



---

## Projet de réfection de la digue de la centrale des Cèdres

---

1<sup>er</sup> mars 2018

### Exemples d'ouvrages avec du till déversé

Ce document présente des exemples d'ouvrage avec du till déversé.

Il s'agit des batardeaux des barrages des aménagements hydro-électriques de LG-2 et LG-4, des batardeaux des barrages KA-3 et KA-5 du réservoir Caniapiscou et du batardeau de la digue LA 24-2 du détournement Laforge.

Les différents ouvrages sont facilement repérables sur les figures suivantes puisqu'ils sont encadrés d'un rectangle rouge.

Exemple d'ouvrage (batardeau) avec du till déversé (extrait p. 123)

Source : S.E.B.J., 1987, Le complexe hydroélectrique de la Grande Rivière, Réalisation de la première phase, 496 p.

**Tableau 6.2**  
Caractéristiques du barrage principal et des digues annexes

Ouvrage	Longueur (m)*	Hauteur max. (m)	Largeur (m)*	Excavation (m <sup>3</sup> )	Remblai (m <sup>3</sup> )	Coupe type
Batardeau 1 (coupure)	471	16	22-39	2 000	433 000	
Batardeau 2 (amont)	649	50	11-26	111 000	1 997 000	
Batardeaux 3 et 4 (aval)	213	20	92-156	34 000	482 000	
Barrage	2 836	162	9	1 115 000	23 192 000	Zonée sur roc
Digue D-1	266	13	8	16 000	34 000	Homogène sur roc
Digue D-2	274	13	8	31 000	30 000	Homogène sur roc
Digue D-3	231	20	8	28 000	31 000	Homogène sur roc
Digue D-4	338	18	9	24 000	75 000	Zonée sur roc
<b>Total</b>	<b>5 278</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1 361 000</b>	<b>26 274 000</b>	

\* En crête.

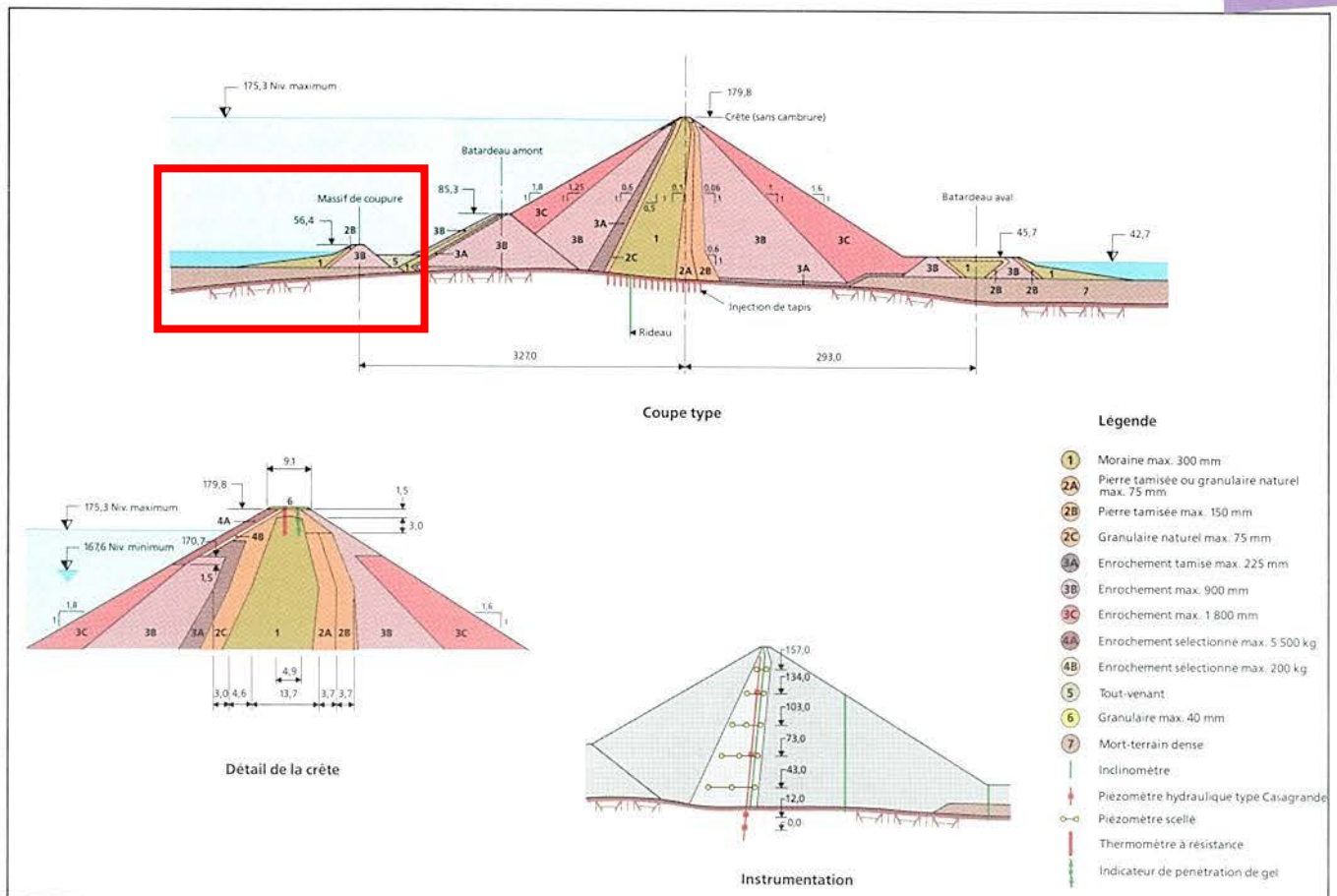
vrage avec noyau central.

La coupe type adoptée apparaît à la figure 6.6. Elle comprend un noyau dont l'assise est légèrement déplacée vers l'amont, protégé par des zones

de filtres et de transitions en matériau granulaire ou en pierre concassée et supporté par des épaulements en enrochement. Les batardeaux sont incorporés au remblai.

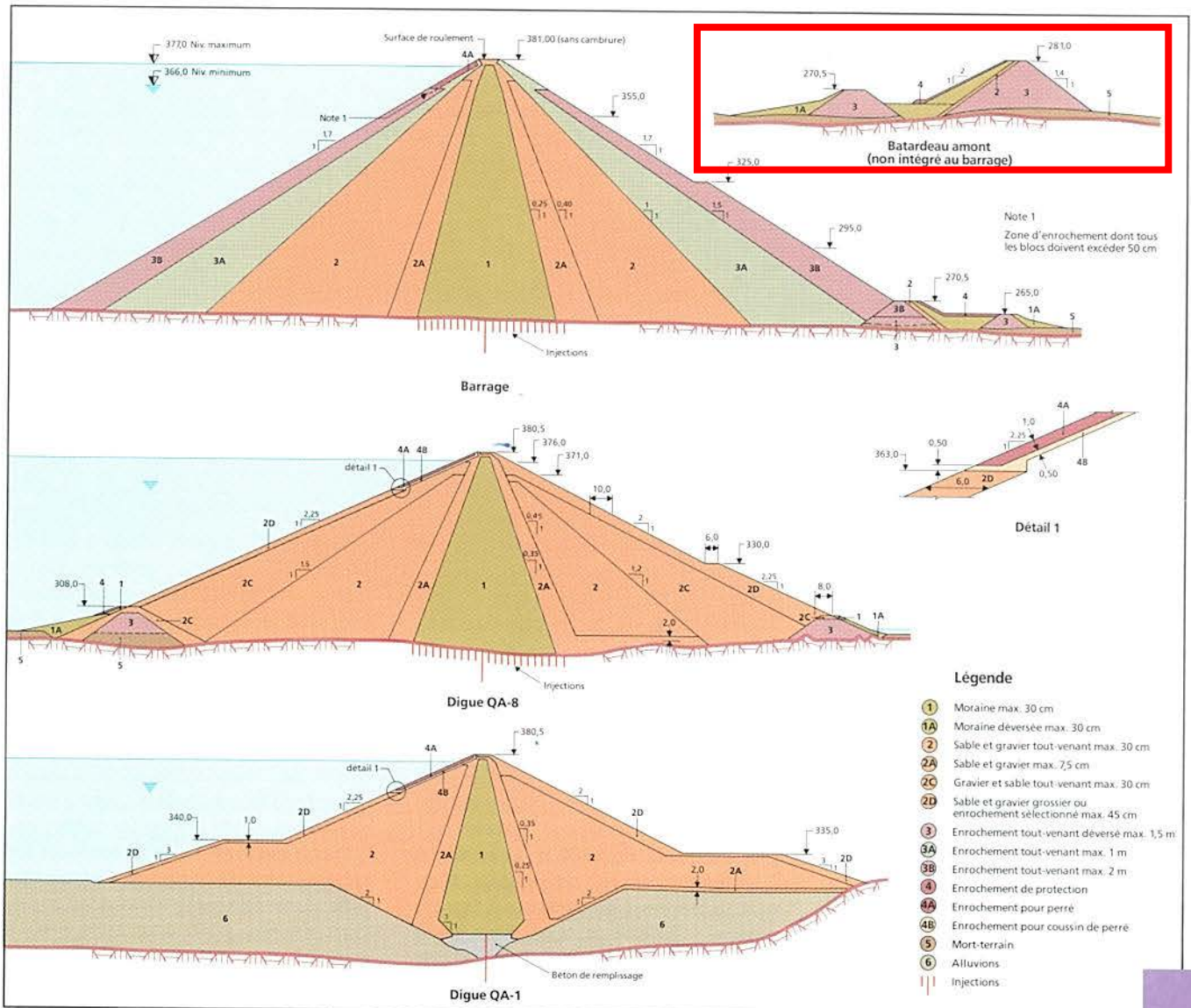
Un noyau de moraine légèrement incliné vers l'amont a été préféré à un noyau vertical. En effet, cette géométrie permet de développer des contraintes de compression plus élevées dans le noyau et une pi

Figure 6.6 – Coupe type du barrage



Exemple d'ouvrage (batardeau) avec du till déversé (extrait p. 245)

Source : S.E.B.J., 1987, Le complexe hydroélectrique de la Grande Rivière, Réalisation de la première phase, 496 p.



selon des plans inclinés à 70° sur l'horizontale et, dans la direction transversale, selon un angle convergent de 5°. À la culée Nord, la courbure de l'axe du barrage permet de renforcer le contact sous l'effet de la poussée de l'eau.

En raison des points soulevés précédemment, cet ouvrage a fait l'objet d'une instrumentation importante (tableau 8.3). En particulier, le dispositif classique d'auscultation des grands ouvrages du Complexe a été renforcé dans les zones d'appui raide de la vallée principale et de courbure inverse de la vallée secondaire. Ce renforcement a consisté en particulier en l'installation de capteurs de contraintes, d'extensomètres longitudinaux et de cellules de tassement.

**Digue QA-8**

La digue QA-8 ferme la vallée de la rivière Stéphane, qui correspond à un ancien lit de La Grande Rivière. D'une hauteur totale de 92 m et s'étendant sur 2000 m, la digue renferme 10,6 millions de m<sup>3</sup> de remblai et constitue ainsi la digue la plus importante du Complexe.

Au site de la fermeture, le bassin versant est petit et ne couvre qu'une superficie de 48 km<sup>2</sup>. Le débit de pointe de la crue vingtenaire est estimé à 10 m<sup>3</sup>/s et son volume d'apport à 15 millions de m<sup>3</sup>. Le document d'appel d'offres laissait à l'entrepreneur le choix entre une dérivation par un conduit en béton ou une dérivation par pompage. Dans les deux cas, le critère de base était que la remontée du niveau de l'eau n'affecte pas

l'exploitation du dépôt 4 situé le long de la rive droite. Le choix de l'entrepreneur s'est porté sur la solution d'une dérivation par conduit. Celui-ci, de section carrée de 2 m de côté, est complètement encaissé dans la fondation rocheuse au droit du noyau et des zones de filtre. À la fin des travaux, il a été obturé par un bouchon en béton. Cette solution a exigé des précautions particulières au niveau des injections pour assurer l'étanchéité des contacts béton-béton, béton-roc et béton-remblai. Les travaux comprenaient donc des injections des vides, depuis l'intérieur du conduit, et des injections de consolidation exécutées à l'extérieur de celui-ci.

La digue QA-8 est un remblai zoné dont les épaulements sont constitués de matériaux granulaires. Les batar-



## Exemple d'ouvrage (batardeau) avec du till déversé (extrait p. 329)

Source : S.E.B.J., 1987, Le complexe hydroélectrique de la Grande Rivière, Réalisation de la première phase, 496 p.

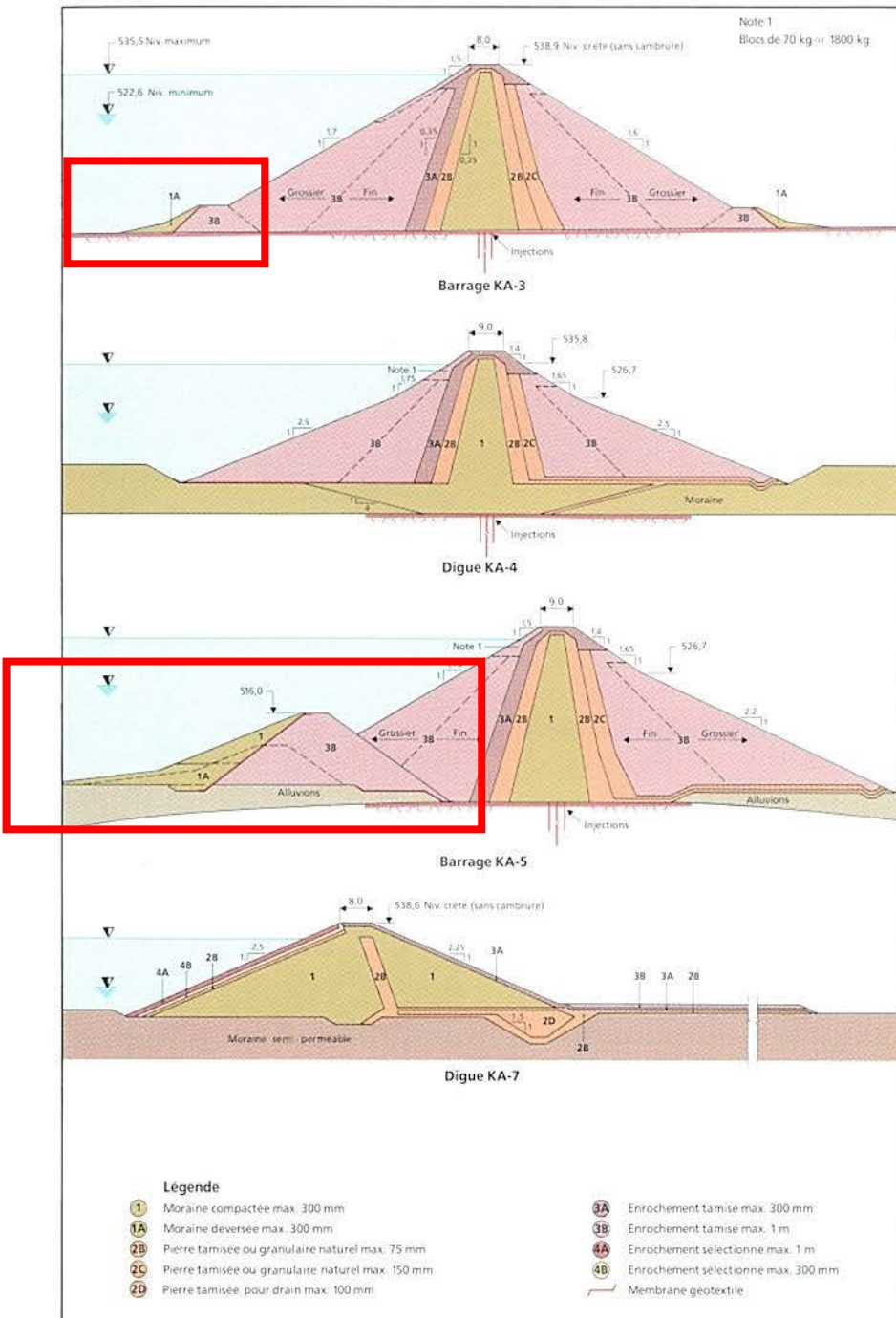


Figure 10.3 – Coupes types des ouvrages de la région Duplanter-Brion

hydrostatique. La capacité du drain est également augmentée par l'utilisation d'une conception multicouche. La berme aval, de 60 m de largeur et occupant environ 30% de la longueur de la digue, est conçue comme un filtre inversé.

L'instrumentation des remblais, pour l'analyse des écoulements au droit de sections types, et de la crête, pour le suivi des déplacements, a été concentrée sur ces quatre ouvrages principaux. Les autres ouvrages ont été

dotés, suivant leurs particularités, de déversoirs de jaugeage installés au pied aval. Le tableau 10.5 donne la liste et le nombre des instruments installés dans chacun des ouvrages.

### Région Brisay-Legend

La fermeture du réservoir est complétée par 28 digues dont la plus haute, KB-21, atteint seulement 24 m. Ces digues, réparties sur une distance d'environ 100 km, sont pour la plupart des ouvrages en enrochement ou homogènes fondés sur le roc ou sur des dé-

pôts morainiques. En quelques endroits, la proximité d'eskers a permis de construire des ouvrages qui sont du type zoné avec épaulements en matériau granulaire, soit les digues KB-22A et KC-28A à KC-30. Dans tous les cas, l'adaptation des coupes types aux conditions de fondation pouvant contenir des passages perméables a été effectuée à l'aide d'un tapis de moraine mis en place sous l'épaulement amont ainsi que d'un tapis drainant et d'une berme en aval avec drain de pied plus ou moins profond selon le cas. Ces dispositions de contrôle des sous-pressions et du gradient de sortie, résultant de la présence d'horizons semi-perméables dans la fondation, sont particulièrement bien illustrées dans le cas de l'ouvrage KB-22 (figure 10.4). Signalons que, pour cet ouvrage, les spécifications prévoient la construction jusqu'au rocher d'une paroi en béton plastique de 2750 m<sup>2</sup>. Cette disposition a été éliminée lorsque l'exploration de détail de la fondation le long de l'axe a montré la présence en profondeur, dans la moraine semi-imperméable, de nombreux blocs pouvant atteindre 3 m de diamètre et d'une vallée secondaire de 20 m de profondeur remplie du même type de matériaux.

Pour tous ces ouvrages, où le passage d'une fondation sur roc à la moraine n'était vraiment précisé que sur place lors des travaux d'excavation, des critères de raccordement étaient spécifiés dans le devis technique. En principe, la moraine de fondation était excavée sur une distance suffisamment longue pour former une tranchée au roc et prolonger la coupe totale au-delà du contact rocher-moraine. La profondeur de la tranchée se réduisait graduellement pour atteindre la profondeur nominale de 1,5 m sous le noyau. Le rocher mis à nu dans la zone de transition et pénétrant le dépôt de moraine était injecté. À l'extrémité de la tranchée, des trous d'injection disposés en forme d'éventail étaient ajoutés pour ainsi injecter une zone additionnelle de rocher sous le dépôt de moraine (figure 10.5).

Seule la digue KC-25, d'une hauteur maximale de 15 m, a été fondée directement sur un esker. Malgré la faible profondeur du dépôt, une coupe type particulière a été adoptée. Elle



... m d'épaisseur. Au sommet, 48 m de la surface inondée par le bassin Fondues occupe 240 km<sup>2</sup>, dont la moitié environ correspond à des plans d'eau déjà existants.

## Le tronçon inférieur du détournement Laforge

### Digues

Comme il a été indiqué dans l'introduction du chapitre 10, trois séries de digues ont été construites le long du tronçon inférieur du détournement Laforge (figure 10.2). Les caractéristiques principales de ces digues sont indiquées au tableau 10.7.

### Digues Malard-Robutel

Ces 12 digues de faible hauteur, soumises à des charges d'eau ne dépassant pas 5,5 m à l'exception de KN-14, sont conçues de façon à utiliser au maximum les matériaux naturels disponibles dans les environs et à éliminer les traitements de fondation coûteux. La conception tient compte du fait que les charges d'eau maximales ne s'appliquent que de façon temporaire et uniquement au cours de l'hiver lorsque le plan d'eau est gelé. Les principes adoptés consistent en un adoucissement substantiel des pentes dans le but de ne pas avoir à les protéger contre les érosions de surface causées par les vagues en amont et le ruissellement en aval. De plus, en allongeant le chemin de percolation, cette disposition offre une protection accrue contre l'érosion interne de la fondation morainique par les eaux d'infiltration. Les excavations sont réduites au minimum et limitées au droit du noyau. Le traitement du rocher n'est prévu qu'en cas de discontinuités importantes rencontrées lors des travaux de nettoyage de la clé sous le noyau. Ainsi, aucune injection n'est prévue, le traitement du rocher se limitant à l'utilisation de ciment sec ou de mortier liquide, sans remodelage de la fondation par dynamitage. Par contre, les critères de revanche et de largeur en crête n'ont pas été relâchés. C'est ainsi qu'une revanche de 3 m par rapport au niveau d'eau maximal a été adoptée et que la largeur en crête a été fixée à 9 m.

Dans la région des digues Robutel, KN-1 à KN-6, les matériaux granu-

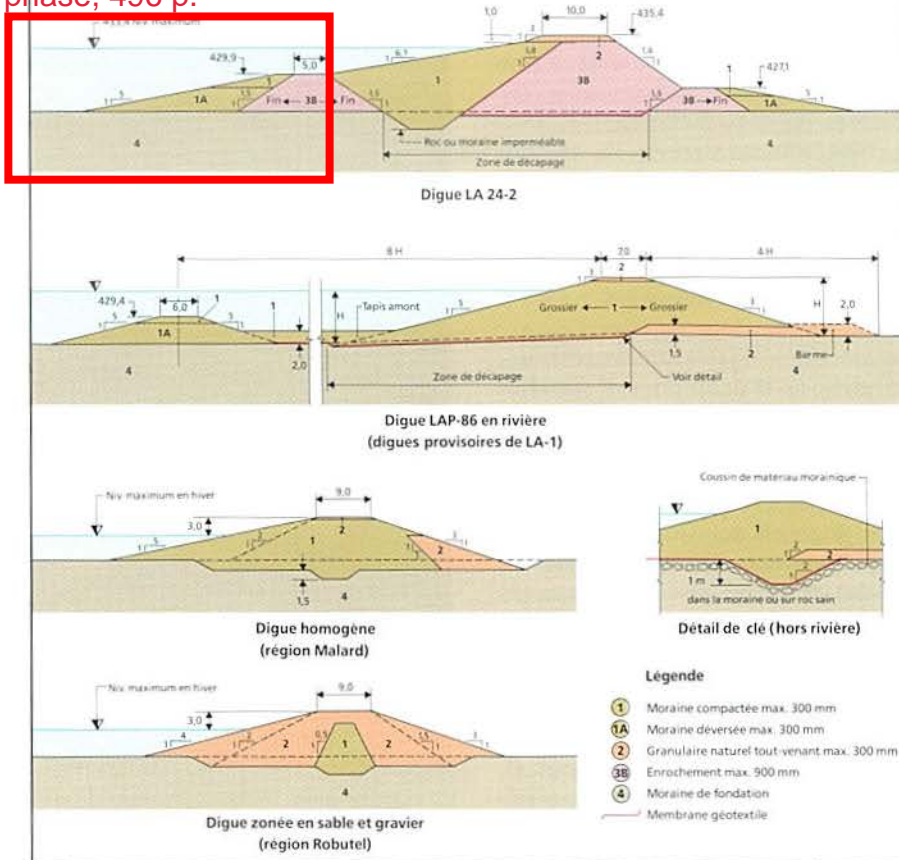


Figure 10.14 – Coupes types des ouvrages du tronçon inférieur du détournement Laforge

lares abondent. Les charges d'eau sont faibles, et le pied des digues n'est pas mouillé en régime d'eau libre. De plus, les digues sont en général fondées sur le rocher. Par conséquent, une coupe type simplifiée avec noyau central de moraine et épaulements en matériau granulaire tout-venant a été adoptée (figure 10.14). Le niveau en crête des digues varie de 451,5 à 452,5 m. Les pentes du talus sont de 4H:1V en amont et de 3H:1V en aval.

Dans la région des digues Malard (KN-8 à KN-14), par contre, il y a prépondérance de dépôts morainiques. Par conséquent, la coupe type adoptée correspond à une digue homogène avec butée aval en matériau granulaire (figure 10.14) et des pentes de 5H:1V en amont et 3H:1V en aval, permettant des longueurs d'écoulement le long de la fondation morainique jusqu'au pied aval égales à huit fois la charge hydraulique. Le niveau en crête des digues varie de 456 à 461,5 m.

La digue KN-14, la plus importante de ce groupe de digues avec une hauteur

de 13 m, traverse le lac Malard dont le fond de moraine est recouvert de dépôts de silt. La coupe type a donc été adaptée à ces conditions particulières et comprend une clé jusqu'à l'horizon de moraine. La protection du pied aval contre l'érosion régressive a été assurée à l'aide d'un tapis drainant, d'une berme et d'un drain de pied profond.

### Digues provisoires de LA-1

Ces 14 digues de faible hauteur auront une durée de vie limitée de 10 à 15 ans et ne sont sollicitées à leur niveau maximum que de façon temporaire, lors du passage de la crue printanière du bassin de la rivière Laforge, à laquelle s'ajoute l'apport provenant du réservoir Caniapiscau. Elles ont donc été conçues selon un principe intermédiaire entre celui des digues permanentes de la région Malard-Robutel et celui de batardeaux, qui sont des structures temporaires d'une durée de vie de 1 à 3 ans. La conception tient compte également de la rareté des matériaux granulaires dans cette région et de la nécessité de préserver les quelques réserves de maté-