

Chantier de remplacement partiel des conduites forcées de Malgovert

Difficultés liées au contexte montagneux du site



F. Binet / T. Rossi



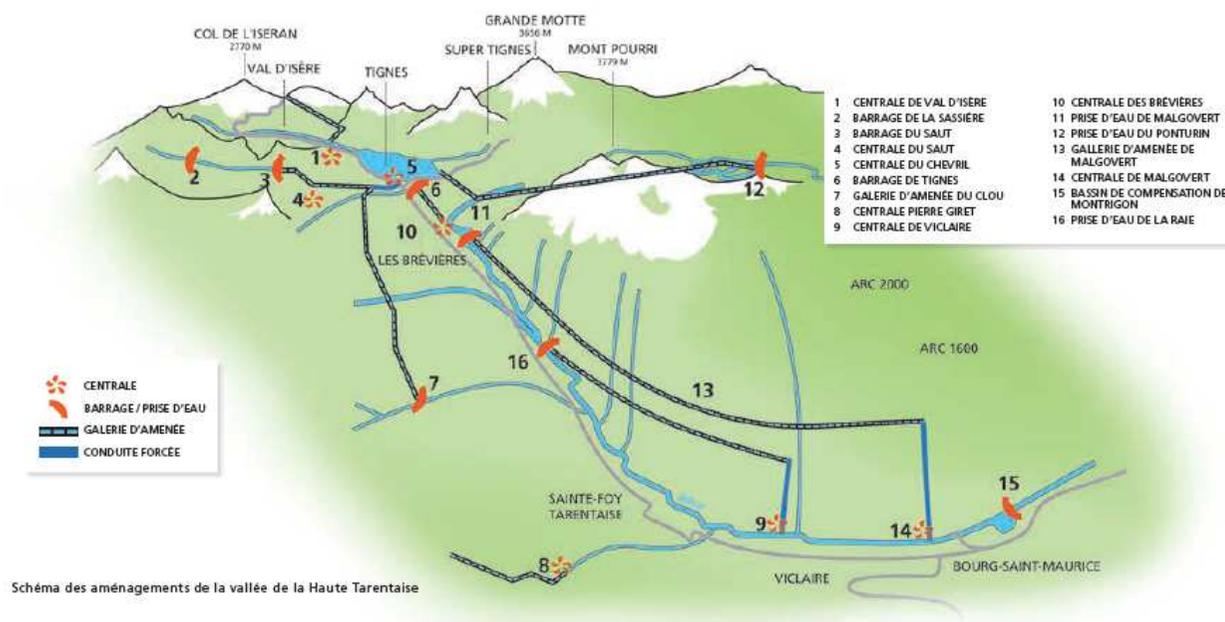
Présentation du projet

1. Présentation.

Les conduites forcées de Malgovert sont un des maillons du complexe hydroélectrique de Tignes – Malgovert :

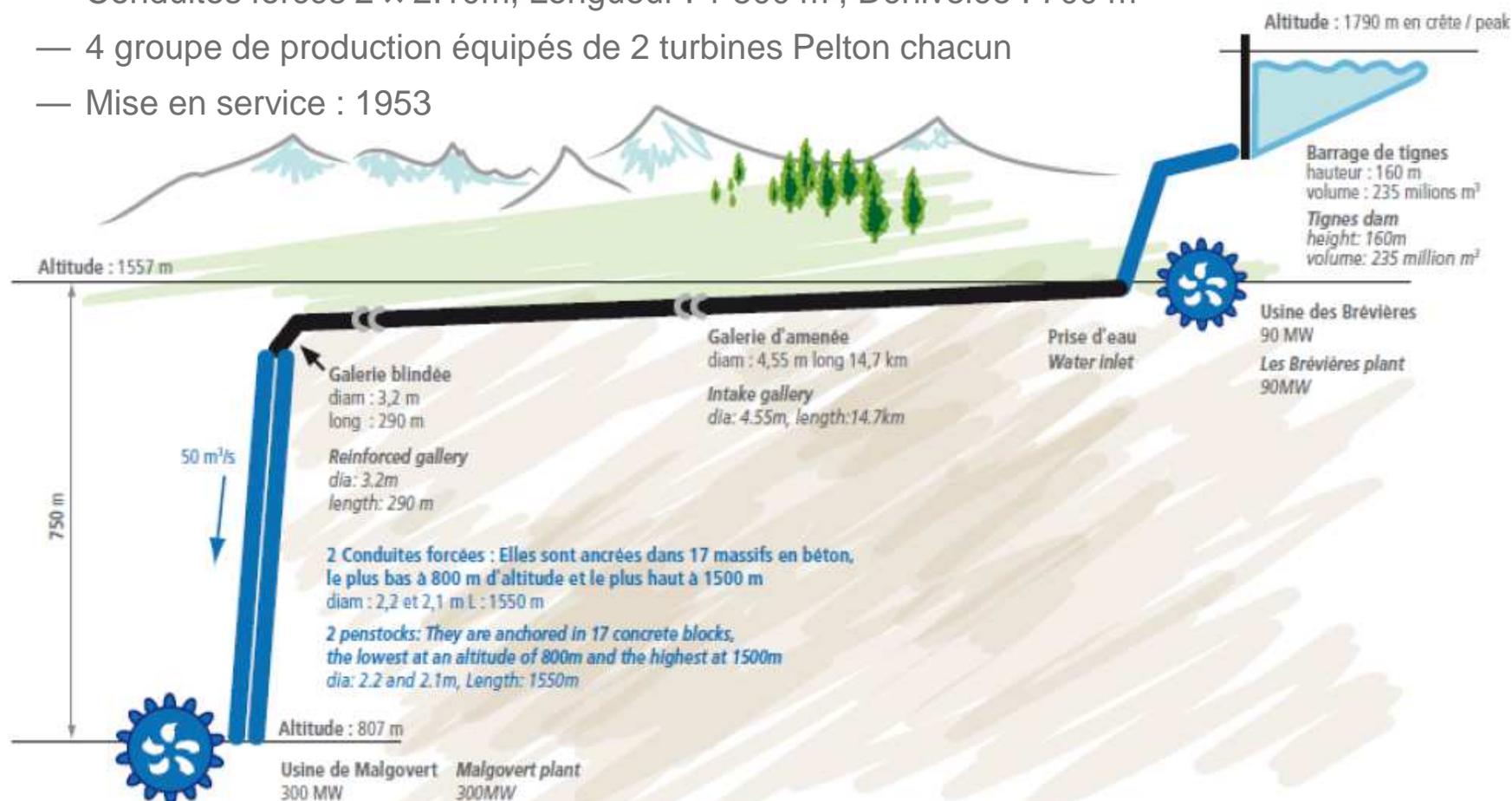
Maitre d'ouvrage EDF

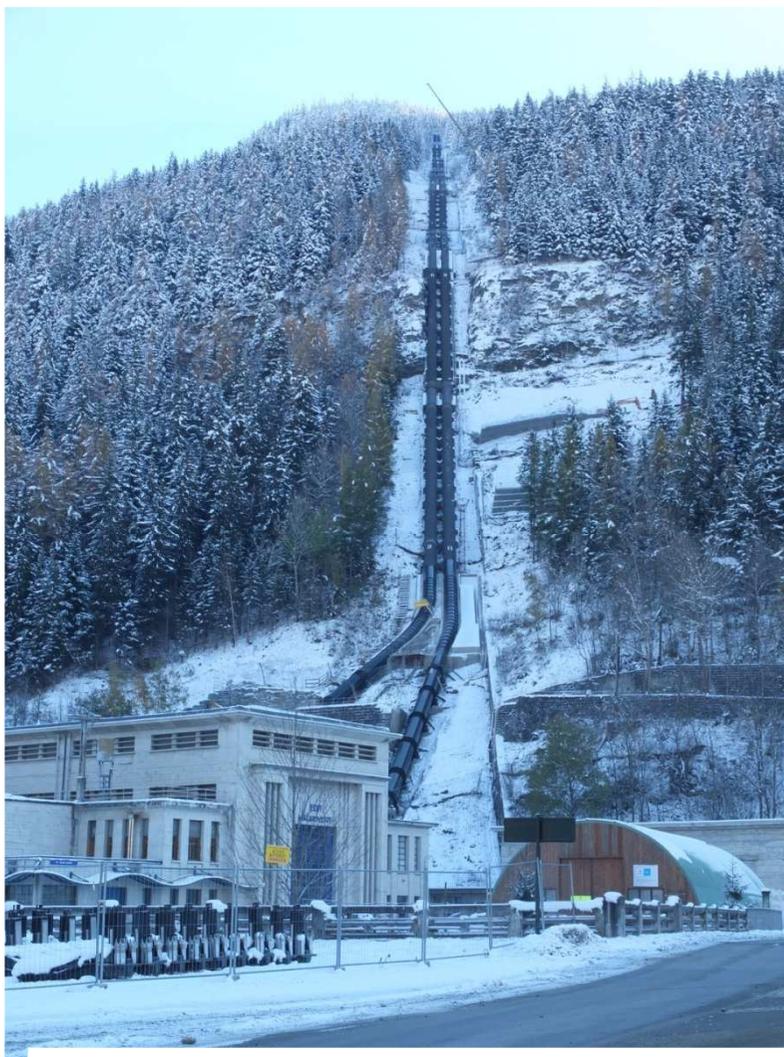
- 2 centrales hydroélectriques en cascade :
 - Les Brévières (230 m de chute) située au pied du barrage de Tignes ⇒ 90 MW
 - L'usine hydroélectrique de Malgovert (750 m de chute) ⇒ 300 MW



1.1 L'usine hydroélectrique de Malgovert.

- Prise d'eau des Brévières à 1560m
- Galerie d'amenée de 15 km environ
- Conduites forcés 2 x 2.10m, Longueur : 1 500 m ; Dénivelée : 700 m
- 4 groupe de production équipés de 2 turbines Pelton chacun
- Mise en service : 1953

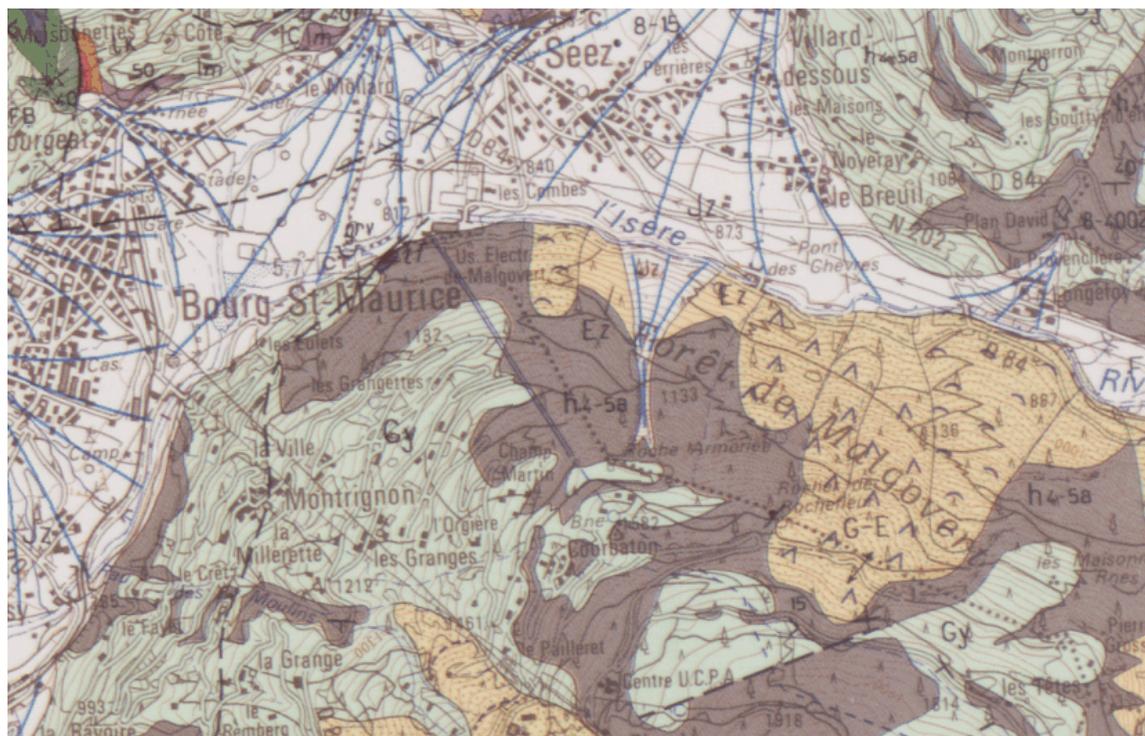




1.2 Pathologie affectant les conduites.

Contexte géotechnique :

- Versant de vallée glaciaire de plus de 1000 m de dénivelé.
- Terrains Briançonnais du Houiller : schistes, grès et veines de charbon.
- Glissement / Reptation globale du versant sur une forte épaisseur (>60 m) .



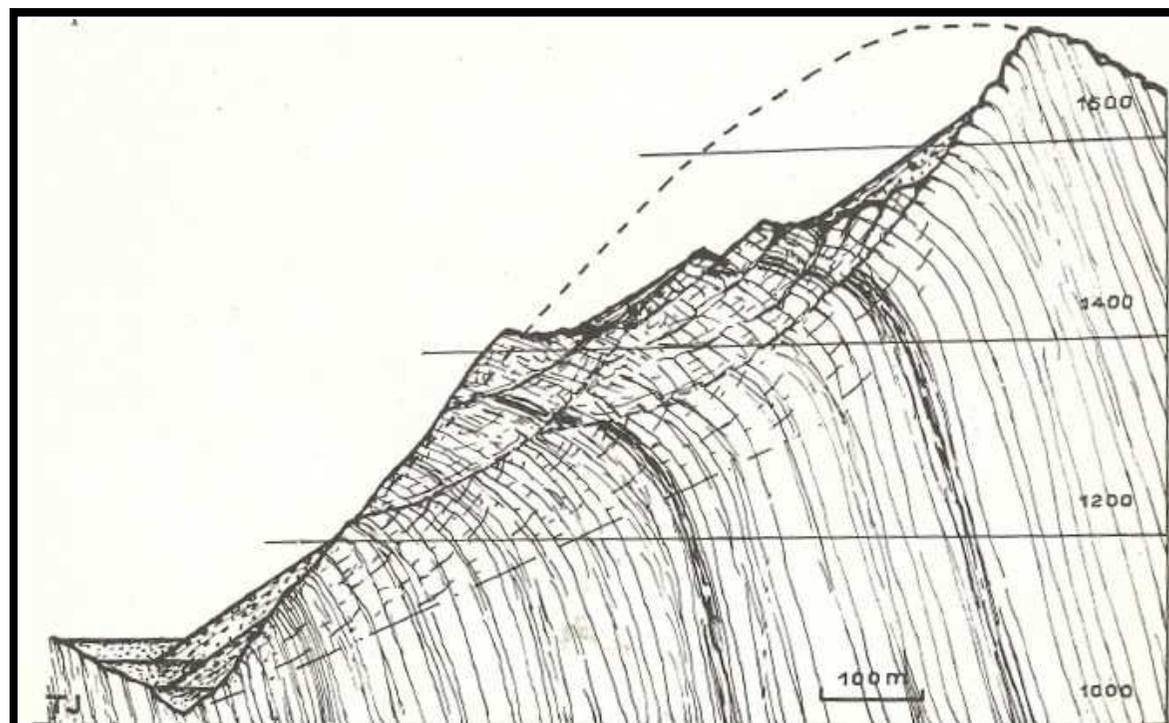


FIG. 13. — Ebolements de versant et balancement des têtes de couches dans une vallée alpine.

Les glissements de terrain peuvent prendre une très grande importance et déplacer des masses rocheuses considérables sur les pentes abruptes, surtout si ces masses sont fortement diaclasées et partiellement altérées par l'eau météorique. Les terrains houillers, dans la haute vallée de l'Isère, fournissent de nombreux exemples de tels glissements, dont l'épaisseur peut dépasser 100 m.

D'après J. Talobre – « *La mécanique des roches appliquée aux travaux publics* » - 1957

1.2 Pathologie de la conduite.

- Accumulation de contraintes parasites dans les conduites nécessitant un « détensionnement » annuel réalisé conduites hors d'eau ⇒ Pertes d'exploitation.
- Tassements de certains appuis nécessitant des « calages » réguliers au niveau des pilettes.

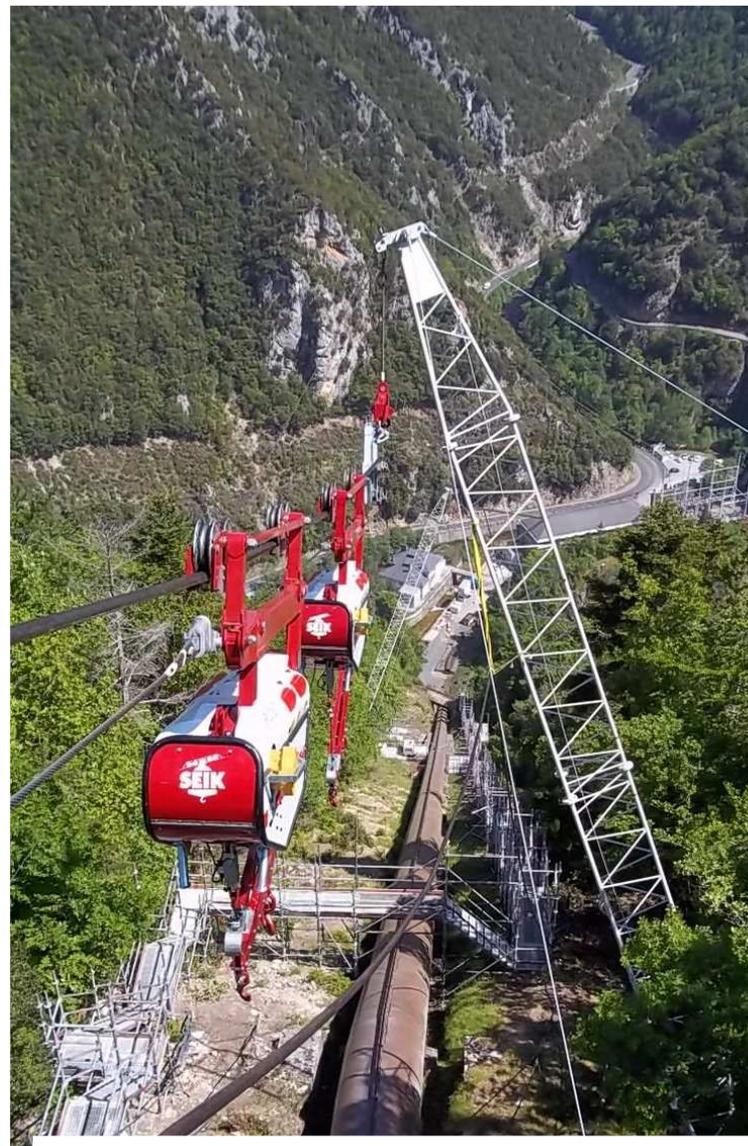


1.3 Travaux engagés.

Travaux de maintenance et de rénovation des conduites engagés par EDF à partir de 2012 :

- Renforcement des massifs existants + création d'un nouveau massif
- Remplacement de tronçons frettés par des lisses mécano-soudés
- Mise en place de joints « libres » permettant le coulisement longitudinal de la conduite sans contrainte
- Renforcement des pilettes et mise en place de berceaux réglables.

Le marché initial prévoyait la construction d'un blondin pour la manutention lourde nécessaire à la réalisation des travaux.



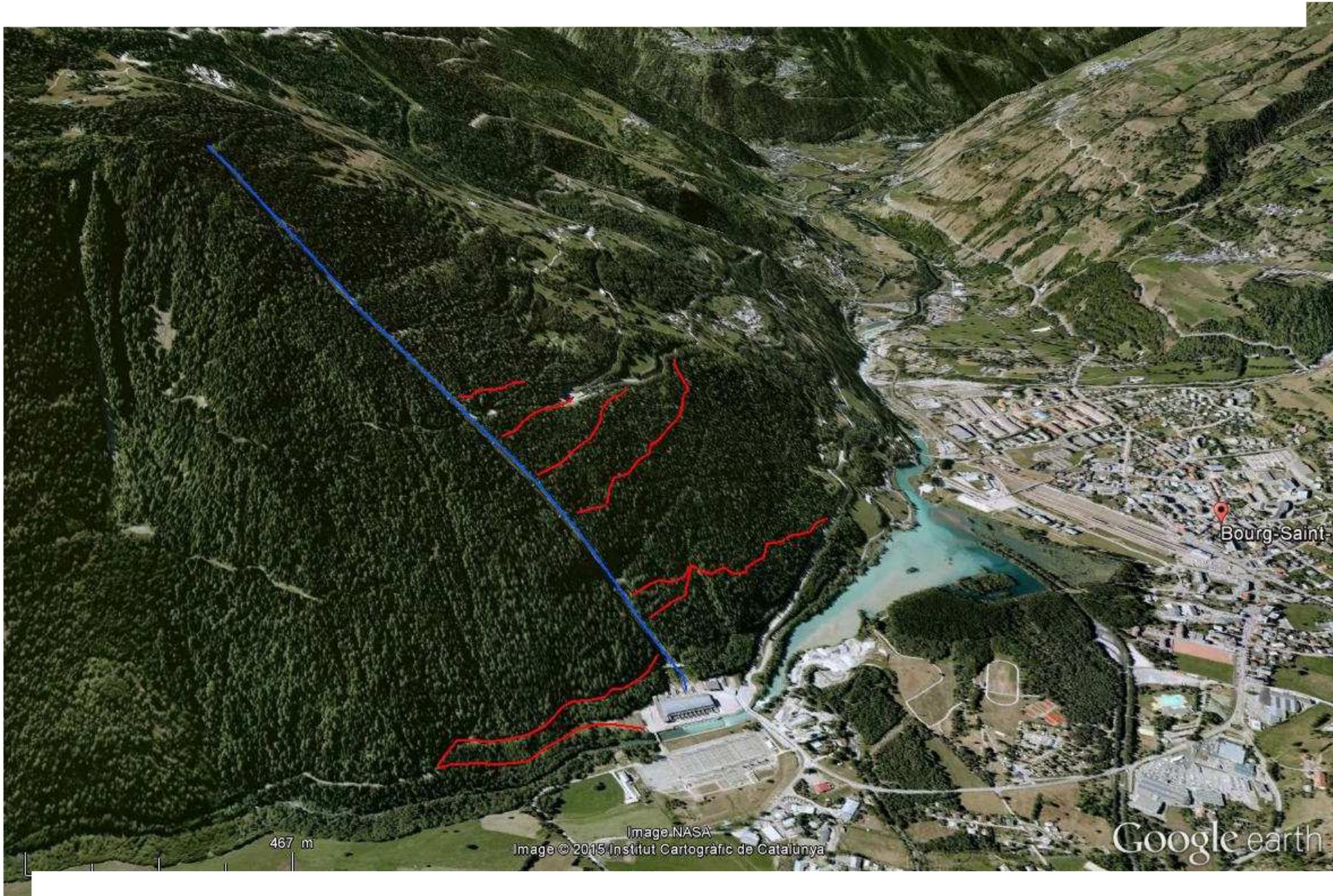


1.3 Travaux engagés.

Le marché est attribué au groupement SPIE BATIGNOLLES TPCI / BILFINGER répondant avec une variante au blondin :

- Accès aux conduites par la création de 8 pistes à flanc de versant (≈3 500 m cumulés)
- Réalisation de 9 plateformes aux abords des conduites pour la mise en place de grues mobiles (450 T),
- AVANTAGES :
 - Coût bien inférieur (de l'ordre de 50%)
 - Multiplication des ateliers de levages ⇒ gain en terme de planning de réalisation.
 - L'exploitant (EDF) récupère à terme des accès intermédiaires aux conduites ⇒ facilite la maintenance et le suivi des installations.
- DIFFICULTÉS :
 - Terrassement en versant raide parfois en limite de stabilité
 - Reconnaissances géotechniques inexistantes (pas d'accès)
 - Terrassement aux abords des conduites forcées ⇒ Risque hydraulique.







Difficultés géotechniques liées au contexte montagneux

Titre photo Arial cps 8, fer à gauche, noir 70%

Titre de partie abrégé sur une ligne

2. Difficultés géotechniques.

- 2.1 Lithologie
- 2.2 Géométrie
- 2.3 Topographie
- 2.4 Justification des ouvrages



2.1 Lithologie.

Premier terrain : Moraines.

Lithologie variable

- Sables => blocs
- Argiles => blocs

Variations rapides sur le linéaire du chantier.

Formation toujours graveleuse : tous les essais de cisaillement ont été réalisés sur des échantillons reconstitués : perte du paramètre de cohésion pourtant typique de la formation.



Faciès sablo-graveleux largement majoritaire



Faciès argileux sur-consolidé

2.1 Lithologie.

Premier terrain : Moraines.

Présence de bloc en forte proportion de taille décimétrique à pluri-métrique

- Risques gravitaires : Roulement de blocs dans le versant au cours des terrassements
- Difficultés à régler les pentes de talus.



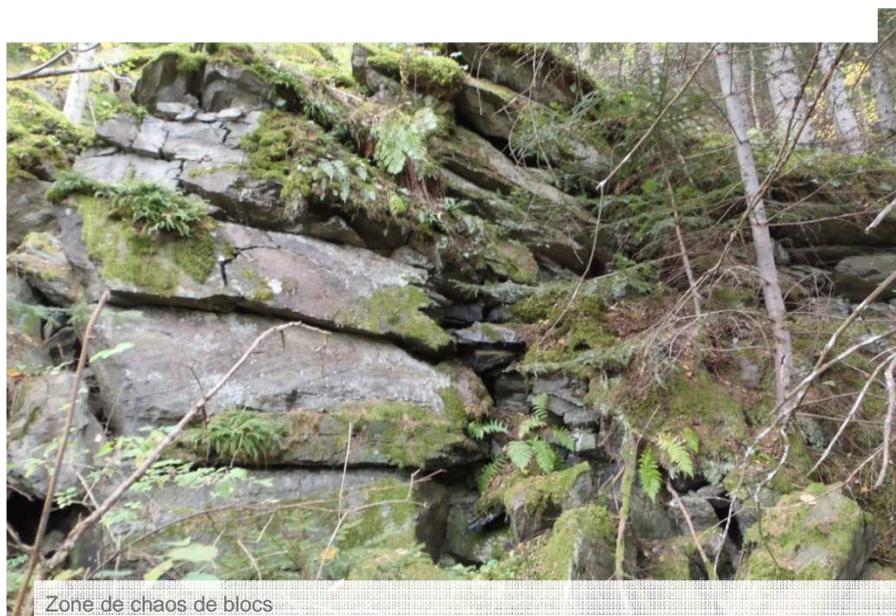
2.1 Lithologies.

Substratum : Schistes et grès du houiller briançonnais.

Rhéologie variable :

- Schistes tendres,
- Grès quartzitiques durs fracturés voire cataclasés ⇒ Chaos rocheux,
- Veines de schiste carbonneux (rares)

Stratigraphie dirigée globalement en amont pendage



2.1 Lithologies.

Substratum : Schistes et grès du houiller briançonnais.

Contact difficilement identifiable :

- Recouvrement variable 0 à >10m,
- Morphologie du contact très aléatoire,
- Formation d'altération intermédiaire,

Interprétation difficile du toit du rocher : le substratum n'a pas fait office de valeur sure.



Toit du substratum difficilement prévisible



Mouvements gravitaires



2.2 Géométrie.

Pente moyenne du versant : 55 % (29°)

Critère géométrique à respecter :

- pente longitudinale des pistes $\leq 10\%$ pour l'acheminement des grues mobiles.
- Terrassement en profil mixte déblai/remblai dans des pentes naturelles jusqu'à 35°.

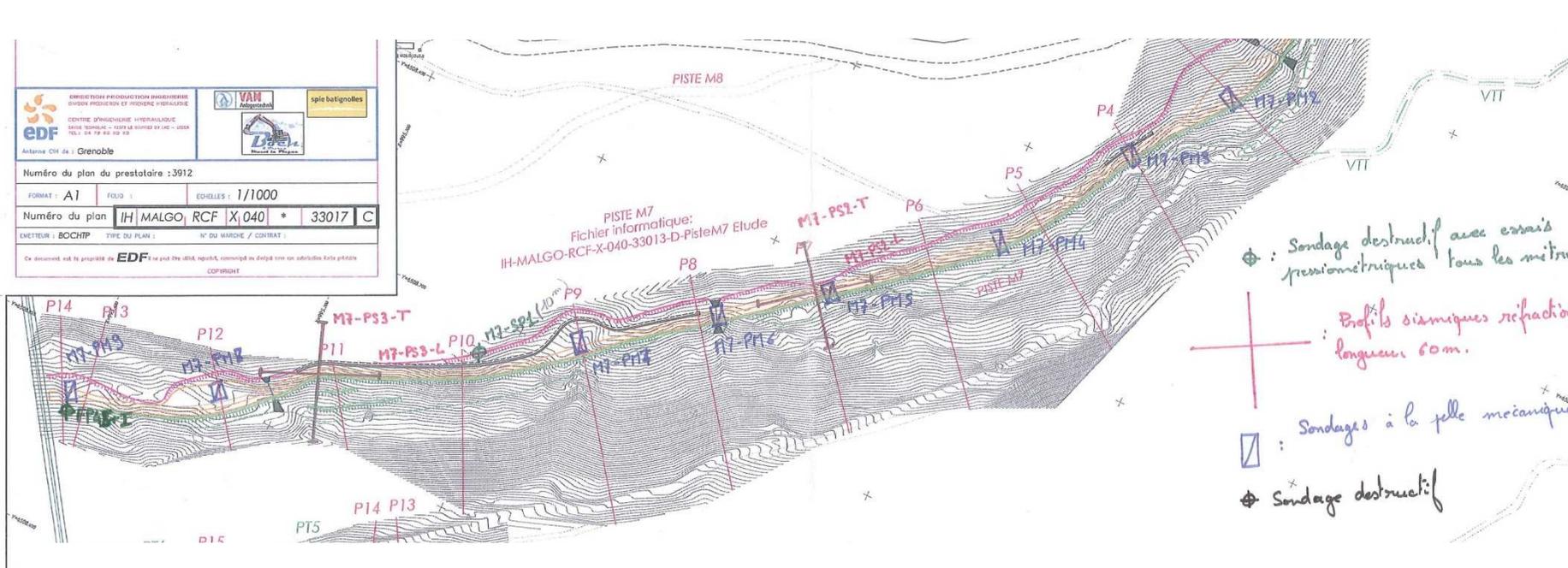
Adaptation du profil en travers à l'avancement après déboisement :

- Déblai privilégié, même de grande hauteur (>10 m) moyennant des adaptations (Talus avec risberme pour des hauteurs supérieures à 6-8 m)
- Remblai de hauteur limitée, au droit des franchissements de combe ou lorsqu'un replat topographique à l'aval permet de l'assoir efficacement.



Phasage retenu :

- Déboisement (ONF)
- Réalisation d'une piste de débardage pour sortir les bois + sondages à l'avancement,
- Réalisation de profils topographiques et études géotechniques d'exécution (adaptation du profil en travers et justification de la stabilité),
- Reprise des terrassements depuis la piste de débardage jusqu'au profil définitif,
- Réalisation des ouvrages de finition (Couche de forme, assainissement...)
- Ensemencement des talus de déblai et de remblai + toile coco localement afin de limiter le ravinement





2.2 Géométrie.

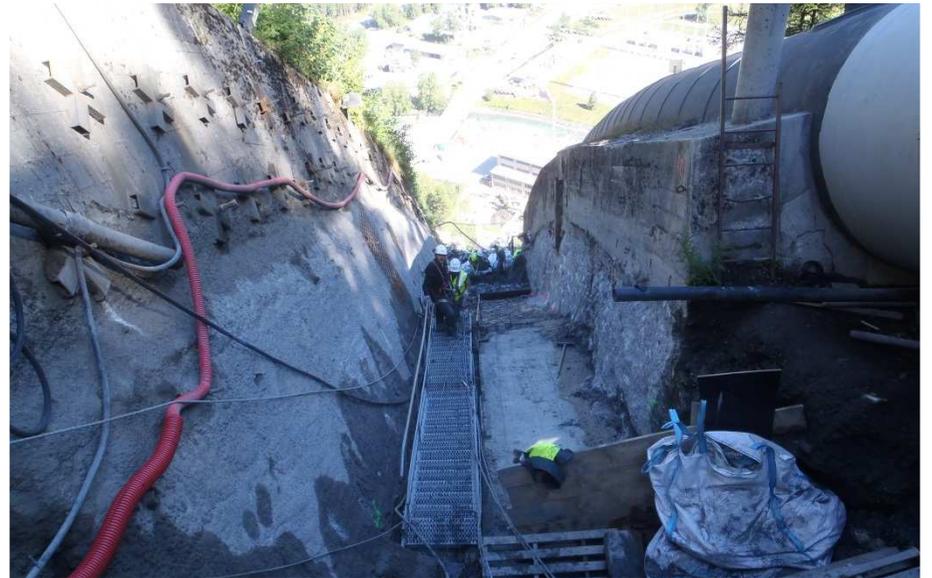
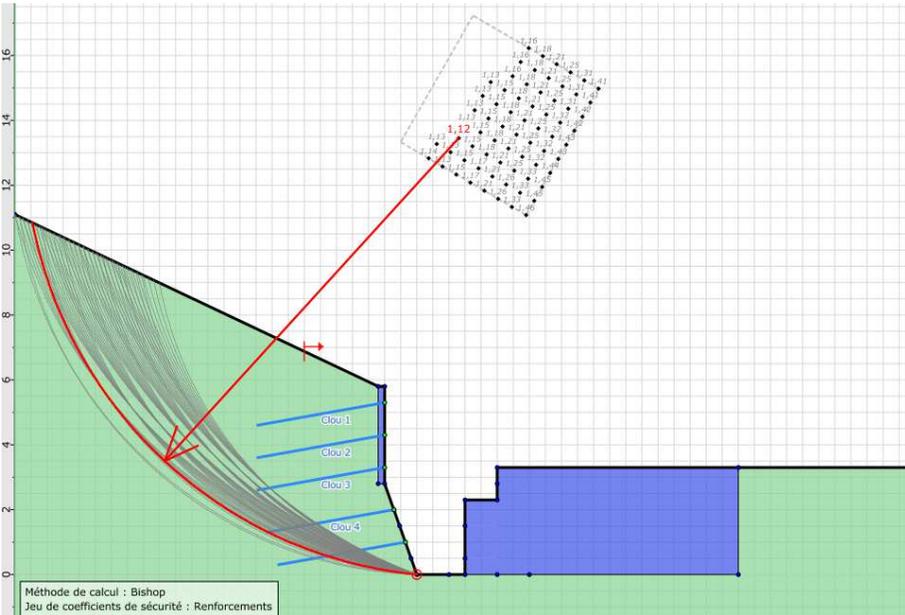
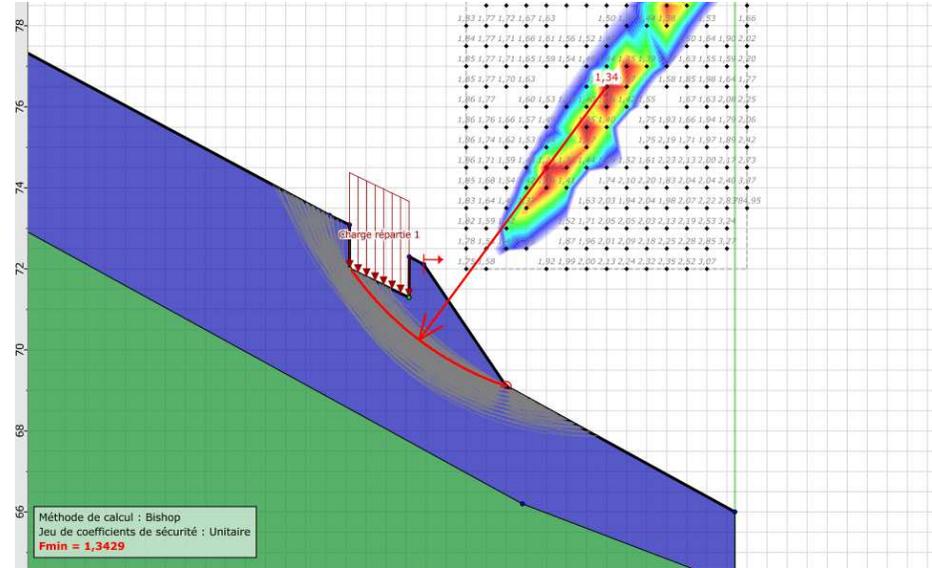
Recours important aux ouvrages de soutènements afin de limiter les emprises de terrassement :

- Mur poids en enrochement cyclopéen en pied de talus de déblais
- Soutènement aval par gabions
- Remblais renforcés (murs géotextiles) au niveau des plateformes destinées à recevoir les grues mobiles





Remblai renforcé au niveau des plateformes de levage





2.3 Topographie.

Conjonction de pentes fortes et manipulation d'objets massifs :

- Chute de blocs en cours de terrassement
- Chute de charges manutentionnées,
- Nécessité de travailler en « superposition » des ateliers de travail
- Risques de chute naturelle depuis les falaises

Solutions retenues

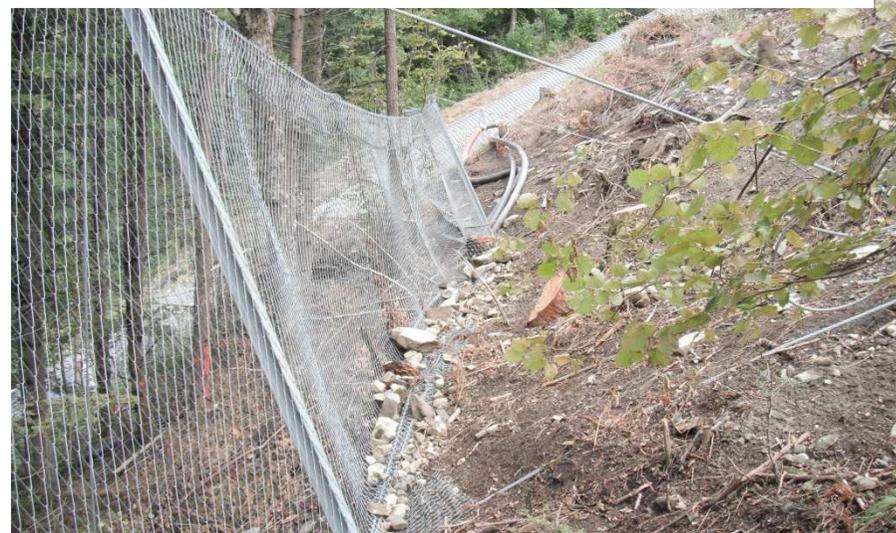
Mise en œuvre de barrières dynamiques :

- Barrières grillagées (40 kJ) en aval des pistes mises en place avant tout terrassement
- Écran pare-bloc classe III (200 kJ) en aval des plateformes de levage
- Écran de sectorisation 200 kJ « adapté » aux abords des conduites forcées
- Écran pare-bloc à l'amont de certaines plateformes de levage pour protection contre les risques gravitaires naturels





Barrières grillagées en aval des pistes (40 kJ)



Écran classe-III (200 kJ) en aval des plateformes de levage



Filet de sectorisation (200 kJ)



Filet de protection classe IV (500 kJ) contre les risques naturels



2.4 Justification des ouvrages.

Conjonction de pentes naturelles fortes et de caractéristiques géotechniques sous-estimées.

Difficultés à justifier certains ouvrages géotechniques, même provisoires (site fréquemment en limite de stabilité naturelle) :

- Application de règles de bon sens plutôt que des objectifs normatifs absolus,
- Objectif de « non dégradation des conditions de stabilités initiales »,
- Limitation du modèle de calcul selon la « règle des 3H »
- Adaptations de chantier et précautions particulières prises pour les phases de terrassement provisoire les plus critiques



2.4 Justification des ouvrages

Plateforme de levage M5 :

— Versant remblayé par du « brut d'abattage » gréseux issus des déblais de construction de la conduite

Versant en limite de stabilité : $F = 1,29$ avant travaux

Solution retenue :

- PF en déblai/remblai
 - Purge des blocailles et réutilisation après concassage/criblage
 - bêche d'ancrage en « brut d'abattage » en assise de remblai
 - Remblai renforcé par géogrilles avec parement en gabions remplis par les matériaux élaborés sur site
 - Déblai soutenu en pied par un mur en enrochements bétonnés
- ⇒ **$F = 1,37$ après travaux**

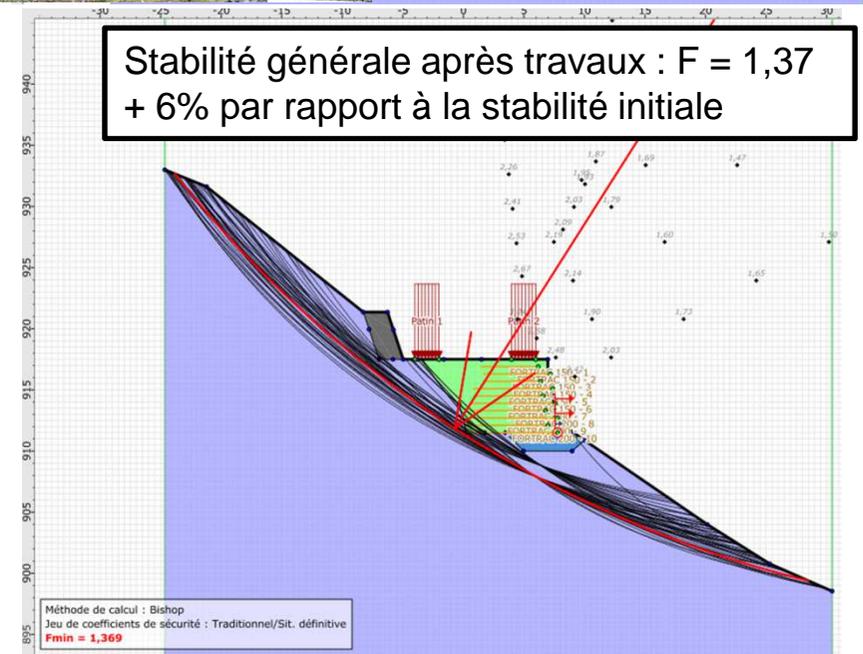
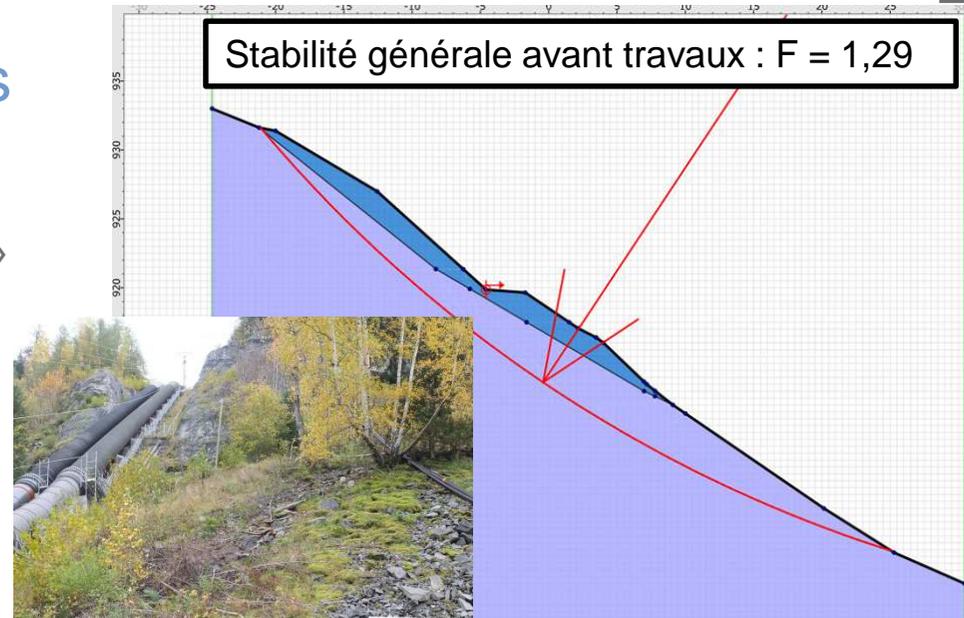
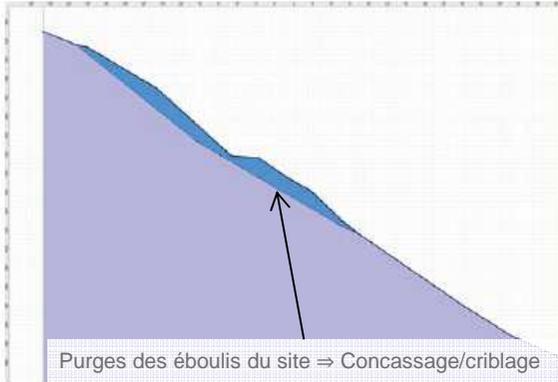
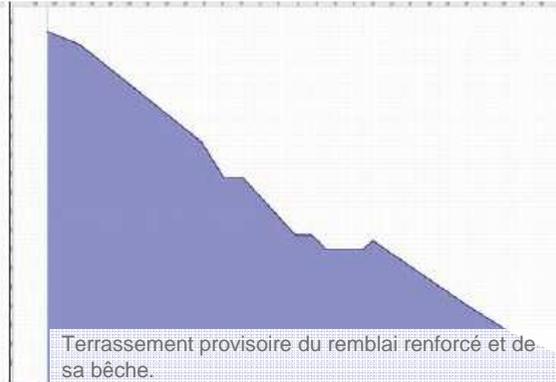


Schéma de phasage



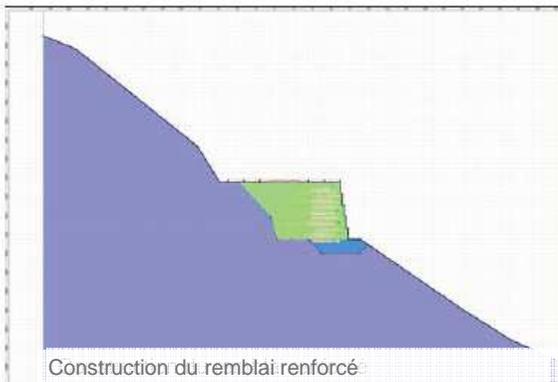
Phase 1: Phase initiale



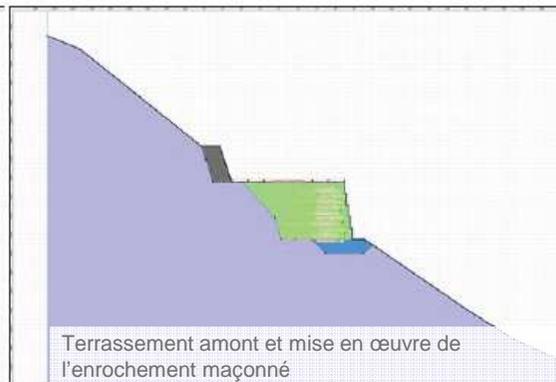
Phase 2: Terrassement provisoire



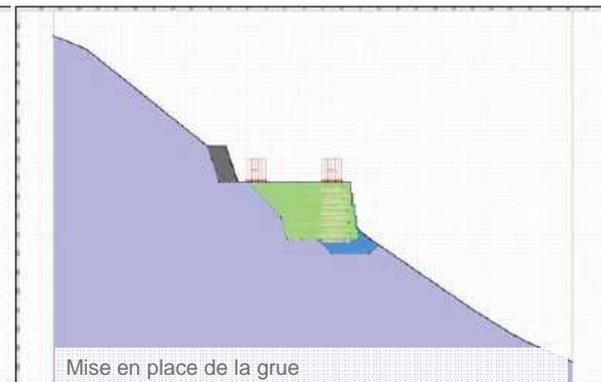
Phase 3: Terrassement du redan arrière



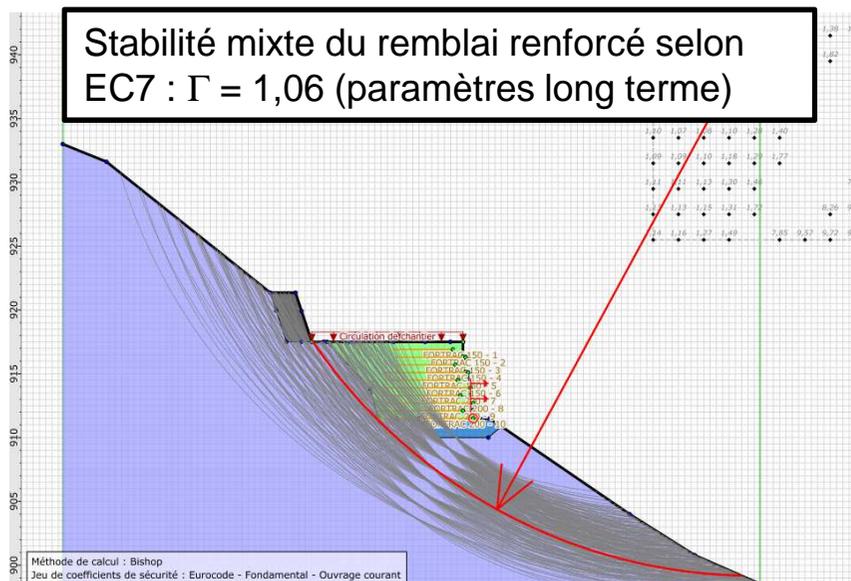
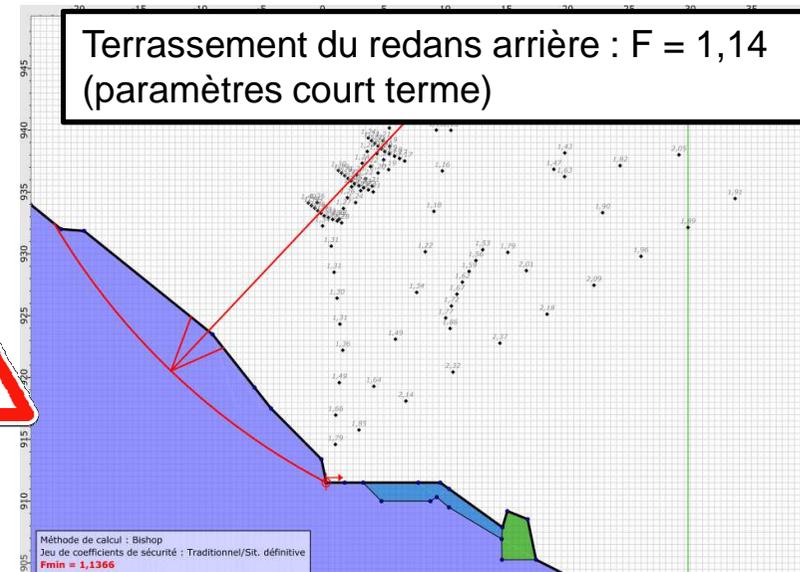
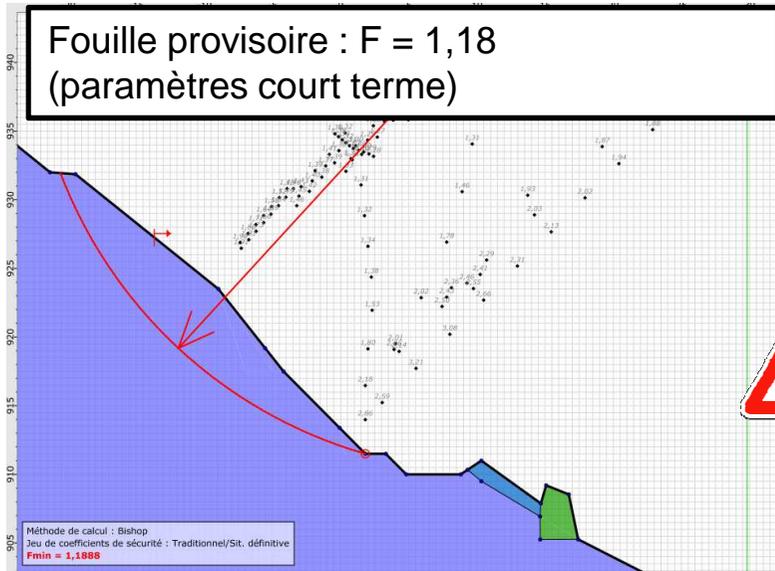
Phase 4: Construction Remblai renforcé



Phase 5: Mise en œuvre enrochements



Phase 6: Plateforme définitive



Malgré un facteur de sécurité inférieur à l'objectif ($F_s \geq 1,20$ pour les phases de terrassement provisoire) cette solution a été retenue en concertation avec la maîtrise d'œuvre compte tenu de la brièveté de la phase critique et de l'absence de personnel en pied de remblai (pelle mécanique uniquement)



Conclusions



En conclusion :

- Au droit des pistes à créer : peu ou pas de données géotechniques
 - Approche « naturaliste » couplée à des calages à rebours et complétée à l'avancement par la réalisation de sondages et essais complémentaires.
 - Définition de profils en travers type adaptables aux conditions de terrain réellement rencontrées (reliefs de second ordre, lithologie locale)
 - Importance du suivi hebdomadaire et de la concertation sur site entre le terrassier / géotechnicien / maîtrise d'œuvre.
- Au droit des plateformes de levage
 - Optimisation des phases de terrassement provisoire fréquemment critique.
 - La stabilité générale à l'état final doit être au moins égale à la stabilité générale initiale.





MERCI pour votre attention !

Setec terrasol
Tour Central Seine
42 - 52, quai de la Rapée
75583 Paris cedex 12

t.rossi@terrasol.com
f.binet@terrasol.com

www.terrasol.com