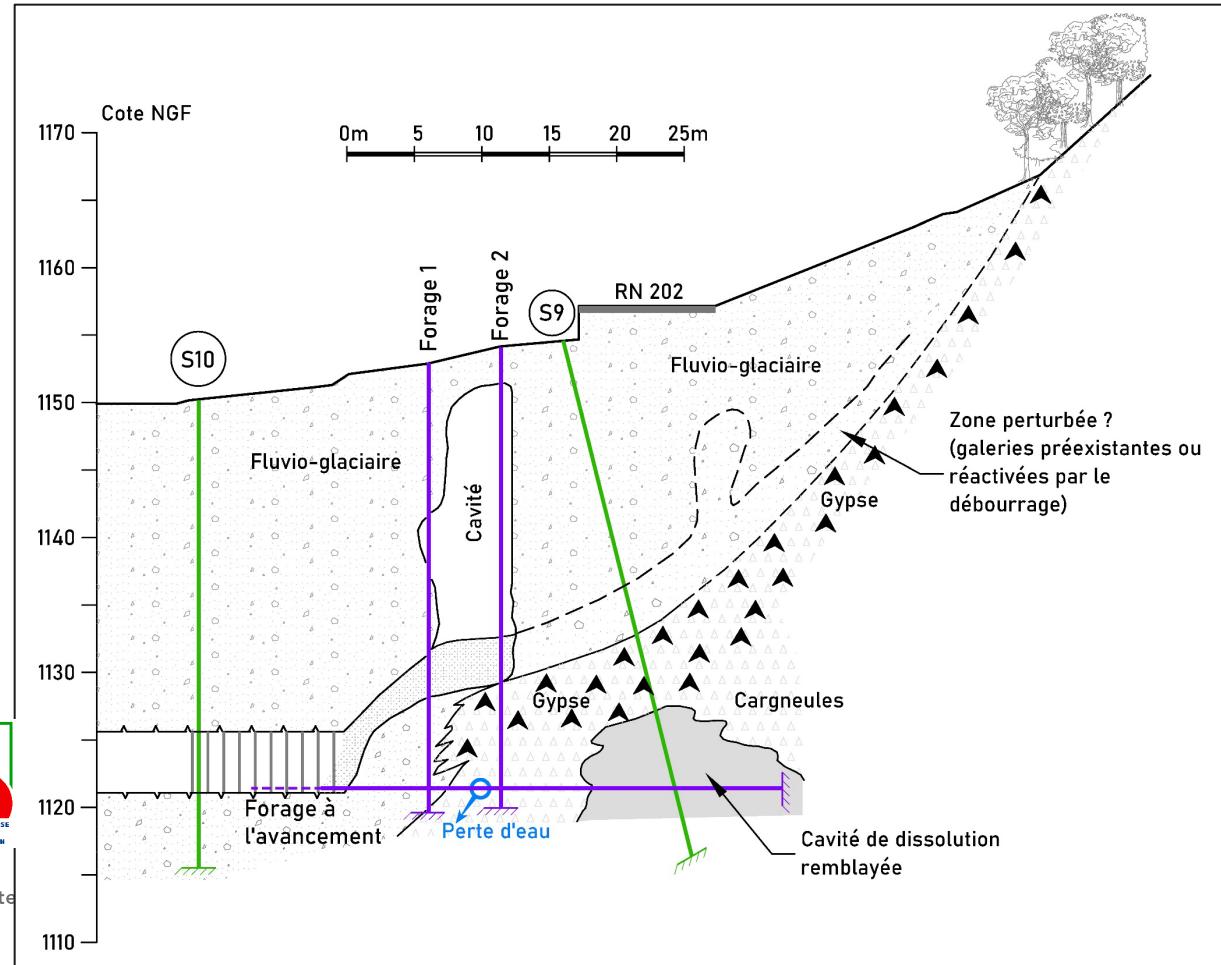
Avancement de 2 à 3 ml/jour



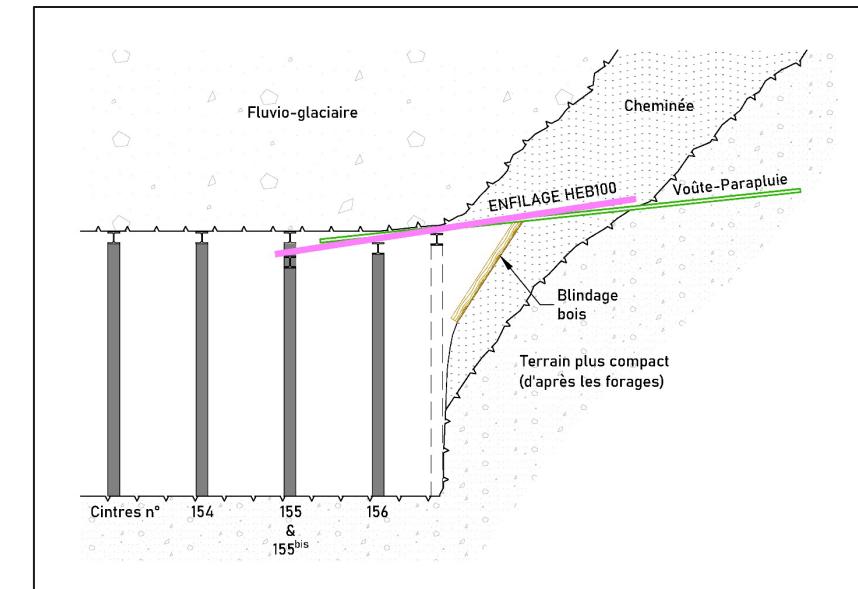
B. LES TRAVAUX

Terrains fluvioglaciaires

Aggravation au contact du substratum : débourrages (50 à >200 m³, recul du front de 20 m), fontis remontant en surface (parfois différé), voûte-parapluie :



4 mois pour franchir 20 m !



B. LES TRAVAUX

Cargneules, gypses, calcaires, dolomies karstifiés du Keuper-Muschelkalk (150 m environ)

Nouveaux débourrages, cloches, venues d'eau : franchissement de cavités karstiques + venues d'eau (jusqu'à 100 l/s dans un seul forage !) : drainages au front, travail « sous cascade »

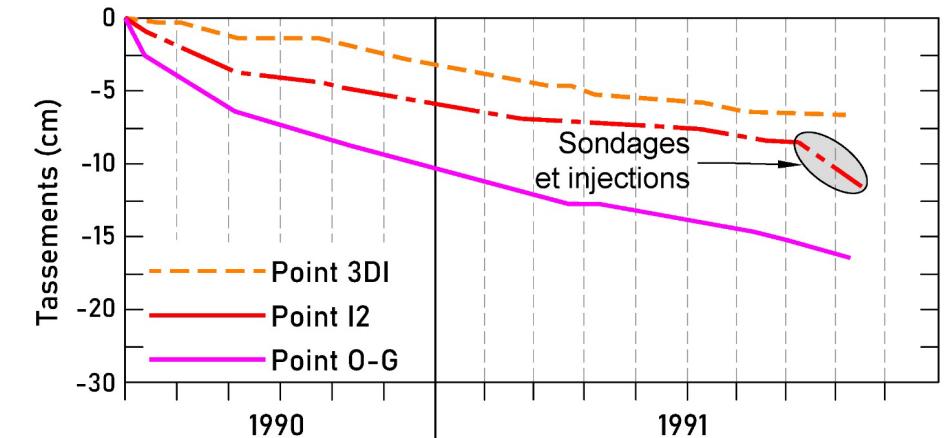
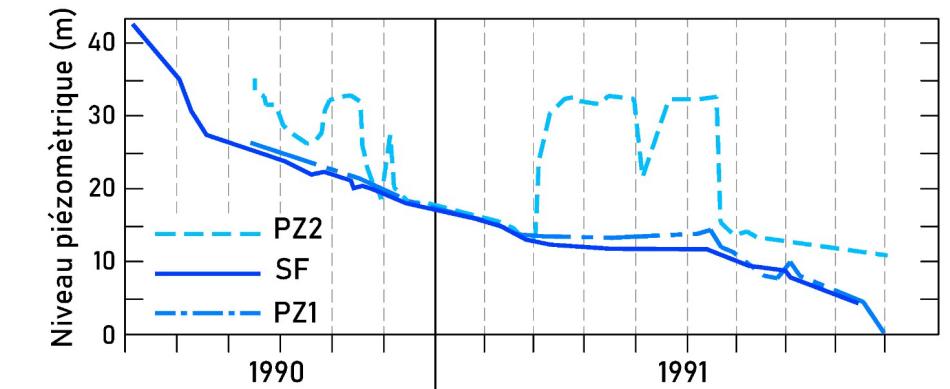
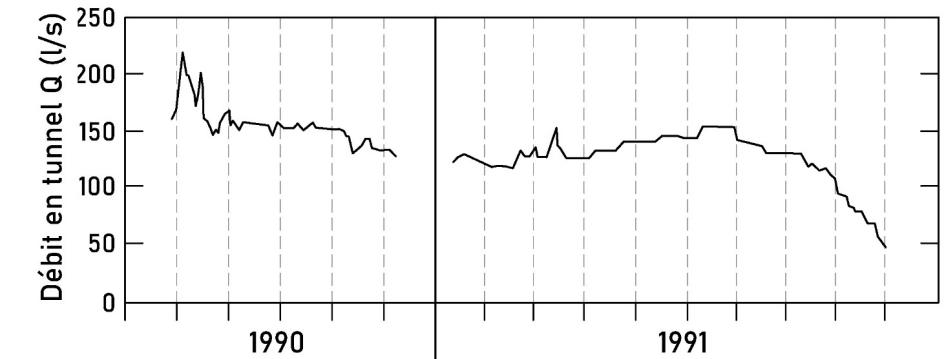
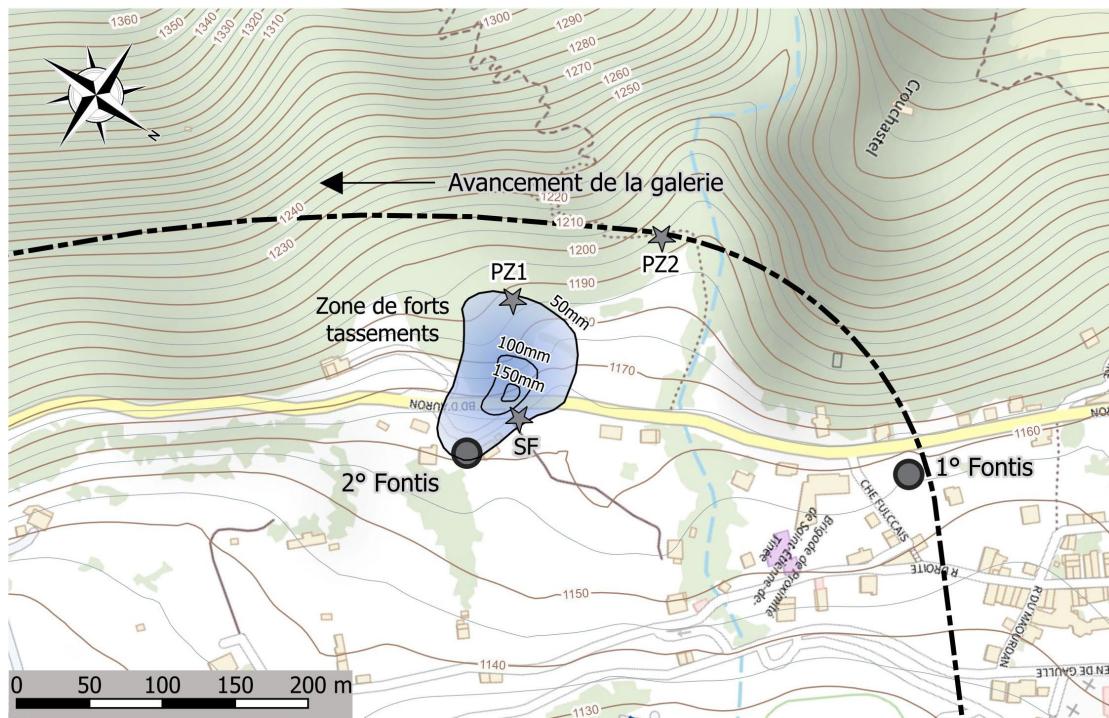


B. LES TRAVAUX

Cargneules, gypses, calcaires, dolomies karstifiés du Keuper-Muschelkalk

Débits à front de 150 à 200 l/s pendant 1½ ans

Impacts en surface : tassements, rabattements de nappe,



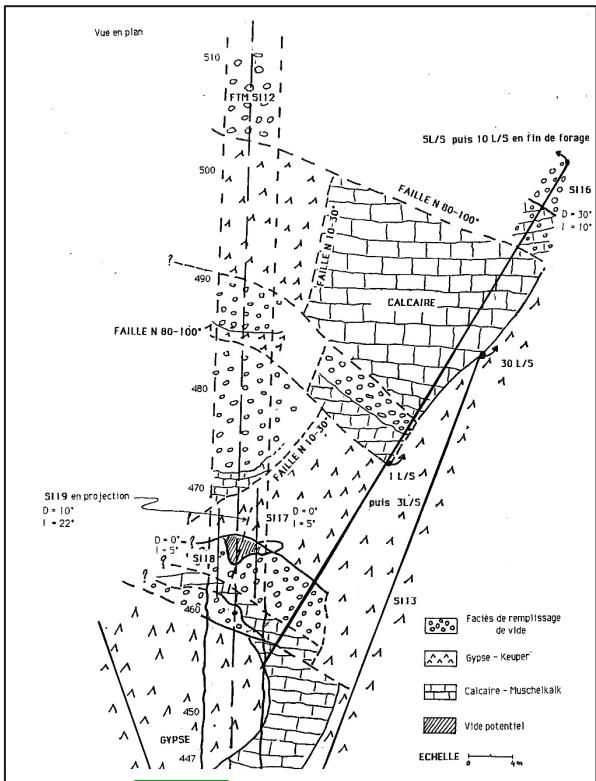
B. LES TRAVAUX

Cargneules, gypses, calcaires, dolomies karstifiés du Keuper-Muschelkalk

Tempête de neige, rupture alimentation électrique : galerie noyée sur 450 m !

Sondages de reconnaissance, traitements par injection et surtout drainage

(5 drains de 40 m tous les 20 m) mais impacts sur maison d'habitation



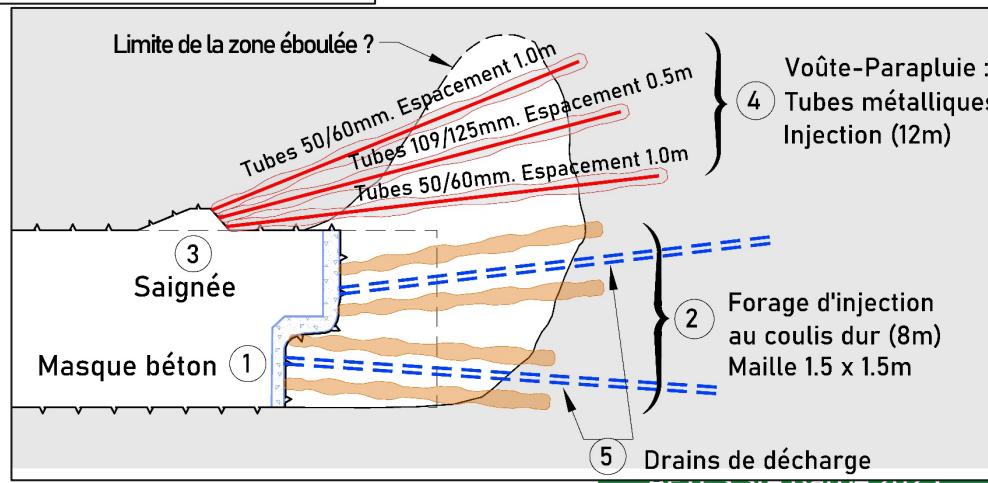
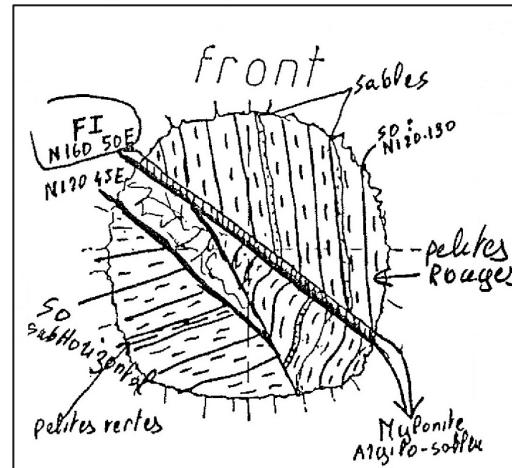
8 mois pour avancement de 50 m environ

B. LES TRAVAUX

Pélites du Werfénien (300 m environ)

Pélites fracturées + bancs gréseux, avec zones broyées, tectonisées + venues d'eau (qq dizaines de m³ à >100 m³)

Instabilités en voûte et piédroits : renforcements des soutènements, fissurations coque BP, voûtes-parapluies ...



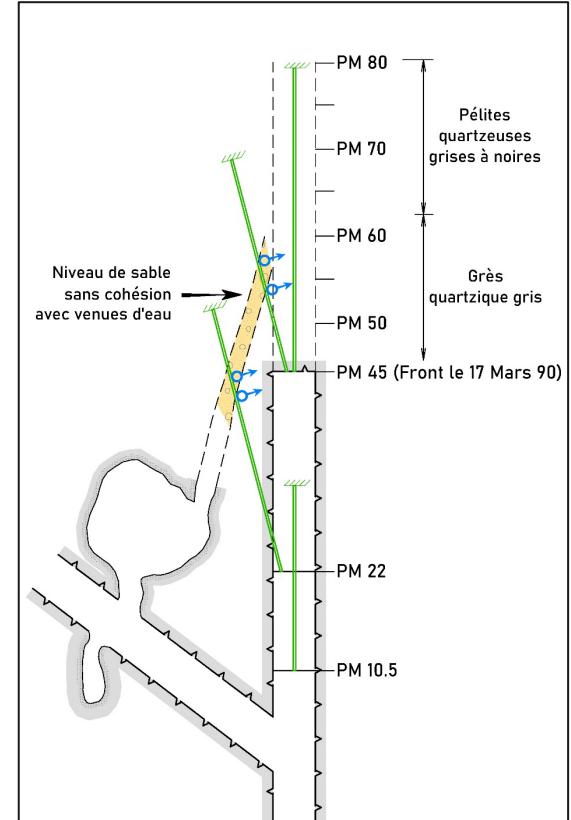
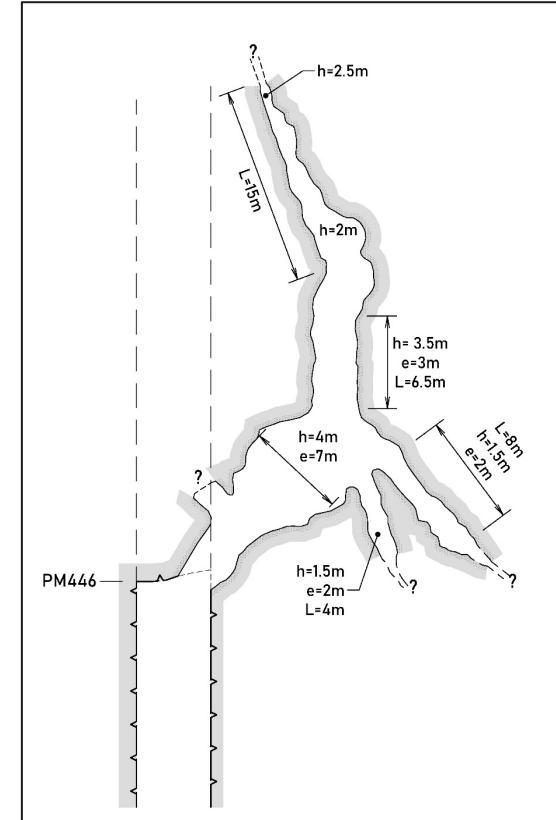
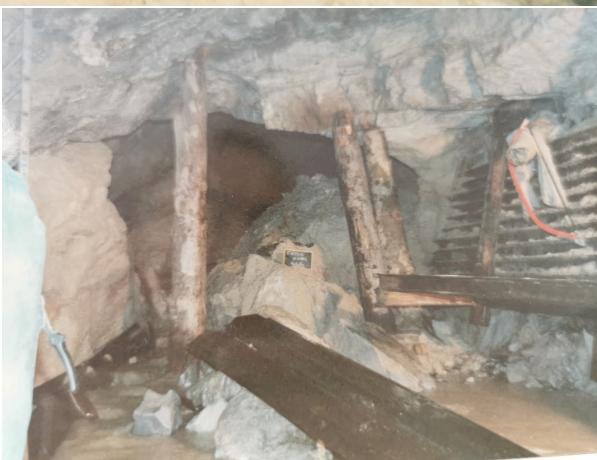
Jusqu'à 4 mois pour avancement de 15 m environ

B. LES TRAVAUX

Grès du Werfénien (600 m environ)

Séries attendues : grès, conglomérats et alternances grès/pélites compacts (explosif prévu)

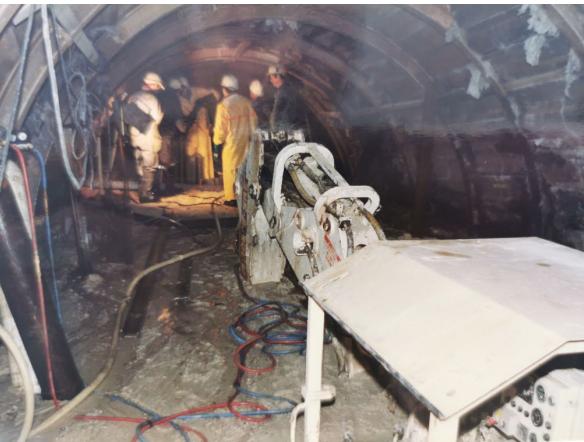
Séries rencontrées : les mêmes mais avec de nombreuses poches de sables boulant (60 à 80 m de charge d'eau), d'où multiples débourrages (au total près de 5000 m³). Géométries complexes et aléatoires



B. LES TRAVAUX

Grès du Werfénien

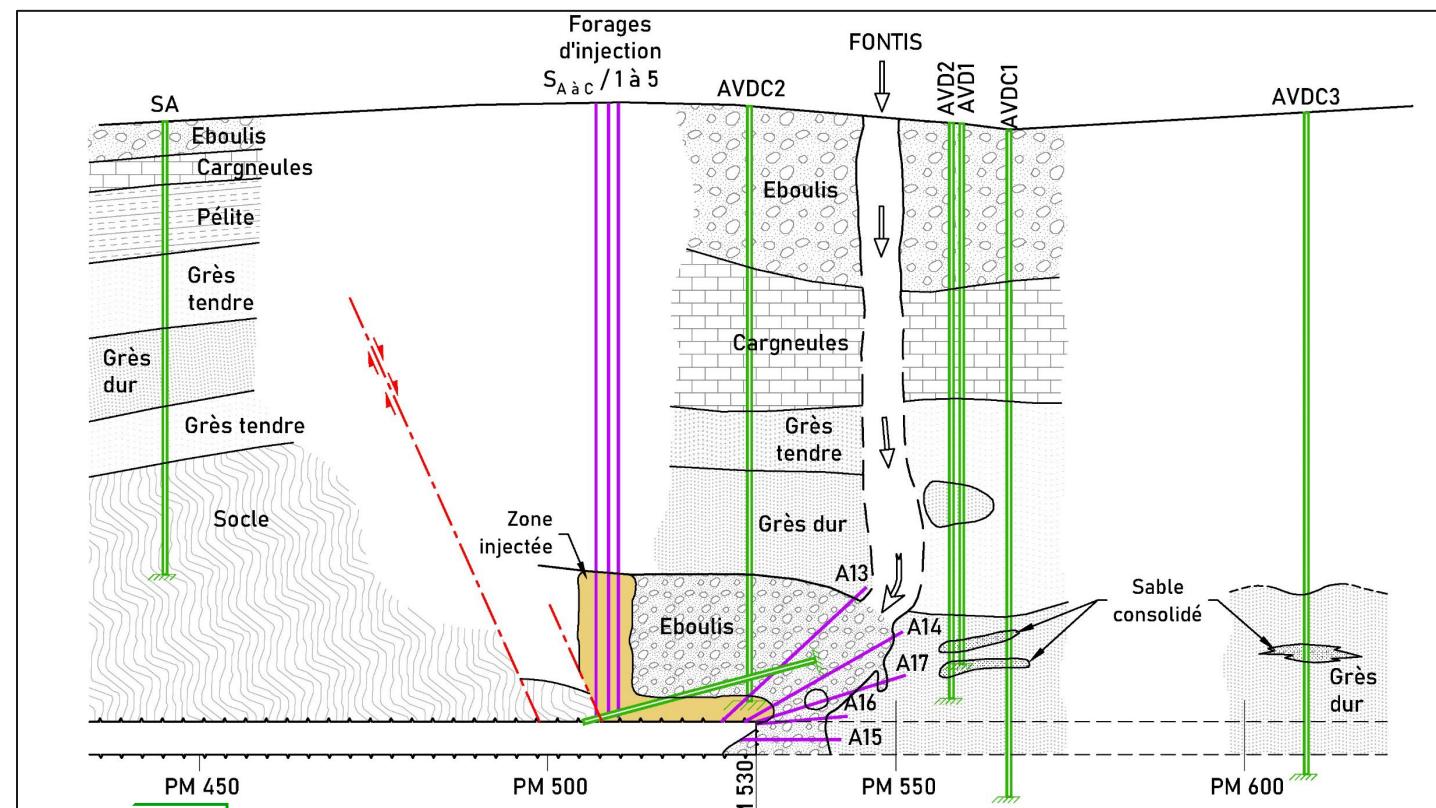
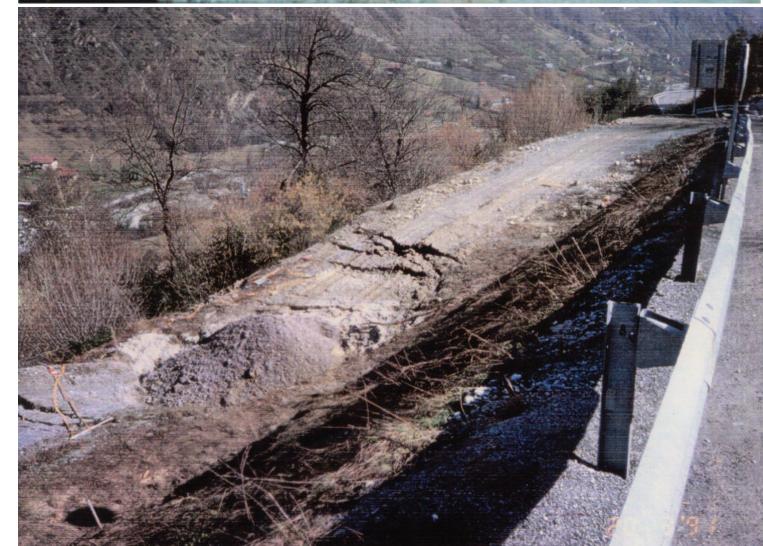
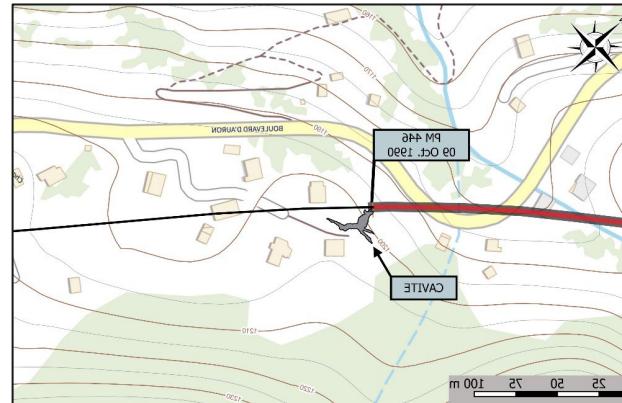
- Reconnaissances à l'avancement systématiques pour anticiper la géométrie des poches sableuses + rôle drainant
- Un déboufrage majeur au PM 510 aval : galerie « envahie » sur 50 m, un mineur trainé par la vague , train ensablé
- Traitement par 5 plots d'injection : masque BA, forages d'injection (Microsol) de 15 à 25 m + depuis la surface



B. LES TRAVAUX

Grès du Werfénien

Géologie reconstituée après sondages et travaux : création progressive d'une cheminée puis fontis en surface



14 mois pour avancement de 50 m environ

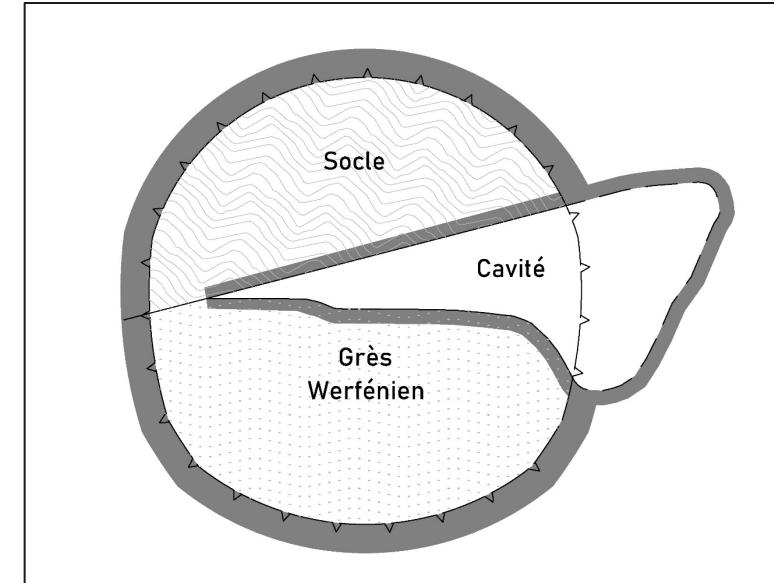
B. LES TRAVAUX

Gneiss du socle (420 m)

Fracturation et altération importantes, joints graphitiques : nombreuses instabilités de dièdres (jusqu'à 15/25 m³), parfois 25 m en arrière du front (sécurité des mineurs et endommagement des matériels)



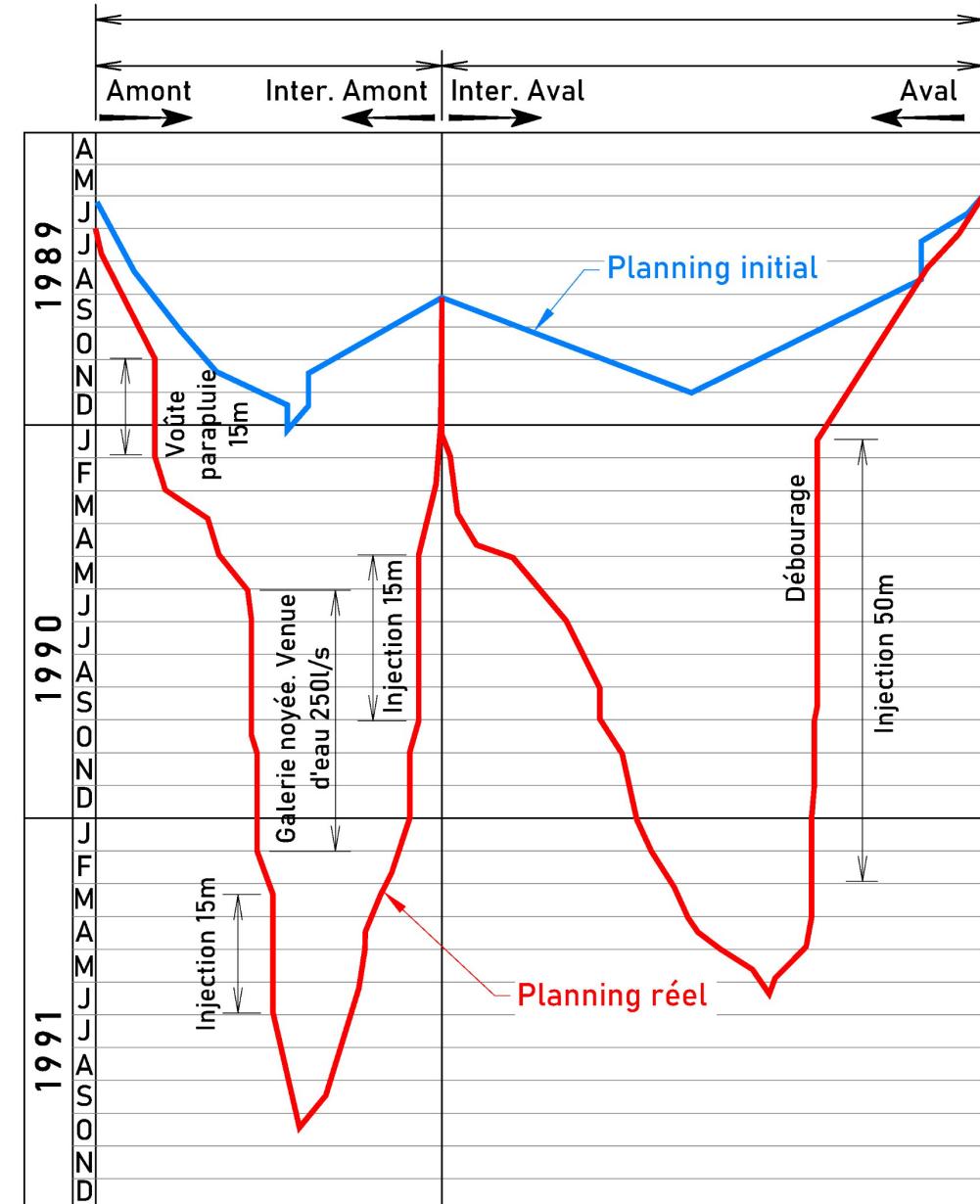
+ géologie plus complexe qu'attendue (socle au-dessus du Werfénien)



CONSÉQUENCES COÛTS ET DÉLAIS

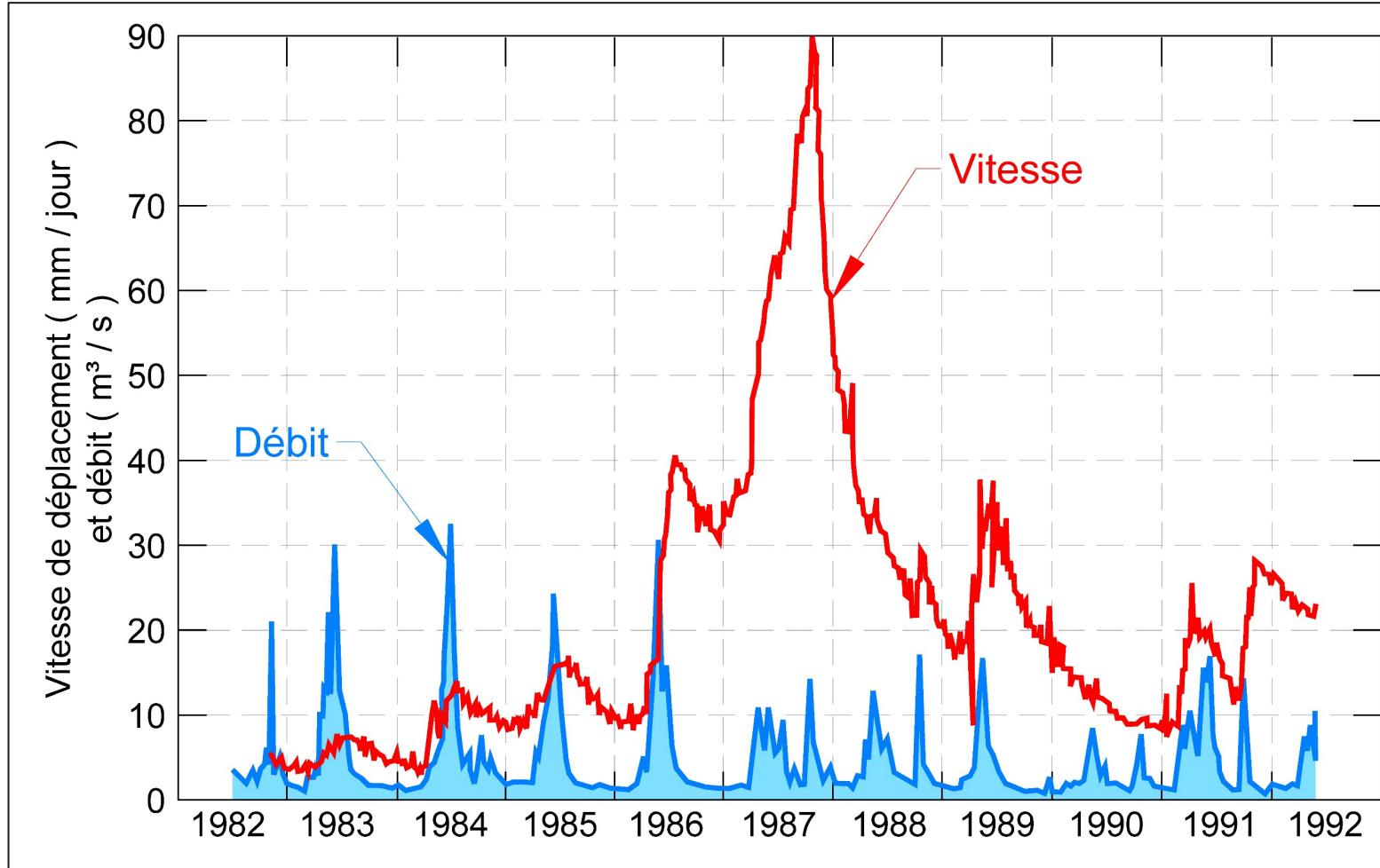
- Creusement en 29 mois (contre 8 prévus)
- Budget augmenté dans les mêmes proportions
- Creusement de la 2^{ème} galerie de 20 m² repoussé sine die

D'autant qu'entre temps



CONSÉQUENCES COÛTS ET DÉLAIS

D'autant qu'entre temps Le glissement s'était quasiment stabilisé



ENSEIGNEMENTS

- **Glissement de la Clapière** : un des tout premiers très grands glissements suivis et auscultés de façon approfondie = référence (qui a servi de support à des nombreuses recherches ultérieures)
- **Auscultation automatisée en temps réel** = une première à l'époque, particulièrement utile pour la gestion de risques
- **Galerie de dérivation** : projet « mal » étudié du fait des délais
- **Nécessité d'une adaptation constante des méthodes de creusement / soutènement**
- **Avec le recul, un tunnelier n'aurait probablement pas été plus performant**
- **Rôle majeur du suivi géologique et des reconnaissances à l'avancement (loin d'être systématiques à l'époque)**
- **Impacts sur l'environnement parfois significatif, même à moyenne profondeur et en contexte non urbain**
- **Intérêt des recommandations AFTES sur analyse de risques et contractualisation des aléas (inexistantes à l'époque)**

MERCI

Pour votre attention

Référence : article publié dans la RFG

**Tunnel de dérivation de la Tinée (1989 – 1991) :
Site du glissement de la Clapière**

Alain GUILLOUX, Jean-Louis DURVILLE, Jean-Paul FOLLACCI, Serge TERRAMORSI

Rev. Fr. Geotech. 2025, 182, 5

