

# BARRAGE DES BLANCHETS : UNE ÉTANCHÉITÉ SOUS FORTES CONTRAINTES

## *THE BLANCHETS DAM: A HIGHLY STRAINED GEOMEMBRANE*

Luc DEROO<sup>1</sup>, Olivier LAPEYRE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ISL, Paris, France

<sup>2</sup> ISL, Lyon, France

**RÉSUMÉ** – Le barrage des Blanchets est destiné à l'alimentation en eau potable dans la station de ski de La Plagne, dans les Alpes françaises ; il a fait l'objet d'une récente opération de surélévation. Les contraintes environnementales et paysagères ont obligé à retenir une solution innovante pour le talus amont : étanchéité par géomembrane protégée par des enrochements, sur pente raide (2H/1V), l'équilibre étant assuré en partie par géotextile de renforcement. L'article présente les particularités du site, les contraintes de l'opération de surélévation, les choix de conception et les méthodes de dimensionnement utilisées, ainsi que les principaux enseignements des travaux.

**Mots-clés** : Barrage - Altitude - Géomembrane

**ABSTRACT** – The Blanchets Dam has been built in the La Plagne ski resort and is dedicated to drinking water supply. It has been recently raised. Environmental considerations have strongly influenced the project, and have led to an innovative design for the upstream facing: geomembrane protected by rip-rap, on a fairly steep slope (2H/1V), the stability being secured by a specific geotextile with high tensile strength. The paper gives a general overview on the dam site, the projects, the methods used for the design, and the construction.

**Keywords**: Dam - Altitude - Geomembrane

## 1. Introduction

Le barrage des Blanchets est destiné à l'alimentation en eau potable dans la station de ski de La Plagne, dans les Alpes françaises. L'évolution de la réglementation européenne relative à la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine a obligé le Maître d'Ouvrage à déclasser une des sources naturelles qu'il utilisait et à la remplacer par une augmentation de la réserve du barrage des Blanchets.

La surélévation a été une opération rendue délicate par la situation du barrage, en altitude (2500 m), dans un secteur soumis aux avalanches et sans accès possible dès la fin d'automne lorsque le réservoir est plein. Les enjeux humains à l'aval sont réels : le barrage domine des résidences de la station.

## 2. Contexte du projet

### 2.1 Objectifs du projet

La retenue des Blanchets permet l'alimentation en eau potable des stations de sports d'hiver de la Plagne et de ses satellites. Elle fait partie d'un réseau alimenté par des sources, dont les écoulements ne sont pas suffisants pour faire face aux besoins en période hivernale.

Le Syndicat Intercommunal de la Grande Plagne a donc décidé d'accroître la capacité de stockage de la retenue des Blanchets. Les objectifs de capacité de stockage sont fixés à 456 000 m<sup>3</sup> de capacité de stockage au lieu de 154 000 m<sup>3</sup> avant les travaux. Cela permet de garantir la consommation hivernale en eau potable de la station de la Plagne à l'échéance de 15 ans.

### 2.2 Les intervenants

Maître d'ouvrage : Syndicat Intercommunal Grande Plagne (Savoie, Aime)

Conducteur d'opération : DDE Savoie, Service Ingénierie (Chambéry)

Exploitant de la retenue : ECHM (Savoie, Bourg Saint Maurice)

Maître d'œuvre : ISL (Paris), assisté de Burgeap (Grenoble, Isère) pour le suivi des travaux

Mandataire du groupement de réalisation : Entreprise Socco (Chavanod, Savoie)

Entreprise chargée de la fourniture et pose du DEG : FLI Solmax et AGE (Barberaz, Savoie)  
Service de contrôle : DDAF Savoie (Chambéry), assistée par le Cemagref (Aix en Provence)

### 2.3 Situation

Le barrage est situé sur la commune de Macot – La Plagne, il domine le village de Belle Plagne. Il est situé à une altitude de 2350 m environ au milieu de la zone skiable de la station de La Plagne (Figure 1).

Le barrage des Blanchets est implanté sur un verrou glaciaire, dans une zone où préexistaient deux petits lacs naturels. Le substratum rocheux est constitué de quartzites triasiques, intensément fracturés à l’affleurement.

La rive droite (côté Est) est constituée des reliefs marqués de la crête des Bourtes, en rocher quartzitique. La rive gauche est moins rocheuse : la carte géologique régionale fait état d’une faille à remplissage de cargneules, orientée Nord-Sud, qui passerait au large de la retenue. Ces terrains rocheux (quartzites, cargneules) sont perméables.



Figure 1. Situation du barrage des Blanchets

### 2.4 Le barrage existant

Le site a été équipé d’un barrage en 1980, de hauteur maximale en crête environ 10 m. Ce barrage initial est du type remblai étanche, protégé par des recharges en enrochements. Les digues sont constituées d’un remblai d’« éboulis quartzitiques à fines », protégé à l’amont et à l’aval par des recharges en enrochements (Figure 2). Un filtre est interposé entre le remblai et les enrochements. Au moment des travaux, le rocher a été, selon les documents de chantier, « décapé avec soin avant la construction du barrage ».

À la première mise en eau, les fuites sont importantes : plus de 15 l/s ; ces fuites se manifestent sous la forme de résurgences au pied du barrage et dans le rocher à l’aval (une dizaine de zones de résurgences sont observées).

À ce débit des fuites visibles, il faut ajouter les fuites "occultes", estimées à plus de 5 l/s par un bilan des volumes transitant dans le lac.

La figure 3 illustre la coupe type du barrage et l’interprétation des débits de percolation.



Figure 2. Le barrage avant les travaux

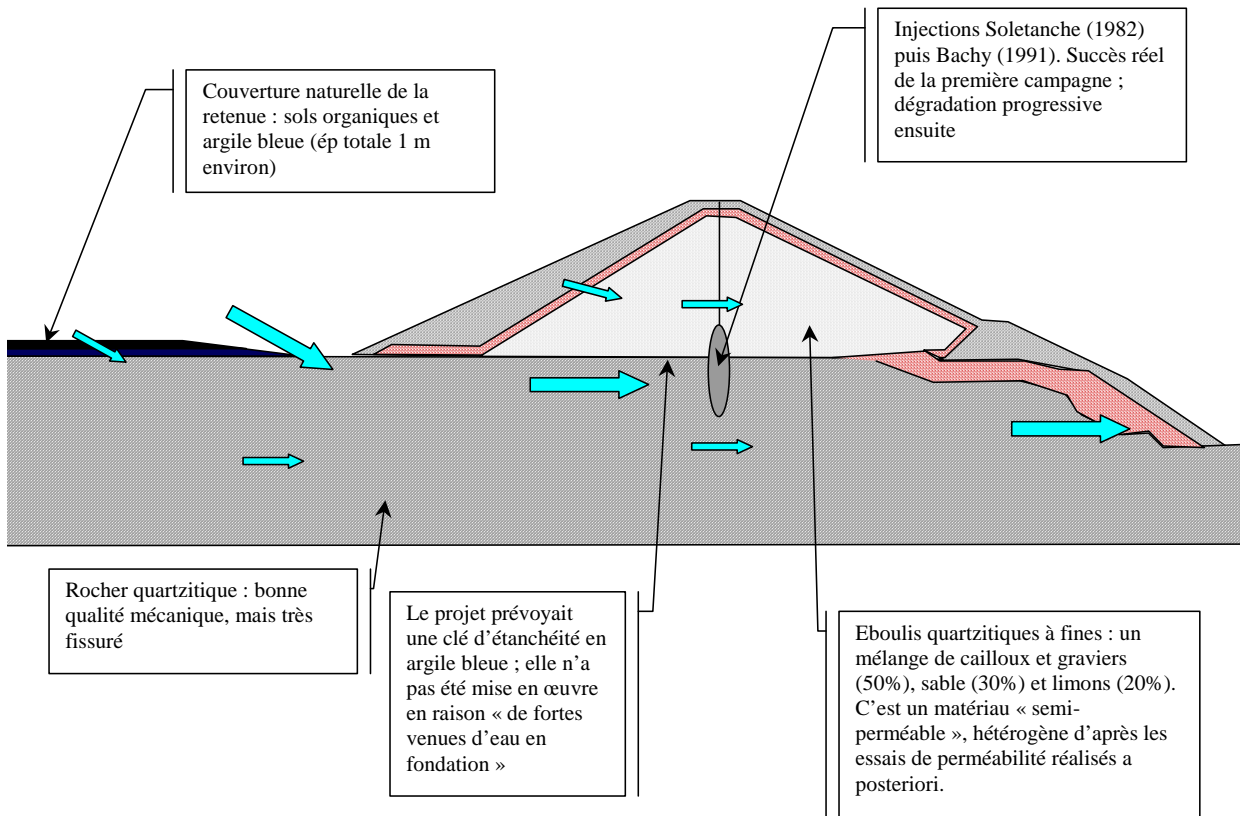


Figure 3. Le barrage avant les travaux - coupe-type et illustration des percolations.

Ces fuites posent deux problèmes : perte de ressource en eau et risque d'érosion du corps de digue. Des travaux d'injection sont menés, pour tenter de limiter le débit des fuites. Deux campagnes d'injection sont réalisées, avec un certain succès. L'évolution des débits de percolation visibles est la suivante : 1981 (mise en eau) : 15 l/s, ramené à 2 l/s après injections ; 1992 : 4 l/s, ramené à 1 l/s après injections ; 2002 : 3 l/s ; 2005 : 4 l/s.

## 2.5 Les principaux aléas

### 2.5.1 Aléa géologique

Le barrage est situé dans un contexte géologique difficile. Ce contexte a été apprécié par des études géologiques, par le retour d'expérience sur le barrage existant et par une campagne approfondie de reconnaissances géotechniques (sondages carottés, reconnaissance géophysique par profils électriques, sondages destructifs). Les principaux traits de la géologie sont les suivants :

1. La fondation quartzitique est rocheuse de bonne qualité, mais très fissurée et donc perméable ; les sondages de reconnaissances ont montré que la fracturation restait intense en profondeur,
2. Un accident géologique important passe à proximité du barrage. Cet accident est matérialisé par une faille d'épaisseur plurimétrique, subverticale, et remplie de cargneules. Les cargneules sont des matériaux bréchiques, qui contiennent des gypses et sont donc sensibles à l'eau : ils peuvent être progressivement dissous. L'étude géologique a montré que le barrage échappe à cette faille, mais que des cargneules affleurent à l'extrémité amont de la retenue.
3. La retenue est entièrement tapissée d'argiles bleues, d'origine glaciaire. Ces argiles sont imperméables ; l'épaisseur de la couverture argileuse est métrique.
4. A l'aval du barrage, une part importante des écoulements de percolation (tous les écoulements visibles et probablement une partie des écoulements occultes) ressurgit en surface ; il s'agit donc d'écoulements superficiels.

### 2.5.2 Aléa avalanche

Le lac des Blanchets est dominé par des pentes de hauteur modérée. L'activité avalancheuse dans ce secteur est réputée, selon les cartes CLPA et selon le gestionnaire de la station de ski, peu intense.

Cependant, on ne peut pas exclure la formation, par conditions hivernales exceptionnelles, d'une avalanche qui viendrait impacter la retenue. Le risque est alors qu'une vague se forme ("intumescence"), qui viendrait submerger la crête du barrage, et éventuellement créer une brèche dans le remblai. Une analyse détaillée de ce risque a été entreprise.

Les couloirs avalancheux ont été identifiés (figure 4) ; pour chacun d'eux, une étude a conduit à déterminer les caractéristiques d'une éventuelle avalanche de très faible probabilité (période de retour plus que centennale).



Figure 4. Couloirs avalancheux

Les conditions de l'avalanche à l'impact sur le lac étant connues, il est possible d'évaluer, par diverses méthodes analytiques et empiriques (par exemple : Huber et Hager, 1997), la hauteur des vagues susceptibles de se former, et les conditions de propagation de ces vagues dans la retenue. Les calculs sont certes approximatifs, mais ils ont permis, en multipliant les tests de sensibilité (aux hypothèses, aux méthodes de calcul), d'évaluer un risque avalanche sur le site.

Des mesures de protection ont été discutées (protection passive sur les pentes, déclenchement préventif, ...). La mesure finalement retenue a consisté à surélever de 50 cm la cote de crête du barrage, pour limiter le risque de surverse. Cette hauteur de surélévation a été déterminée par analyse de risque à partir des études quantitatives.

### 2.5.3 Aléa chute de blocs

Des blocs de rocher sont susceptibles d'impacter la retenue et le barrage. Ces blocs tombent depuis le roc du Diable, qui domine la rive droite de la retenue (Figure 1).

Ce risque n'est pas uniquement théorique : il s'est formé un éboulis au pied de cette falaise.

Pour limiter l'incidence du risque de chute de blocs, les mesures suivantes ont été prises :

- épaissement de la protection du DEG dans la zone d'impact potentielle,
- positionnement de la tour de prise suffisamment à l'aval pour échapper à la principale zone d'impact (cela a conduit à insérer la base de la tour de prise dans le remblai, ce qui a rendu plus difficile le raccordement avec le DEG),
- dimensionnement du ferrailage de la tour de prise pour résister à un impact de bloc.

Pour la sécurité des travailleurs en phase chantier, une purge préalable de la falaise a été effectuée (travaux sur cordes).

### 2.5.4 Aléa séisme

La présence d'une faille importante à proximité du barrage impose de prendre en compte le risque de séismes forts. Pour limiter l'incidence du risque sismique, les mesures suivantes ont été prises :

- conception d'un corps de digue peu sensible au séisme (le risque principal étant celui d'une déchirure de la géomembrane, cette perte d'étanchéité ne doit pas entraîner un risque de rupture du barrage),
- prise en compte de l'accélération sismique dans le dimensionnement des pentes de talus du barrage,
- prise en compte de l'accélération sismique dans le dimensionnement de la tour de prise.

### 2.5.5 Aléa météorologique

Les aléas météorologiques sont multiples :

- en phase chantier, forts risques de conditions météorologiques incompatibles avec les travaux (neige, pluie, températures),
- en service, risque crue, qui a conduit à prévoir un évacuateur de crue significativement plus grand que l'évacuateur équipant le barrage initial,
- en service, risque d'englacement de la retenue, qui peut endommager les structures,
- en service, forte prévalence de conditions orageuses, qui peuvent endommager les réseaux électriques.

Les aléas en phase travaux ont conduit à prévoir des plannings d'intervention très serrés, ce qui a parfois nui à la qualité de réalisation.

L'englacement de la retenue a des incidences sur le dimensionnement des ouvrages en béton (problématique de dilatation thermique de la glace). L'englacement pose également des difficultés vis-à-vis de la pérennité du DEG :

- dans le cas de DEG exposés, les chutes de blocs de glace peuvent endommager la membrane, comme l'a montré le retour d'expérience sur la retenue de Forcle, distante d'à peine 500 m du site,
- dans le cas de DEG protégés, la glace prise dans le rip-rap peut, en chutant, entraîner des blocs.

## 3. Le projet

### 3.1 Parti général : remblai drainant avec DEG

Au moment du concours d'ingénierie, la question s'est posée du meilleur parti pour assurer l'étanchéité du barrage. Trois options pouvaient être envisagées : le noyau argileux, la paroi centrale, le masque amont.

Le noyau argileux a été écarté : il était impossible d'utiliser l'argile de la cuvette, sauf à compromettre son étanchéité naturelle, et toute exploitation d'autres gîtes d'argile posait des difficultés environnementales sérieuses.

La paroi centrale a été écartée, car il aurait été difficile d'assurer l'encastrement dans la frange superficielle du rocher, sauf à mettre en œuvre des moyens excessivement lourds pour ce projet (type hydrofraise).

Le masque amont s'est donc imposé. La solution géomembrane a été préférée au masque en béton armé, car l'étanchéité offerte par une membrane a été jugée meilleure que celle offerte par le béton armé.

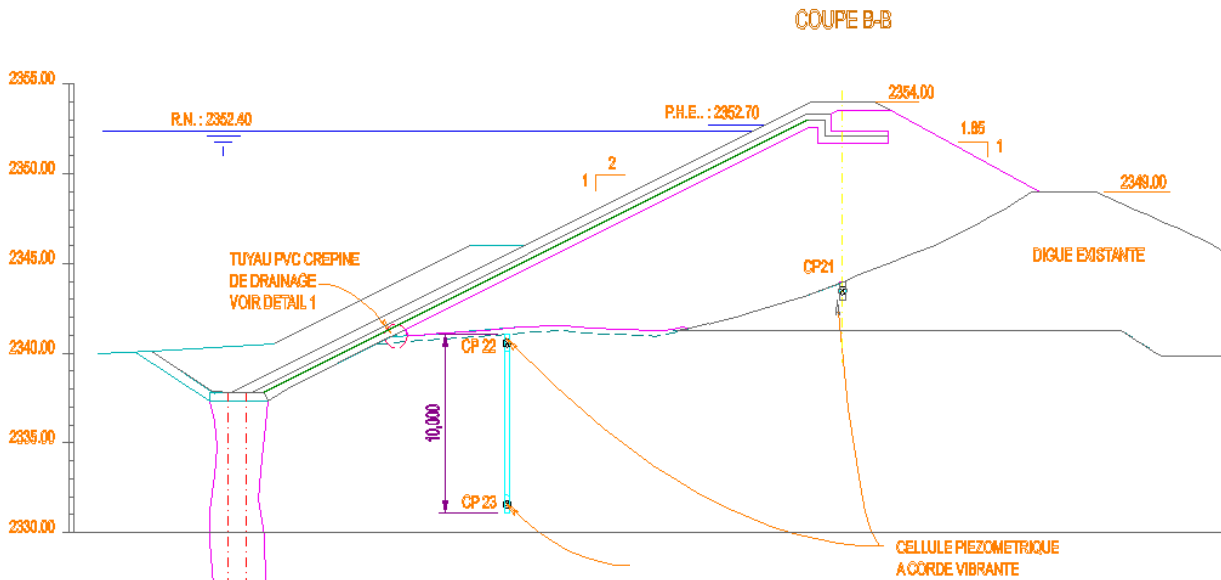


Figure 5. Coupe-type du nouveau barrage

### 3.2 Particularités du projet

#### 3.2.1 Particularité 1 : pas d'étanchement de la cuvette

La plupart des projets de barrage d'altitude font l'objet d'un étanchement complet : talus amont du barrage et ensemble de la cuvette. Ici, ce n'est pas la solution qui a été retenue : la cuvette n'est pas revêtue de géomembrane. La première raison de ce choix est technico-économique : les dimensions de la cuvette sont importantes, et l'étanchement complet coûte cher. Les considérations environnementales et paysagères ont également pesé en faveur d'un projet sans étanchement artificiel de la cuvette.

Techniquement, il est, sur ce site, envisageable de limiter l'étanchement artificiel au talus amont du barrage :

- la cuvette est presque entièrement tapissée d'argile,
- les écoulements par les quartzites de fondation sont, pour une part significative, superficiels (ils ressurgissent à l'aval) : ils peuvent être effectivement coupés par un voile d'injection.

Bien entendu, l'étanchéité offerte par le voile d'injection est moins bonne que celle obtenue avec un revêtement complet de la retenue. Des fuites sont possibles :

- par les imperfections d'étanchéité naturelle de la cuvette,
- par les inévitables imperfections d'étanchéité du voile d'injection,
- par contournement du voile d'injection, par dessous ou par les rives,
- au raccordement entre l'étanchéité du barrage (DEG) et de la fondation (voile d'injection).

Le projet est conçu en admettant que des fuites puissent se produire. Ces fuites doivent rester tolérables pour l'exploitation (moins de 4 l/s) et ne pas nuire à la sécurité et la pérennité du barrage. La conception du barrage peut supporter des défauts d'étanchéité importants, sans remettre en cause la sécurité de l'ouvrage. En effet, l'essentiel du barrage est constitué d'enrochements, drainants, qui supporteraient une mise en charge partielle. Par ailleurs, un dispositif spécifique de collecte des percolations a été créé (récupération des eaux à l'aval immédiat du DEG et en fond de fouille) ; un suivi d'auscultation, en débits et piézométrie, est mis en œuvre.

#### 3.2.2 Particularité 2 : géomembrane protégée

Beaucoup de retenues d'altitude sont équipées d'une géomembrane exposée.

La géomembrane exposée présente deux avantages importants : le coût et la possibilité de maintenance de la membrane. Ici, cette conception n'a pas été jugée envisageable. La première raison est l'insertion paysagère : l'étude d'impact a montré qu'il fallait prévoir un parement amont revêtu d'enrochements de quartzites.

Les considérations techniques ont également pesé en faveur d'une protection de la membrane. En effet, de nombreux facteurs peuvent conduire à percer la membrane (chute de blocs, chute de glaçons, perforation par la glace). Or, si une intervention de réparation est en théorie possible, elle ne l'est pas toujours en pratique : si les défauts ne sont pas détectés à temps, la réparation oblige à vider la retenue,

ce qui peut faire perdre une année d'exploitation. La retenue de Forcle voisine est ainsi restée vide de nombreux mois en raison de perforations de la membrane.

Le choix s'est donc porté vers une membrane protégée.

### 3.2.3 Particularité 3 : raideur des talus

Les contraintes du site ont imposé de prévoir, pour le barrage, des talus raides.

En effet, la disponibilité en matériaux de construction ne permettait pas d'adoucir de manière significative les pentes, et des talus plus doux auraient imposé de reculer la tour de prise vers l'amont, dans une zone plus exposée aux chutes de blocs.

Cependant, les talus raides, associés à la nécessité de protéger le DEG par des enrochements, imposent de prendre des dispositions particulières, pour assurer la stabilité de la protection. Il y a un risque que la protection (les enrochements) glisse sur le DEG.

Pour éviter cela, le projet comporte :

- une berme (1), couche épaisse de tout venant, butée en pied de talus et donc auto-stable (elle ne peut pas glisser sur le DEG), sur laquelle vient reposer la protection de la partie haute (2),
- au-dessus de la berme, un géotextile de renforcement (3) ancré en tête, qui reprend une partie du poids de la protection en partie haute,
- un ancrage en crête (4).

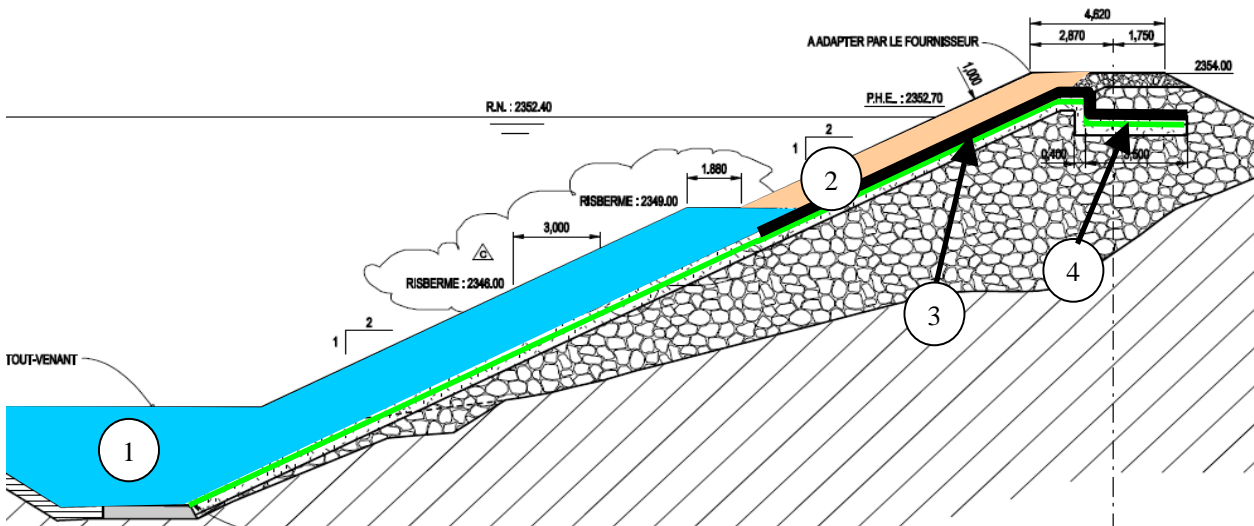


Figure 6. Coupe-type au droit du merlon rocheux

## 3.3 Conception du DEG

### 3.3.1 Conception générale

Le DEG comporte, depuis le bas vers le haut :

- (a) un matériau de transition (granulats 0-30 mm),
- (b) un géotextile inférieur anti-poinçonnant (GPR 700),
- (c) une géomembrane PVC, Flagon AT 1,5 mm
- (d) un géotextile supérieur anti-poinçonnant (GPR 400).

complété, en partie haute de l'ouvrage (en rouge), par :

- (e) un géocomposite (Colbond) associant un géotextile tissé polyester 200.50PET cousu à une géonatte tridimensionnelle de filaments polyamide (Enkamat 7010) ; le tissé polyester apporte la résistance à la traction ; la géonatte "accroche-terre"

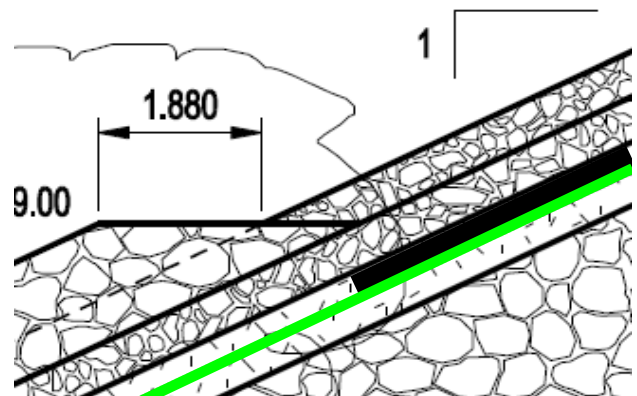


Figure 7. Agrandissement de la figure 6

- apporte l'accrochage avec les matériaux de protection  
 et recouvert par la protection :
- (f) une couche de matériau de transition (granulats 0-30 mm)
  - (g) le rip-rap (enrochements 0-500 mm).

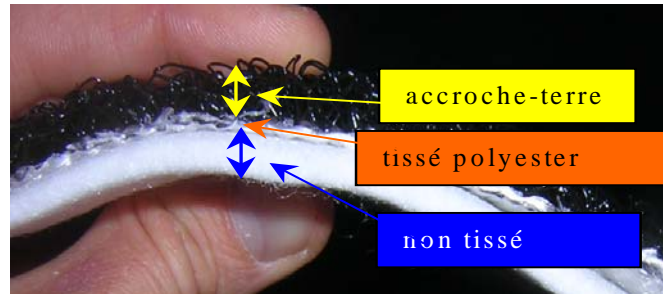


Figure 8. Les éléments (d) et (e) du DEG

### 3.3.2 Raccordement sur la plinthe en partie basse

Le raccordement sur la plinthe est réalisé par liaisonnement mécanique.

Pour obtenir une étanchéité de qualité, des spécifications sévères étaient appliquées à l'état de surface du béton devant recevoir l'accostage de la membrane (planéité 2 mm sous la règle de 2 m et 1 mm sous la règle de 20 cm)

En pratique, la qualité d'exécution du fini de surface de la plinthe a été médiocre, et les délais très serrés d'exécution n'ont pas permis d'y remédier. Il a fallu se contenter de l'insertion d'une bande PVC compressible entre le plat inox et le béton, en espérant que cette bande puisse limiter les défauts d'étanchéité.

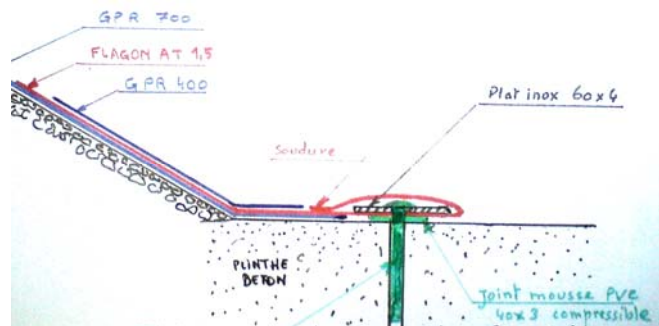


Figure 9. Raccordement sur la plinthe

### 3.3.3 En partie supérieure, ancrage en crête et mise en traction

En partie supérieure, l'étanchéité est arrêtée 50 cm au-dessus du niveau des Plus Hautes Eaux (crue décennale). Le DEG est conçu de telle sorte que, si nécessaire (c'est-à-dire s'il y a amorce de glissement à l'une des interfaces du DEG), alors :

- le poids de la protection est repris par le géotextile de traction,
- la traction dans le géotextile est équilibrée par l'ancrage en crête.

### 3.4 Conception de la protection (rip-rap)

Le rip-rap joue un rôle déterminant de protection contre les vagues, contre les chutes de blocs, contre les effets de débâcles de glace.

Le rip-rap est fortement sollicité, notamment en fin d'hiver :

- la retenue est englacée, avec une épaisseur pouvant atteindre, en théorie, 1,20 m,
- la retenue est progressivement vidée : la couche de glace se brise, et peut, en tombant, entraîner des blocs.

Il n'existe pas de critères de dimensionnement de l'épaisseur des blocs vis-à-vis de ce phénomène. Les expériences passées (ICOLD, 1996) et les analyses des dégâts qui en ont découlé semble faire ressortir une certaine corrélation en le  $D_{50}$  du rip rap et l'épaisseur de la couverture de glace. Si le  $D_{50}$  est inférieur à l'épaisseur de la couche de glace, le rip rap pourra être endommagé. Cette corrélation a été obtenue en observant plusieurs barrages en Alaska principalement et en prenant en compte d'autres phénomènes (soulèvement lors d'une montée des eaux, fortes marées...).

Dans le cas de la retenue des Blanchets (épaisseur de glace de 1,20 m), cette corrélation est très pessimiste, d'autant que le retour d'expérience sur la digue existante montre qu'il n'y a pas eu de désordres dus à l'action des glaces sur le parement existant. La granulométrie de ce parement est de l'ordre de 100-500 mm.

Ont donc été prévus :

- un rip-rap avec des blocs de même diamètre que sur le barrage existant,



- un entretien annuel du rip-rap par l'exploitant (remise en ordre des blocs déplacés).

### 3.5 Calculs justificatifs

La conception du DEG n'est pas standard. Le projet associe en effet une pente raide et une protection du DEG. Cette association impose de vérifier précisément la stabilité de la protection sur le DEG.

Trois facteurs clé interviennent : le glissement aux différentes interfaces, l'effet de "butée de pied", la mise en traction du géotextile (à équilibrer, dans un deuxième temps du calcul, par l'ancrage en crête).

La procédure de calcul consiste à calculer l'équilibre de la protection, en tenant compte de la combinaison de ces différents effets. Pour cela, on postule une surface de glissement (BACD sur la figure 10), qui court le long de l'interface, et traverse la "butée de pied". La surface de glissement est entièrement définie par l'angle  $\beta$  ; il s'agit alors de rechercher l'angle  $\beta$  le plus défavorable.

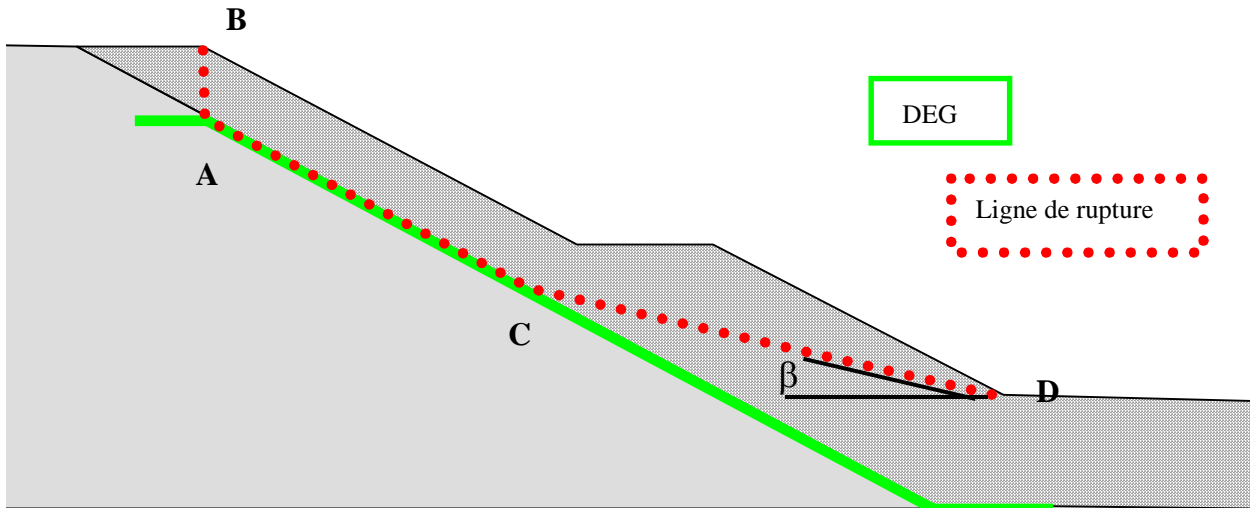


Figure 10. Schéma pour le calcul d'équilibre de la protection

La procédure de calcul (entièrement analytique) est disponible sur demande.

Dans le cas du barrage des Blanchets, nous avons utilisé deux critères :

- en situation normale, pas de traction dans le géotextile de renforcement (la protection tient uniquement par frottement + butée de pied),
- en situation exceptionnelle (retenue vide + surcroît de poids par l'englacement), possibilité de mobiliser la traction du géotextile de renforcement.

## 4. Les travaux

### 4.1 Planche d'essai

Parmi les paramètres de la note de calcul, le plus incertain est la résistance au cisaillement (l'angle de frottement) aux interfaces. Des essais de laboratoire ont été pratiqués, qui ont donné des valeurs indicatives. Pour apprécier l'angle de frottement effectif, une planche d'essai a été conduite sur le site.

Plus généralement, l'essai poursuivait trois objectifs :

- 1-évaluer l'angle de frottement mobilisable à l'interface entre géomembrane et géotextiles,
- 2-vérifier l'absence de poinçonnement du DEG sous chargement,
- 3-apprécier les conditions de mise en œuvre du DEG et du matériau de rechargement.



Figure 11. Chargement de la planche d'essai

Les diverses couches du DEG ont été installées (un lé : largeur 2 m). L'ancrage en tête a été remplacé par un simple lestage.

Le DEG a été chargé à la pelle. Pour solliciter le plus possible le DEG, ce matériau a été mis en œuvre sans butée de pied.

Pour conduire à la rupture, le DEG a été progressivement découpé, entre rampant et lestage en crête. Après avoir coupé 45 cm de DEG, un glissement d'ensemble s'est produit.

La surface de glissement s'est produite à l'interface entre le géotextile de renforcement (descendu dans la pente avec la recharge) et le géotextile de protection de la membrane (resté en place).

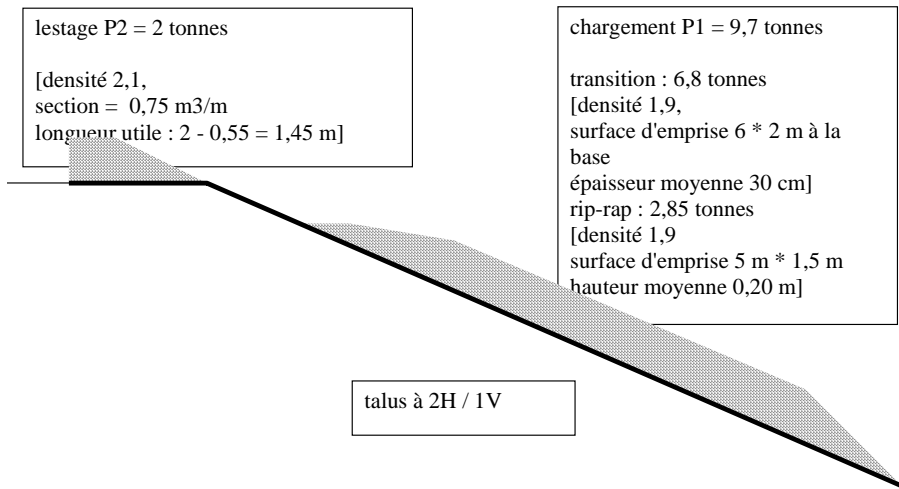


Figure 12. Modèle pour l'interprétation

Le modèle de l'essai est reproduit ci-contre. Il a permis de calculer l'angle de frottement mobilisé à la rupture (équilibre des forces); cet angle de frottement a été calculé, sur la base de l'essai, à 21°.

L'essai a également permis de vérifier la résistance au poinçonnement (circulation de la pelle sur la partie lestée).

#### 4.2 Mise en œuvre sur le rampant

La mise en œuvre du DEG n'a pas occasionné de difficultés particulières.



Figure 13. Installation du DEG



Figure 14. Mise en œuvre de la protection

Une des contraintes de la procédure de construction exigeait de monter tout le remblai de la protection progressivement (en montant en parallèle la transition et le rip-rap). Cette exigence permet de s'assurer que la butée de pied est mise en œuvre complètement avant de monter les parties supérieures du remblai. On évite ainsi une mise en traction prématurée du géotextile de renforcement. Il a été difficile de faire respecter cette consigne.

#### 4.3 Raccordement aux ouvrages

Le raccordement de la géomembrane aux ouvrages a posé quelques difficultés. Ces difficultés sont toutes venues d'une attention insuffisante apportée à la qualité de réalisation des travaux : non respect des procédures qualité, non respect des plans d'exécution.

Les circonstances particulières d'exécution sont ici à mettre en cause :

- délais rendus inhabituellement serrés en raison des contraintes climatiques,
- forte activité des entreprises de travaux publics en saison estivale : l'encadrement est moins disponible.

Le retour d'expérience de ce chantier montre qu'une surveillance à pied d'œuvre est nécessaire pendant les phases importantes du chantier (préparation et pose DEG par exemple). Cette contribution à la Surveillance à Pied d'œuvre sort du cadre de la mission DET de maîtrise d'œuvre : elle doit être spécifiée par les Maîtres d'ouvrage dans leurs documents de consultation des maîtres d'œuvre.



Figure 15. Raccordement à la plinthe

#### 4.4 Mise en eau de la retenue

La retenue a été mise en eau en 2007. Elle a connu deux cycles de remplissage-vidange. Des écoulements sont apparus au pied aval, collectés par le réseau de drainage. Ils s'établissent à environ 0,5 l/s. Il est probable que ces écoulements proviennent des défauts d'étanchéité au raccordement avec la plinthe. Une légère tendance au tarissement a été constatée. Les enrochements du talus amont ont supporté sans dommage les deux hivers.

Un défaut d'étanchéité a été constaté au raccordement entre le DEG et l'évacuateur ; ce défaut a été détecté par le réseau de collecte et de mesure des percolations. Il a été possible de localiser la fuite et d'y remédier, malgré la présence de la protection, qui rendait cette opération plus délicate. Cette possibilité a été permise par l'auscultation : les appareils ont enregistré, au pas de temps journalier, l'évolution de la cote de retenue et des débits de percolation ; il a été facile de déterminer la cote du défaut.

### 5. Conclusion

Le barrage des Blanchets a été conçu avec une étanchéité par géomembrane, protégée par un rip-rap. La conception a été rendue innovante par les contraintes qui pesaient sur le site, en particulier les contraintes de sécurité du barrage et les contraintes environnementales. Il a fallu, concernant le DEG, prévoir un géotextile doté d'une forte résistance à la traction, pour tenir en partie le poids de la protection.

Le retour d'expérience de ce projet milite, en particulier en montagne, pour des géomembranes non exposées : la protection offre une réelle sécurité de préservation de la ressource, et ne rend pas strictement impossible les interventions ultérieures sur ouvrages, pour maintenance de l'étanchéité. La protection de la géomembrane n'empêche pas de devoir prévoir toutes les dispositions en cas de défaut d'étanchéité (collecte, filtration, et drainage des écoulements de percolation, notamment en cas de trou dans la géomembrane).

Le retour d'expérience milite également pour un suivi à pied d'œuvre permanent pendant les phases critiques du chantier. Les occasions de malfaçons sont très nombreuses, et la conception parfois suffisamment technologique pour exiger un respect strict des procédures et plans d'exécution.

### 6. Références bibliographiques

- Huber A., Hager W.H. (1997). Forecasting impulse waves in reservoirs: Commission Internationale des Grands Barrages, Dix-neuvième Congrès des Grands Barrages, Florence, pp. 993-1005.
- ICOLD (1996). Dams and related structures in cold climate - Design guidelines and case studies, Bulletin 105.