



**CANNES  
PAYS DE  
LÉRINS**

Communauté d'agglomération de  
Cannes, Le Cannet, Mandelieu-La Napoule,  
Mougins et Théoule/Mer

---

# **Demande d'Autorisation Environnementale**

-

## **Création d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de la Frayère**

-

### **ETUDE DE DANGER**





**CANNES  
PAYS DE  
LÉRINS**

Communauté d'agglomération de  
Cannes, Le Cannet, Mandelieu-La Napoule,  
Mougins et Théoule/Mer

02/2025  
22MAX005

CONSULTING

# Maîtrise d'œuvre pour la construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues au lieu-dit ancien hameau de Carimai, sur la rivière de la Grande Frayère

Etude de dangers dans le cadre de  
l'autorisation environnementale –  
Aménagement hydraulique

*Document produit par SAFEGE SAS (opérant sous la marque commerciale SUEZ Consulting)*

  
**SAFE**  
Ingénieurs Conseils

 **SUEZ**

**Numéro du projet : 22MAX005**

**Intitulé du projet : Maitrise d'œuvre pour la construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues au lieu-dit ancien hameau de Carimaï, sur la rivière de la Grande Frayère**

**Intitulé du document : Etude de dangers dans le cadre de l'autorisation environnementale – Aménagement hydraulique**

La traçabilité des signatures est assurée en interne. Ce formulaire peut être communiqué au client à sa demande

Contrôle données entrée	Réunion de démarrage	RACI Agrément	Check List (EDD)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Version	Rédacteur NOM / Prénom		Contrôleur 1 NOM / Prénom		Contrôleur 2 NOM / Prénom		Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES
	Documents de référence / Description des modifications essentielles							
0	GROSJEAN Vivien	WIRTZ--SUSINI Rémi	SOULAT Patrick		Arnaud BONNAFE		17/02/2025	Version initiale

*Ce document a été réalisé par du personnel de SAFEGE SAS (opérant sous la marque commerciale SUEZ Consulting) ; SAFEGE SAS est un organisme agréé en tant qu'intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques, conformément à l'arrêté du 13 Juillet 2021 (Agrément « Auscultation - tous barrages » valide jusqu'au 31 juillet 2029)*



# Sommaire

## Table des matières

0.....	Résumé non-technique .....	6
0.1	Présentation de l'autorité compétente pour la prévention des inondations ....	6
0.2	Localisation, description et usages des ouvrages .....	6
0.3	Présentation du territoire bénéficiant des effets de l'aménagement hydraulique .....	11
0.4	Présentation de l'effet du stockage .....	12
0.4.1	Fonctionnement hydraulique de l'aménagement .....	12
0.4.2	Les limites de fonctionnement l'aménagement .....	13
0.4.3	Performances de l'aménagement .....	13
1.....	Renseignements administratifs.....	15
1.1	Gestionnaire .....	15
1.2	Liste des communes bénéficiant des effets de l'aménagement.....	15
1.3	Organisme réalisant l'étude de dangers .....	16
1.4	Rappel des références réglementaires en lien avec l'aménagements hydraulique .....	17
1.5	Date de remise officielle de l'EDD au préfet .....	17
1.6	Rappel des études de dangers valides pour les barrages de classe A ou B parties prenantes à l'aménagement hydraulique produites en application .....	17
2.....	Objet de l'étude .....	18
2.1	Descriptif du cadre de la demande .....	18
2.2	Localisation en plan et description sommaire des ouvrages concernés .....	18
3.....	Description précise de l'aménagement hydraulique et de ses fonctions de protection contre les inondations .....	23
3.1	Description des conditions naturelles pouvant conduire à des crues .....	23
3.1.1	Identification du cours d'eau intercepté par l'aménagement.....	23
3.1.2	Hydrologie au droit de l'aménagement hydraulique .....	25

3.1.3	Risque d'embâcles et de transport solide pouvant conduire à réduire la protection apportée par l'aménagement .....	40
<b>3.2</b>	<b>Description précise de l'aménagement hydraulique et de ses fonctions de protection contre les inondations .....</b>	<b>41</b>
3.2.1	Plan d'ensemble localisant et identifiant les différents éléments constituant l'aménagement hydraulique .....	41
3.2.2	Les caractéristiques de stockage de l'aménagement .....	52
3.2.3	Justification de la stabilité .....	54
<b>3.3</b>	<b>Organisation du gestionnaire de l'aménagement hydraulique .....</b>	<b>64</b>
3.3.1	Organisation pour assurer une surveillance quant au risque de crue du cours d'eau pouvant affecter les territoires que l'aménagement vise à protéger et pour effectuer les stockages en période de crue .....	64
3.3.2	Rapport de surveillance .....	69
3.3.3	Visites technique approfondie (VTA) .....	69
3.3.4	Organisation pour entretenir l'aménagement hydraulique, assurer sa disponibilité et surveiller son bon fonctionnement .....	73
3.3.5	Organisation pour alerter selon des modalités adaptées aux situations rencontrées et à leurs cinétiques, les autorités compétentes pour intervenir aux fins de mise en sécurité des personnes quand de évènements hydrométéorologiques sont susceptibles d'inoder les territoires que l'aménagement vise à protéger .....	74
<b>3.4</b>	<b>Performance de l'aménagement hydraulique .....</b>	<b>83</b>
3.4.1	Méthodologie .....	83
3.4.2	Classification des évènements simulés .....	90
3.4.3	Exploitation des résultats de simulation .....	95

## Table des illustrations

Figure 0-1 : Localisation de l'ouvrage – vue d'ensemble (Fond de plan OSM) .....	6
Figure 0-2 : Localisation de l'ouvrage – vue rapprochée (Fond de plan OSM).....	7
Figure 0-3 : Zoom sur l'aménagement hydraulique de Carimaï (Fond de plan Google Satellite 2023).....	8
Figure 0-4 : Détail de l'aménagement hydraulique de Carimaï – lignes de structures issues du plan AVP (Fond de plan Google Satellite 2023).....	9
Figure 0-5 : Localisation du projet et secteur bénéficiant de l'aménagement hydraulique de Carimaï (Fond de plan Google Satellite 2023).....	12
Figure 1-1 : Localisation du projet et secteur bénéficiant de l'aménagement hydraulique de Carimaï (Fond de plan Google Satellite 2023).....	16
Figure 2-1 : Localisation de l'ouvrage – vue d'ensemble (Fond de plan OSM) .....	19
Figure 2-2 : Localisation de l'ouvrage – vue rapprochée (Fond de plan OSM).....	19
Figure 2-3 : Zoom sur l'aménagement hydraulique de Carimaï (Fond de plan Google Satellite 2023).....	20
Figure 2-4 : Détail de l'aménagement hydraulique de Carimaï – lignes de structures issues du plan AVP (Fond de plan Google Satellite 2023A) .....	21
Figure 3-1 : Localisation de l'ouvrage – vue rapprochée (Fond de plan OSM).....	23
Figure 3-2 : Bassin versant de la Grande Frayère intercepté (en vert) par l'aménagement hydraulique .....	24
Figure 3-3 : Bassin versant de la Frayère – Source PPRi 2018.....	26
Figure 3-4 : Estimation des débits de pointes et débit-pseudo-spécifique pour l'évènement du 03 octobre 2015 (encadré rouge : Grande Frayère au droit de Carimaï).....	28
Figure 3-5 : Pluies de projet type Kiefer – PPRi de Cannes.....	29
Figure 3-6 : Débits de pointe et débits pseudo-spécifiques retenus dans le PPRi - 2018.....	30
Figure 3-7 : Hydrogramme de crue de la Grande Frayère au droit de l'aménagement hydraulique de Carimaï – source PAPI CACPL 2020.....	31
Figure 3-8 : Bassin versant calculé pour la méthode SHYREG – base de donnée SHYREG 2019 – identifiant ME226032	
Figure 3-9 : Comparaisons des cumuls de pluie statistique et octobre 2015 – Station de Cannes aéroport [1989-2021]35	
Figure 3-10 : Pluies de projet type Kiefer – Quantiles de pluie Cannes aéroport [1989-2021].....	35
Figure 3-11 : Cartographie géologique imprimé 1/50 000 au droit de la Grande Frayère – infoterre BRGM .....	36
Figure 3-12 : Hydrogrammes de crues retenues dans le cadre de l'Etude de Dangers et de la sécurisation du barrage pour les crues extrêmes – Grande Frayère au droit de l'aménagement hydraulique de Carimaï .....	40
Figure 3-13 : description de l'ouvrage de Carimaï.....	42
Figure 3-14 : Localisation des coupes sur la section courante et sur la section déversante de l'aménagement hydraulique – plan AVP.....	44
Figure 3-15 : Coupe C-C' de la section courante – plan AVP .....	45
Figure 3-16 : Coupe B-B' à gauche, et de la section courante en rive droite à droite – plan AVPI.....	45
Figure 3-17 : Coupe A-A' à gauche, et coupe au droit de la section courante en rive gauche à droite – plan AVP .....	46
Figure 3-18 : Plan localisation du pertuis de fond .....	47
Figure 3-19 : Plan détaillé du pertuis de fond – plan AVP.....	48
Figure 3-20 : Profil en long à travers l'évacuateur de crues – plan AVP .....	49
Figure 3-21 : Profil en travers au droit du pertuis de fond face amont – plans AVP .....	50
Figure 3-22 : Profil en travers au droit du pertuis de fond face aval – plans AVP.....	51
Figure 3-23 : Loi hauteur volume de l'aménagement hydraulique.....	53
Figure 3-24 - Localisation des coupes de calcul (Source : G2 PRO FONDASOL, 05/2024) .....	55
Figure 3-25 : Schéma du phénomène de suffusion .....	60
Figure 3-26 : Schéma du phénomène d'érosion de contact.....	61
Figure 3-27 : Schéma du phénomène d'érosion régressive.....	63
Figure 3-28 - hydrogrammes de crues de la grande frayère en amont direct de l'ouvrage de Carimaï.....	75
Figure 3-29 - Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimaï – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance avec seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu .....	75
Figure 3-30 - Schéma organisationnel de la surveillance en crue des ouvrages du SMIAGE .....	80
Figure 3-31 : Plan topographique de l'ouvrage SNCF – Riviera concepts – 11/2021 .....	83
Figure 3-32 : Plan topographique 1/500e de l'état actuel – Riviera concepts – 12/21 .....	84
Figure 3-33 : Vue en plan du MNT – Elévation [mNGF] – Lidar RGEAlti de l'IGN.....	84
Figure 3-34 : Loi de débitance du pertuis de sortie (Nago) et loi hauteur débit au droit de l'ouvrage SNCF en aval.....	85



Figure 3-35 : Loi de débitance de l'aménagement hydraulique - sans pertuis de fond.....	86
Figure 3-36 : Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimaï – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance du seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu – zoom sur la partie déversante .....	87
Figure 3-37 : Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimaï – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance avec seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu.....	88
Figure 3-38 : Hydrogrammes de crues à gauche et courbe hauteur-Volume de l'aménagement hydraulique de Carimaï à droite.....	89
Figure 3-39 : Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimaï – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance avec seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu .....	89
Figure 3-40 : Laminage en condition normale pour une crue type octobre 2015 – Qp= 116 m <sup>3</sup> /s .....	91
Figure 3-41 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q100 – Qp= 115 m <sup>3</sup> /s.....	92
Figure 3-42 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q1 000 – Qp= 207 m <sup>3</sup> /s.....	93
Figure 3-43 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q10 000 – Qp= 268 m <sup>3</sup> /s.....	94
Figure 3-44 : Scénario 1 : Laminage de fonctionnement nominal en condition normale pour une crue type Qp= 38.5 m <sup>3</sup> /s .....	96
Figure 3-45 : Laminage en condition normale pour une crue type Qp= 30 m <sup>3</sup> /s.....	97
Figure 3-46 : Laminage avec dysfonctionnement pour une crue type Qp= 30 m <sup>3</sup> /s .....	97
Figure 3-47 : Laminage de fonctionnement nominal en condition normale pour une crue type Qp= 38.5 m <sup>3</sup> /s.....	98
Figure 3-48 : Laminage de fonctionnement nominal avec dysfonctionnement pour une crue type Qp= 38.5 m <sup>3</sup> /s .....	99
Figure 3-49 : Laminage en condition normale pour une crue type Qp= 45 m <sup>3</sup> /s.....	99
Figure 3-50 : Laminage avec dysfonctionnement pour une crue type Qp= 45 m <sup>3</sup> /s .....	100
Figure 3-51 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q100 – Qp= 115 m <sup>3</sup> /s.....	102
Figure 3-52 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q1 000 – Qp= 207 m <sup>3</sup> /s.....	103
Figure 3-53 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q10 000 – Qp= 268 m <sup>3</sup> /s.....	103

## Liste des tableaux

Tableau 0-1 : Principales caractéristiques de l'ouvrage de Carimaï.....	10
Tableau 0-2 : Principales caractéristiques hydrologiques au droit de l'ouvrage de Carimaï .....	11
Tableau 2-1 : Principales caractéristiques de l'ouvrage de Carimaï.....	21
Tableau 2-2 : Principales caractéristiques hydrologiques au droit de l'ouvrage de Carimaï .....	22
Tableau 5 : Caractéristiques du bassin versant intercepté .....	24
Tableau 6 : Formules de calcul du temps de concentration .....	26
Tableau 7 : Valeurs de Curve Number par occupation et classe de sol – La Frayère .....	27
Tableau 8 : Caractéristiques des bassins-versants de la Frayère.....	27
Tableau 9 : Cumuls en fonction de la durée de pluie et de l'occurrence correspondante à la station de Cannes – PPRi de Cannes .....	28
Tableau 10 : Récapitulatif des débits de pointe et débits pseudo-spécifiques issus des modélisations hydrologiques réalisées dans le cadre du PPRi - 2018.....	29
Tableau 11 : Récapitulatif des débits de pointe et débits pseudo-spécifiques intercepté par l'aménagement hydraulique retenus dans le cadre du PAPI.....	30
Tableau 12 : Débits de pointe et débit pseudo-spécifiques pour le bassin versant de la Grande Frayère –Base de données SHYREG 2019 – identifiant ME2260 .....	32
Tableau 13 : Cumuls en fonction de la durée de pluie et de l'occurrence correspondante à la station de Cannes – Cannes aéroport [1989-2021].....	34
Tableau 14 : Caractéristiques des bassins-versants de la Frayère.....	37
Tableau 15 : Résultats de la modélisation su le bassin versant de la Grande Frayère – BV 2.1 .....	37
Tableau 16 : Débits de pointe et pseudo-spécifique obtenus pour les crues Q100, Q1 000 et Q10 000 - bassin versant de la Grande Frayère au droit de l'aménagement hydraulique de Carimaï .....	38
Tableau 17 : Débits de pointe et débits pseudo-spécifiques retenus – Au droit de l'aménagement hydraulique de Carimaï .....	39
Tableau 18 : Récapitulatif des débits de pointe, volumes et débits pseudo-spécifiques retenus dans le cadre de l'Etude de Dangers et de la sécurisation du barrage pour les crues extrêmes.....	39
Tableau 19 : Caractéristiques principales du barrage en section courante .....	42

# Etude de dangers dans le cadre de l'autorisation environnementale – Aménagement hydraulique



**CANNES  
PAYS DE  
LÉRINS**

Communauté d'agglomération de  
Cannes, Le Cannet, Mandelieu-La Napoule,  
Mougins et Théoule/Mer

Tableau 20 - coefficients partiels et de modèle - recommandations CFBR,2015 .....	57
Tableau 21 - Résultats des calculs de stabilité au glissement de l'étude de G2 PRO de FONDASOL .....	58
Tableau 22 - Documents réglementaires à rédiger sur le barrage de Carimaï .....	65
Tableau 23 - agréments du SMIAGE (extrait de l'arrêté du 08 août 2023 portant agrément de la DIT du SMIAGE) .....	65
Tableau 24 - Critères de visite post-séisme (recommandations CIGB) .....	71
Tableau 25 : Laminage conduisant à l'aléa pour lequel l'aménagement hydraulique est le plus significatif en débit de pointe écrêté .....	94
Tableau 26 : Synthèse du laminage de crue de l'aménagements hydraulique de Carimaï des différents évènements simulés en fonctionnement nominal .....	104

## 0. RESUME NON-TECHNIQUE

### 0.1 Présentation de l'autorité compétente pour la prévention des inondations

La **CACPL** (Communauté d'Agglomération de Cannes et du Pays de Lérins) est gestionnaire de l'aménagement hydraulique au titre de sa compétence GEMAPI. Ses coordonnées sont précisées ci-après :



AGGLOMÉRATION CANNES LÉRINS  
CS 50044 – 06414 CANNES CEDEX – TÉL : 04 89 82 27 00 –  
FAX : 04 89 82 27 20

### 0.2 Localisation, description et usages des ouvrages

L'aménagement hydraulique de Carimai se situe sur les communes du Cannet et de Cannes sur le lieudit du «Hameau de Carimai ». L'aménagement est localisé sur le cours d'eau la Grande Frayère et contribue à réduire les débordements de la Grande Frayère et de la Frayère aval sur le quartier Bocca de Cannes.

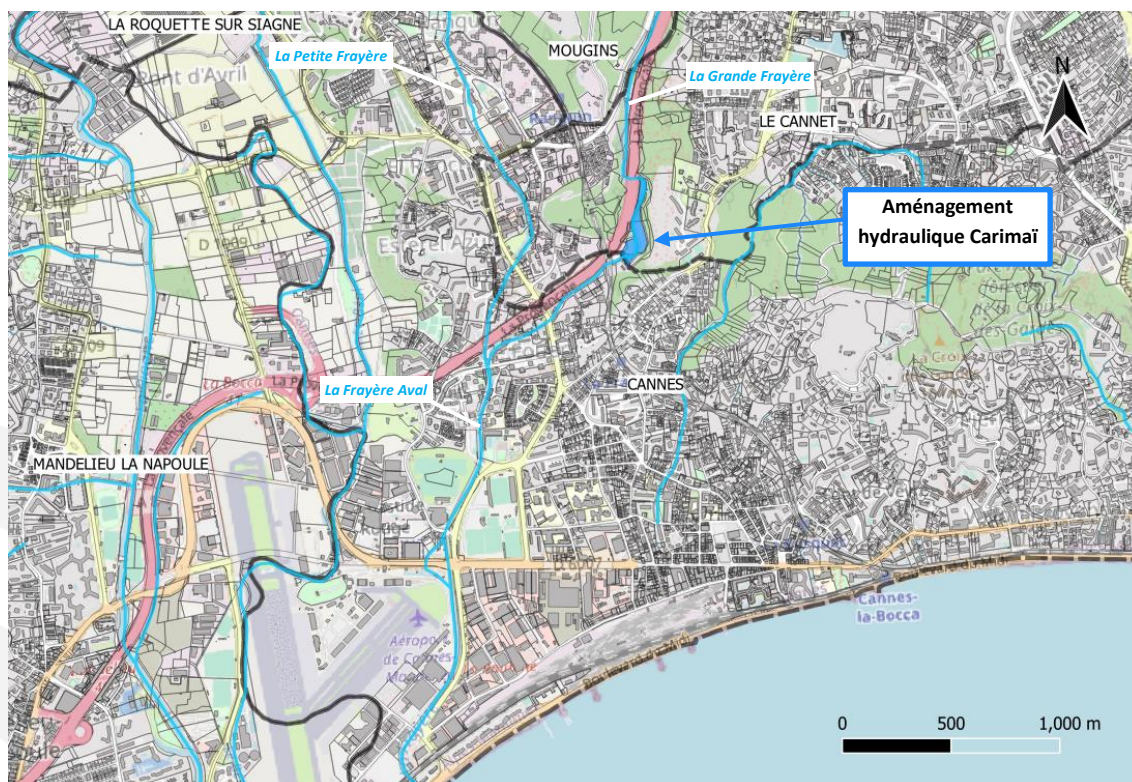


Figure 0-1 : Localisation de l'ouvrage – vue d'ensemble (Fond de plan OSM)

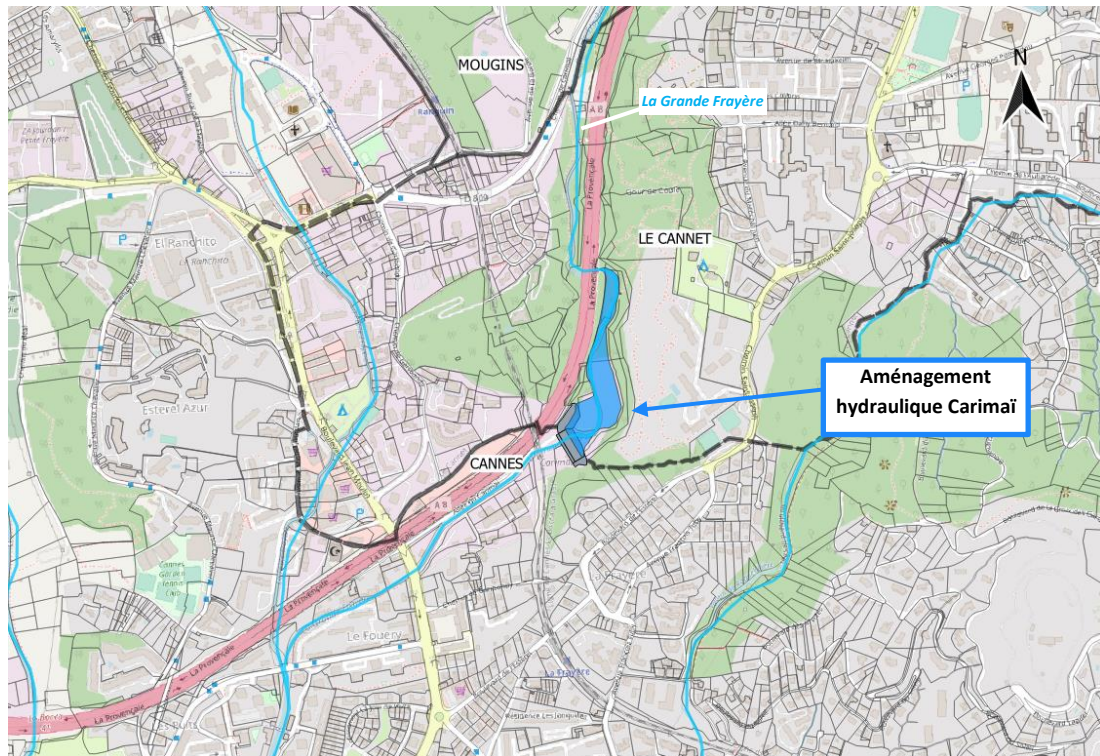


Figure 0-2 : Localisation de l'ouvrage – vue rapprochée (Fond de plan OSM)



Figure 0-3 : Zoom sur l'aménagement hydraulique de Carimaï (Fond de plan Google Satellite 2023)

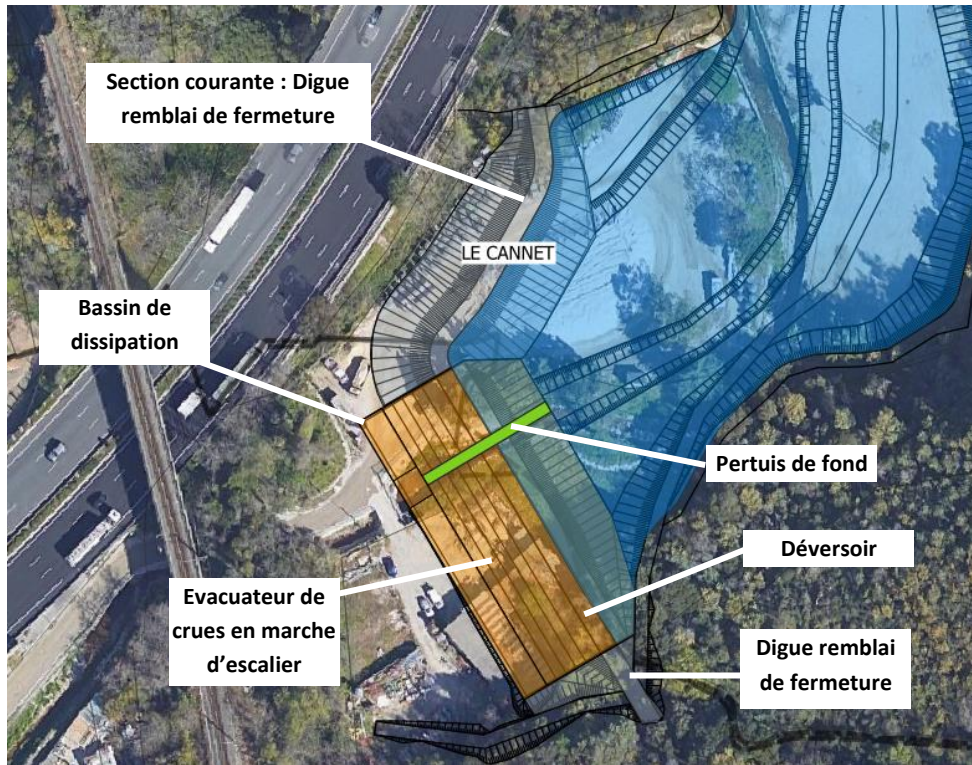


Figure 0-4 : Détail de l'aménagement hydraulique de Carimai – lignes de structures issues du plan AVP (Fond de plan Google Satellite 2023)

Le tableau suivant reprend les principales caractéristiques de l'ouvrage et de sa retenue (géométrie, géologie, ouvrage hydrauliques associées).

**Tableau 0-1 : Principales caractéristiques de l'ouvrage de Carimaï**

<b>Caractéristiques principales de l'ouvrage</b>	
Type	Bassin écrêteur de crue à classer en tant qu' <b>aménagement hydraulique et barrage de classe C</b>
Fonction	Ecrêteur de crue
Terrain de fondation	Alluvions limono-graveleuses, sur Gneiss altéré
Hauteur au-dessus du TN aval	A maximum 5 m au-dessus du TN (plus grande hauteur sur remblai principal)
Longueur du couronnement – corps en remblai et déversoir	Longueur totale d'environ 150 ml, composée : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Section courante ; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Corps en remblai principal du barrage : 65 ml en rive droite, 15 ml en rive gauche</li> <li>○ D'un remblai calé à la cote 22,00 m NGF</li> <li>○ D'un muret en crête à la cote de 22,80 m NGF</li> <li>○ Parements du remblai : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parements amont : pente 2H/1V</li> <li>▪ Parement aval : pente 2,5H/1V</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Section déversante : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Déversoir en partie centrale : 70 ml (détail dans tableau « Ouvrages hydrauliques »)</li> <li>○ 4 Marches d'escaliers de 1m de haut, et 2,5 m de long</li> <li>○ Parements : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parement amont en remblai : pente 2H/1V</li> <li>▪ Parement aval : marches d'escaliers</li> </ul> </li> <li>○ Un bassin de dissipation de 5 m de long</li> </ul> </li> <li>• D'un « remblai secondaire » – adossé à l'A8 à la cote 22,80 m NGF</li> </ul>
Corps de remblai	Barrage en remblai zoné avec noyau argileux étanche
Largeur en crête	4 m

<b>Caractéristiques principales de la retenue</b>	
Retenue normale (RN)	20,60 m NGF (cote de la poutre du déversoir)
PHE	22,11 m NGF (cote atteinte pour une crue Q1 000)
Emprise et volume de la retenue sous la RN	Environ 1,97 ha avec une capacité de stockage d'environ 70 400 m <sup>3</sup>

<b>Ouvrages Hydrauliques</b>	
Déversoir	Corps en remblai zoné avec noyau argileux étanche surmontée : <ul style="list-style-type: none"> <li>• D'un déversoir de 70ml en enrochements liaisonnés, dont la crête est calée à 20,50 m NGF</li> <li>• D'une poutre de seuil calée 0.10m au-dessus des enrochements du seuil. Elle est calée à la cote de 20,60m NGF</li> <li>• D'un coursier en marches d'escalier. Les marches sont en enrochements liaisonnés, et un bassin de dissipation d'énergie est présent en pied</li> </ul>
Fosse de dissipations	Sur la totalité des 70 ml de déversoir et sur 5 m de largeur, en enrochements libres, avec une sur-profondeur variable d'environ 1m par rapport au terrain naturel



Vidange	Pertuis de fond de 2.6 m x 1.5 m (largeur par hauteur), calé à la cote de 14,00 m NGF/ le pertuis
---------	---

**Tableau 0-2 : Principales caractéristiques hydrologiques au droit de l'ouvrage de Carimai**

<b>Caractéristiques hydrologiques</b>	
Surface du bassin versant interceptée	9.1 km <sup>2</sup>
Date des plus fortes crues connues sur le secteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crue du 03/10/2015 – débit de pointe estimé 116 m<sup>3</sup>/s</li> </ul>
Hydrologie de référence au droit de l'aménagement hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T = 100 ans 115 m<sup>3</sup>/s / Volume hydrogramme : 940 000 m<sup>3</sup></li> <li>• T = 1000 ans 221 m<sup>3</sup>/s / Volume hydrogramme : 1 691 000 m<sup>3</sup></li> <li>• T = 10000 ans 282 m<sup>3</sup>/s / Volume hydrogramme : 2 190 000 m<sup>3</sup></li> </ul>

### **0.3 Présentation du territoire bénéficiant des effets de l'aménagement hydraulique**

La commune de Cannes an aval du bassin de Carimai, notamment au droit du quartier Bocca bénéficie des effets de l'aménagement hydraulique.

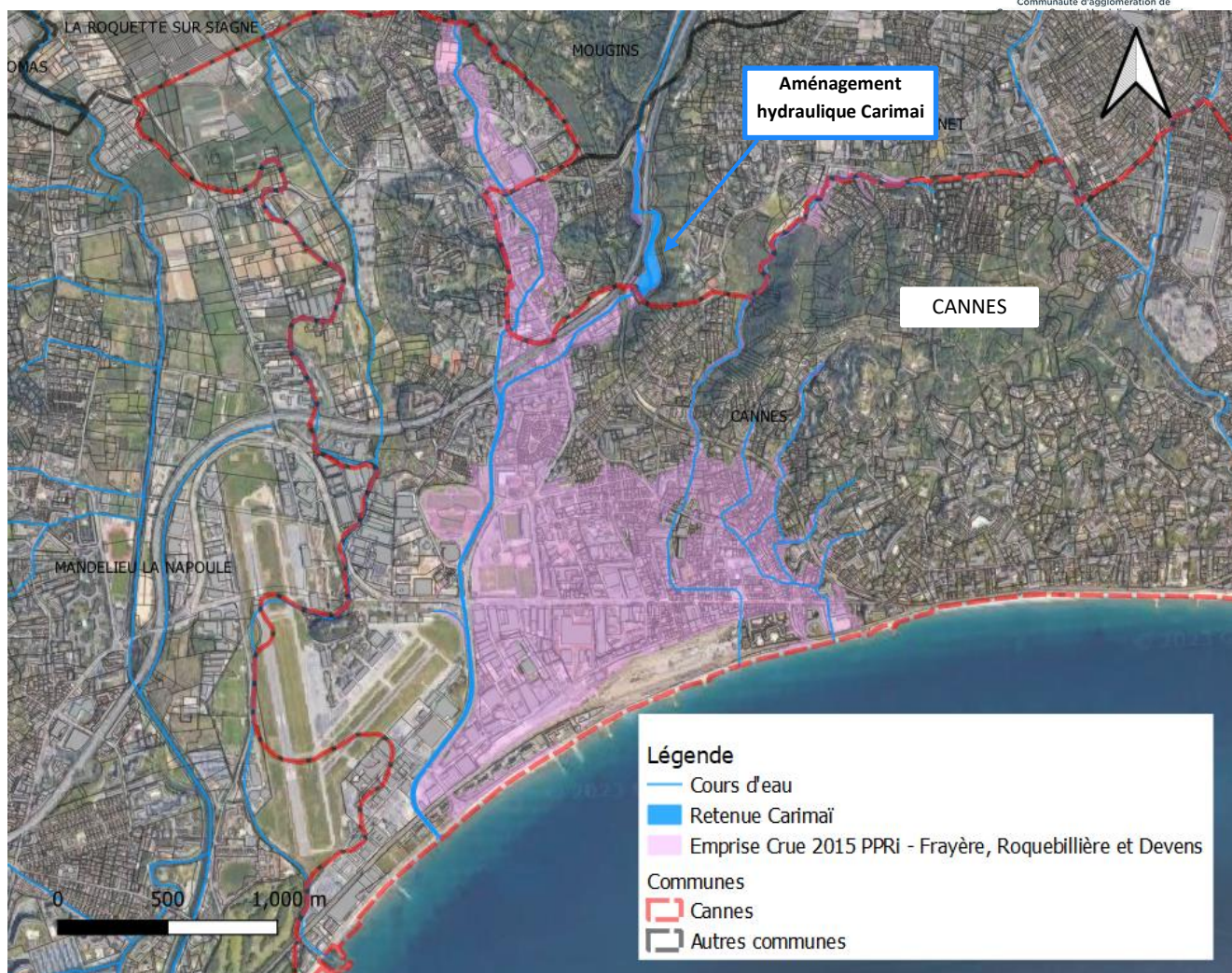


Figure 0-5 : Localisation du projet et secteur bénéficiant de l'aménagement hydraulique de Carimai  
(Fond de plan Google Satellite 2023)

## 0.4 Présentation de l'effet du stockage

### 0.4.1 Fonctionnement hydraulique de l'aménagement

Cet aménagement a pour unique vocation la prévention des inondations sur la commune de Cannes. C'est un ouvrage passif (sans ouvrage de régulation) qui se situe en travers l'axe du cours d'eau de la Grande Frayère. La vidange se fait par le pertuis de fond de manière passive.

Le fonctionnement de l'ouvrage est le suivant :

- Pour les crues courantes de la Grande Frayère l'aménagement n'a pas d'effet sur les débits de pointe jusqu'à environ  $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$  ;
- Ensuite pour les crues supérieures à  $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , l'ouvrage permet d'écrêter la crue jusqu'à un maximum d'écrêtement pour un débit amont de  $38.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , où la retenue est pleine et en limite de surverse par le déversoir en crête de la section déversante ;

- Pour les crues supérieures à ce débit de 38.5 m<sup>3</sup>/s, les écoulements passent par-dessus le déversoir et l'aménagement est très rapidement moins efficace jusqu'à devenir totalement transparent vis-à-vis du débit de pointe, pour un débit de l'ordre de 60 m<sup>3</sup>/s.

#### 0.4.2 Les limites de fonctionnement l'aménagement

L'objectif de l'aménagement est de stocker les crues de manière passive afin d'écrêter le débit de pointe de la crue. Le bon fonctionnement de l'ouvrage dépend donc de sa capacité de stockage dans la retenue et de la débitance du pertuis de fond.

Un dysfonctionnement du pertuis de fond conduirait à modifier le fonctionnement hydraulique de l'aménagement de façon à réduire ses performances d'écrêtement.

De la même manière, un défaut de capacité de stockage par envasement de la retenue conduirait à réduire sa capacité d'écrêtement.

#### 0.4.3 Performances de l'aménagement

Les scénarios analysés sont les suivants :

- **Le scénario 1** : Prend en compte un aléa pour lequel l'effet de l'aménagement hydraulique est significatif en conditions normales et examine les conséquences de l'indisponibilité totale de l'aménagement hydraulique, du fait d'un dysfonctionnement, soit deux situations spécifiques de fonctionnement.
- **Le scénario 2** : Evénement dépassant très significativement les capacités de l'aménagement hydraulique, soit une situation de fonctionnement. Il est proposé de retenir pour ce scénario les crues dimensionnantes vis-à-vis de la sécurisation d'un barrage de classe C, à savoir la crue exceptionnelle de période de retour 1 000 ans et la crue extrême de période de retour 10 000 ans.

##### 0.4.3.1 Evènement historique

L'évènement historique connu du secteur est celui d'octobre 2015. Cet évènement est d'une intensité très importante et l'ouvrage est transparent vis-à-vis des débits générés par cette crue.

La revanche atteinte par rapport à la crête pour cette crue est de 1.38m en fonctionnement nominal.

##### 0.4.3.2 Scénario 1 : Fonctionnement nominal en conditions normales

Vis-à-vis des performances de l'ouvrage, les résultats observés sont les suivants pour le fonctionnement nominal :

- Le débit de pointe passe de 38.5 m<sup>3</sup>/s à 25.3 m<sup>3</sup>/s en aval soit un écrêtement nominal de l'ordre de 34% en pointe, pour un volume d'hydrogramme de 287 000 m<sup>3</sup> ;
- Le niveau d'eau atteint dans la retenue est de 20.57 m NGF, soit en limite de déversement sur le déversoir (**rappel, déversoir calé à 20.60 m NGF**).

#### 0.4.3.3 Scénario 1 : Fonctionnement nominal avec dysfonctionnement

Pour le fonctionnement nominal avec les conditions de dysfonctionnement, soit retenue entièrement pleine à la cote de crête du déversoir (soit 20.60 mNGF) et pertuis totalement obstrué avant l'arrivée de la crue simulée (et obstrué pendant),

- Le débit de pointe passe de 38.5 m<sup>3</sup>/s à 38.4 m<sup>3</sup>/s soit un écrêtement quasi nul ;
- Le niveau d'eau dans la retenue atteint la de cote 21.07 mNGF, soit une charge sur le déversoir de 0.47 m et une revanche par rapport à la crête de digue de 1.73 m (rappel, crête de remblai calé à 22.80 m NGF).

#### 0.4.3.4 Scénario 2 : simulation pour un aléa significativement plus important que celui pour lequel l'aménagement est conçu pour le laminage

Le scénario 2 suppose que l'aménagement hydraulique n'est plus efficace en raison de la saturation de sa capacité de stockage sous l'effet d'un aléa significativement plus important que ceux pour lesquels il a été conçu (du point de vue du laminage).

Ainsi, il est proposé de simuler, en complément de la crue centennale, les crues dimensionnantes vis-à-vis de la sécurisation d'un barrage de classe C, à savoir la crue exceptionnelle de période de retour 1 000 ans et la crue extrême de période de retour 10 000 ans.

Trois crues sont simulées :

- La crue centennale : Q100 avec un débit de pointe de 115 m<sup>3</sup>/s et un volume de crue de 940 000 m<sup>3</sup> – L'ouvrage est transparent pour cette crue ; la cote maximale atteinte dans la retenue est de 21.41 mNGF ; la revanche par rapport à la crête est de 1.39 m
- La crue millénale : Q1 000 avec un débit de pointe de 207 m<sup>3</sup>/s et un volume de crue de 1 691 000 m<sup>3</sup> – L'ouvrage est transparent pour cette crue ; la cote maximale atteinte dans la retenue est de 22,11 mNGF ; la revanche par rapport à la crête est de 0.82 m
- La crue décennale : Q10 000 avec un débit de pointe de 268 m<sup>3</sup>/s et un volume de crue de 2 190 000 m<sup>3</sup> – L'ouvrage est transparent pour cette crue ; la cote maximale atteinte dans la retenue est de 22,76 mNGF ; la revanche par rapport à la crête est de 0.26 m

## 1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

### 1.1 Gestionnaire

La **CACPL** (Communauté d'Agglomération de Cannes et du Pays de Lérins) est gestionnaire de l'aménagement hydraulique au titre de sa compétence GEMAPI. Ses coordonnées sont précisées ci-après :



AGGLOMÉRATION CANNES LÉRINS  
CS 50044 – 06414 CANNES CEDEX – TÉL : 04 89 82 27 00 –  
FAX : 04 89 82 27 20

### 1.2 Liste des communes bénéficiant des effets de l'aménagement

La commune de Cannes **en** aval du bassin de Carimaï, notamment au droit du quartier Bocca bénéficie des effets de l'aménagement hydraulique.

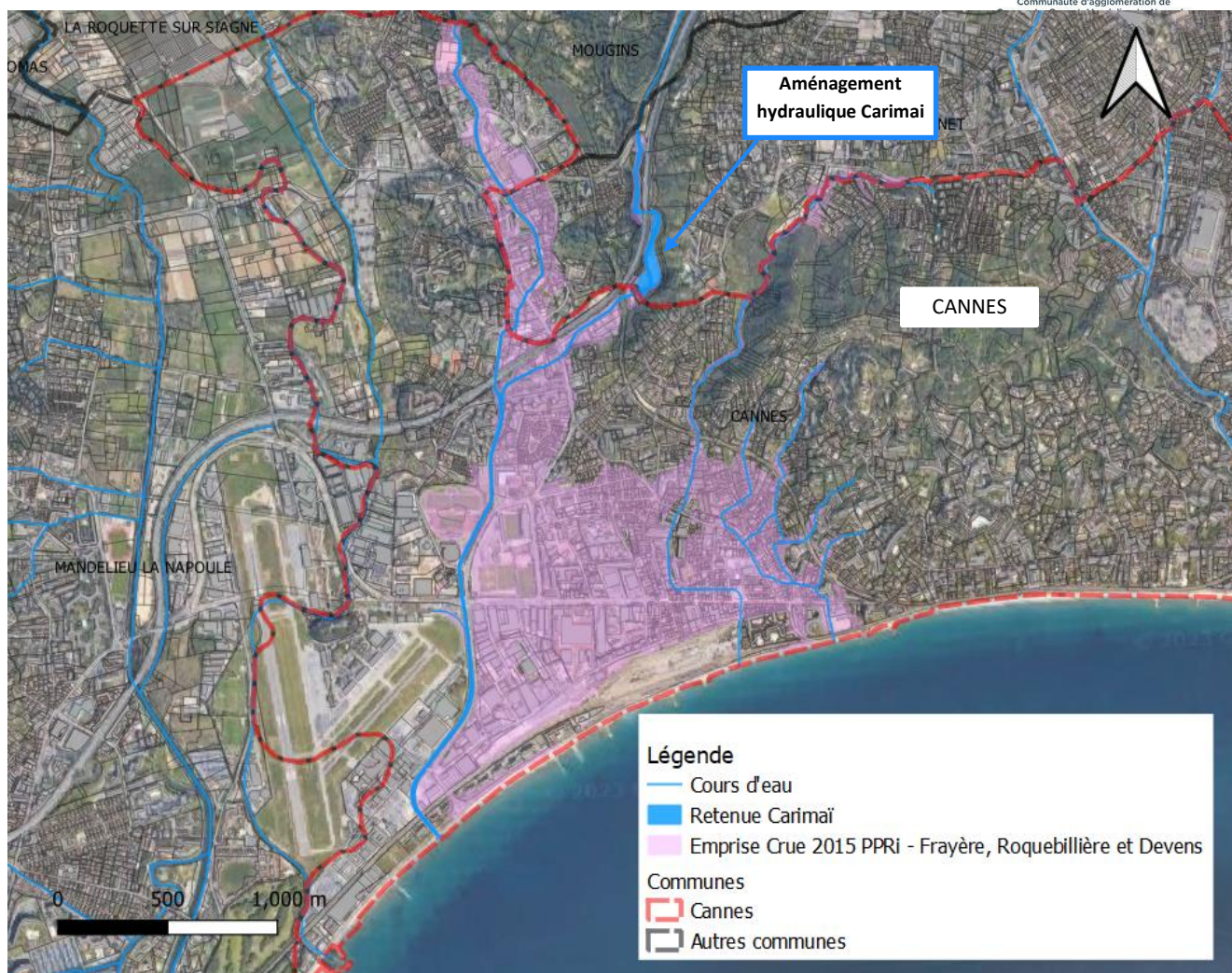


Figure 1-1 : Localisation du projet et secteur bénéficiant de l'aménagement hydraulique de Carimai  
(Fond de plan Google Satellite 2023)

Plus précisément, ce sont les enjeux situés en aval du bassin sur la commune de Cannes dans la zone inondable de la Grande Frayère et de la Frayère qui bénéficient de l'aménagement hydraulique. A noter que le secteur est également touché par les débordements de la Roquebillière et du Devens.

### 1.3 Organisme réalisant l'étude de dangers

L'organisme rédacteur de l'étude de dangers est la société :



**SAFEGE SAS - Suez Consulting**  
Agence régionale PACA Corse  
Batiment D  
30 Avenue Henri Malacrida  
13100 Aix-En-Provence

[www.suez.com/fr/consulting-conseil-et-ingenierie](http://www.suez.com/fr/consulting-conseil-et-ingenierie)

La société SAFEGE dispose pour l'activité « Ouvrages Hydrauliques » d'un agrément ministériel délivré par arrêté du 13 juillet 2021 en tant qu'organisme intervenant pour la sécurité des



ouvrages hydrauliques. La société est titulaire des agréments suivants, valables jusqu'au 31 juillet 2029 :

- Dignes et barrages – études et diagnostics,
- Dignes et barrages – études, diagnostics et suivi des travaux,
- Barrages de classe C et digues, études et diagnostics,
- Barrages de classe C et digues – études, diagnostics et suivi des travaux,
- Auscultation – tous barrages,
- Auscultation – barrages de classe C.

## 1.4 Rappel des références réglementaires en lien avec l'aménagements hydraulique

Compte-tenu des caractéristiques du barrage (dimensions et distance d'éloignement de la zone urbaine bénéficiant de l'ouvrage), l'aménagement hydraulique de Carimaï est également classé en tant que barrage de classe C au titre de la rubrique 3.2.5.0 de la nomenclature IOTA, telle que prévue par l'article R. 214-1 du code de l'environnement.

## 1.5 Date de remise officielle de l'EDD au préfet

L'EDD de l'aménagement hydraulique de Carimaï est réalisée dans le cadre de l'autorisation initiale de l'aménagement.

La date de remise de la demande d'autorisation de l'aménagement hydraulique de Carimaï est la date inscrite sur le courrier de dépôt.

## 1.6 Rappel des études de dangers valides pour les barrages de classe A ou B parties prenantes à l'aménagement hydraulique produites en application

Sans objet – l'aménagement hydraulique de Carimaï n'est pas sujet à EDD barrage car classé comme barrage de classe C.

## 2. OBJET DE L'ETUDE

### 2.1 Descriptif du cadre de la demande

Descriptif du cadre dans lequel l'étude de dangers est réalisée	
<input type="checkbox"/> Cas 1	Autorisation initiale de l'aménagement hydraulique, sans travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 2 du présent arrêté.
<input checked="" type="checkbox"/> Cas 2	Autorisation initiale de l'aménagement hydraulique, avec travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 3 du présent arrêté.
<input type="checkbox"/> Cas 3	Modification substantielle d'un aménagement hydraulique déjà autorisé. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 4 du présent arrêté.
<input type="checkbox"/> Cas 4	Mise à jour de l'étude de dangers de l'aménagement hydraulique exigée par arrêté préfectoral de prescription complémentaire en application des articles R. 181-45 et R. 214-117 III en raison d'une modification non substantielle de l'aménagement hydraulique. La mise à jour de l'étude de dangers est conforme aux dispositions de l'article 5 du présent arrêté.
<input type="checkbox"/> Cas 5	Actualisation d'une étude de dangers en application du II de l'article R. 214-117. Cette actualisation est réalisée conformément aux dispositions de l'article 6 du présent arrêté.

### 2.2 Localisation en plan et description sommaire des ouvrages concernés

L'aménagement hydraulique de Carimaï se situe sur les communes du Cannet et de Cannes sur le lieudit du «Hameau de Carimaï ». L'aménagement est localisé sur le cours d'eau la Grande Frayère et contribue à réduire les débordements de la Grande Frayère et de la Frayère aval sur le quartier Bocca de Cannes.

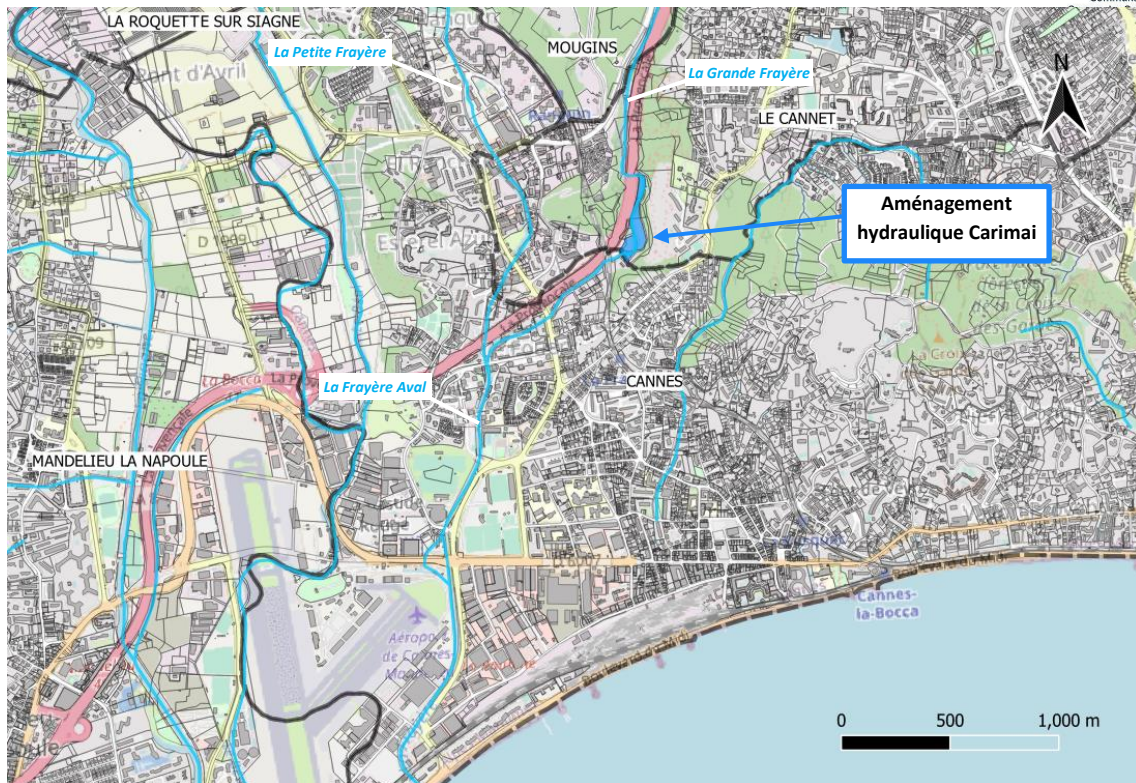


Figure 2-1 : Localisation de l'ouvrage – vue d'ensemble (Fond de plan OSM)

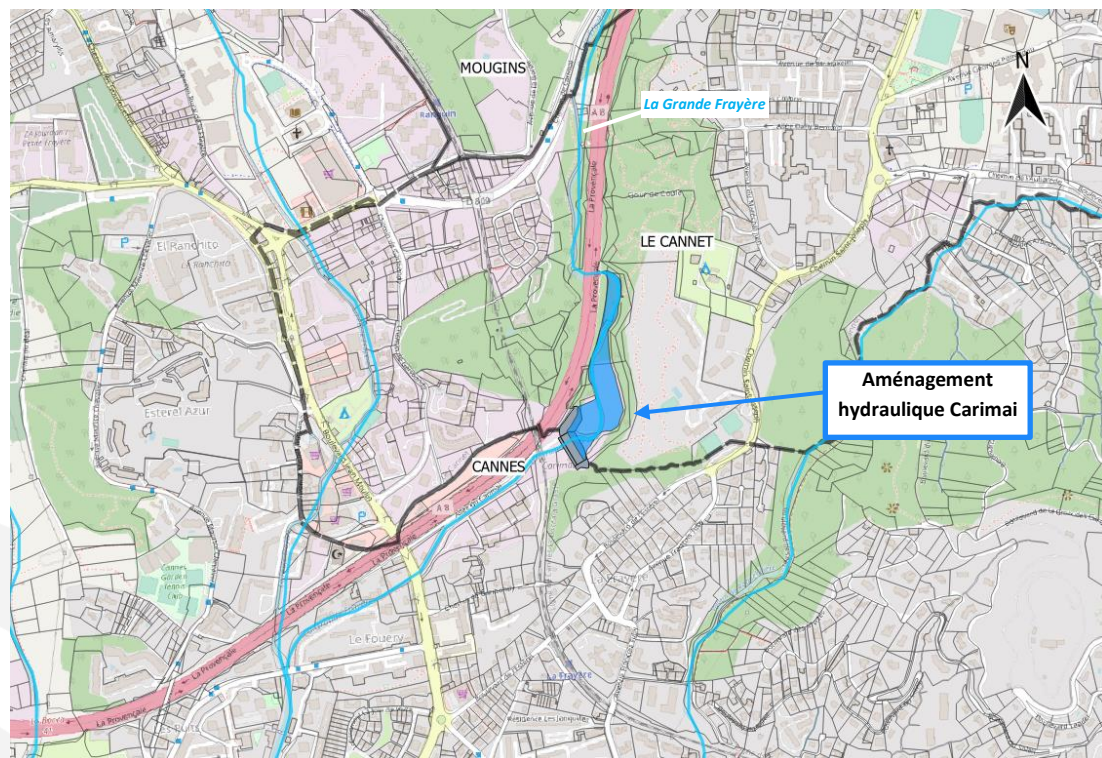


Figure 2-2 : Localisation de l'ouvrage – vue rapprochée (Fond de plan OSM)



Figure 2-3 : Zoom sur l'aménagement hydraulique de Carimaï (Fond de plan Google Satellite 2023)

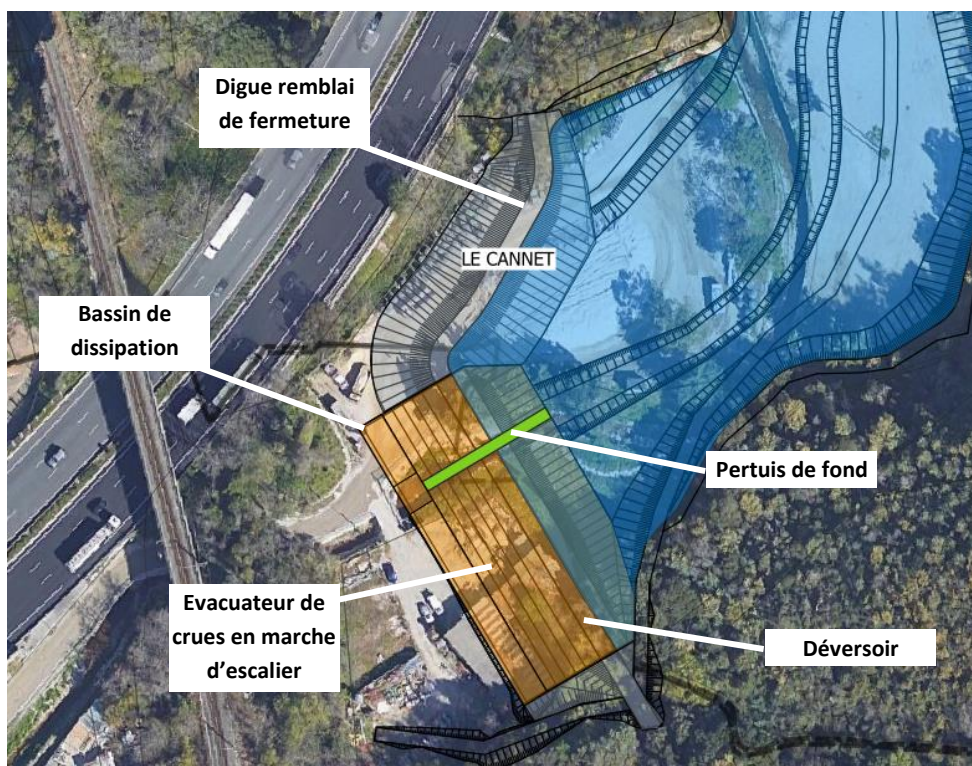


Figure 2-4 : Détail de l'aménagement hydraulique de Carimai – lignes de structures issues du plan AVP (Fond de plan Google Satellite 2023A)

Le tableau suivant reprend les principales caractéristiques de l'ouvrage et de sa retenue (géométrie, géologie, ouvrage hydrauliques associées).

Tableau 2-1 : Principales caractéristiques de l'ouvrage de Carimai

Caractéristiques principales de l'ouvrage	
Type	Bassin écrêteur de crue à classer en tant qu' <b>aménagement hydraulique</b> et <b>barrage de classe C</b>
Fonction	Ecrêteur de crue
Terrain de fondation	Alluvions limono-graveleuses, sur Gneiss altéré
Hauteur au-dessus du TN aval	A maximum 5 m au-dessus du TN (plus grande hauteur sur remblai principal)
Longueur du couronnement – corps en remblai et déversoir	<p>Longueur totale d'environ 150 ml, composée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Section courante ; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Corps en remblai principal du barrage : 65 ml en rive droite, 15 ml en rive gauche</li> <li>○ D'un remblai calé à la cote 22,00 m NGF</li> <li>○ D'un muret en crête à la cote de 22,80 mNGF</li> <li>○ Parements du remblai : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parements amont : pente 2H/1V</li> <li>▪ Parement aval : pente 2,5H/1V</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Section déversante : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Déversoir en partie centrale : 70 ml (détail dans tableau « Ouvrages hydrauliques »)</li> <li>○ 4 Marches d'escaliers de 1m de haut, et 2,5 m de long</li> <li>○ Parements : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parement amont en remblai : pente 2H/1V</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

Caractéristiques principales de l'ouvrage	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parement aval : marches d'escaliers                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Un bassin de dissipation de 5 m de long</li> </ul> </li> <li>• D'un « remblai secondaire » – adossé à l'A8 à la cote 22,80 m NGF</li> </ul>
Corps de remblai	Barrage en remblai zoné avec noyau argileux étanche
Largeur en crête	4 m
Date de construction	2026

Caractéristiques principales de la retenue	
Retenue normale (RN)	20,60 m NGF (cote de la poutre du déversoir)
PHE	22,11 m NGF (cote atteinte pour une crue Q1 000)
Emprise et volume de la retenue sous la RN	Environ 1,97 ha avec une capacité de stockage d'environ 70 400 m <sup>3</sup>

Ouvrages Hydrauliques	
Déversoir	<p>Corps en remblai zoné avec noyau argileux étanche surmontée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D'un déversoir de 70ml en enrochements liaisonnés, dont la crête est calée à 20,50 m NGF</li> <li>• D'une poutre de seuil calée 0.10m au-dessus des enrochements du seuil. Elle est calée à la cote de 20,60m NGF</li> <li>• D'un coursier en marches d'escalier. Les marches sont en enrochements liaisonnés, et un bassin de dissipation d'énergie est présent en pied</li> </ul>
Fosse de dissipations	Sur la totalité des 70 ml de déversoir et sur 5 m de largeur, en enrochements libres, avec une sur-profondeur variable d'environ 1m par rapport au terrain naturel
Vidange	<p>Pertuis de fond de 2.6 m x 1.5 m (largeur par hauteur), calé à la cote de 14,00 m NGF</p> <p>Le pertuis à une longueur de 32 m.</p>

Tableau 2-2 : Principales caractéristiques hydrologiques au droit de l'ouvrage de Carimai

Caractéristiques hydrologiques	
Surface du bassin versant interceptée	9.1 km <sup>2</sup>
Date des plus fortes crues connues sur le secteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crue du 03/10/2015 – débit de pointe estimé 116 m<sup>3</sup>/s</li> </ul>
Hydrologie de référence au droit de l'aménagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T = 100 ans 115 m<sup>3</sup>/s / Volume hydrogramme : 940 000 m<sup>3</sup></li> <li>• T = 1000 ans 221 m<sup>3</sup>/s / Volume hydrogramme : 1 691 000 m<sup>3</sup></li> <li>• T = 10000 ans 282 m<sup>3</sup>/s / Volume hydrogramme : 2 190 000 m<sup>3</sup></li> </ul>

### 3. DESCRIPTION PRECISE DE L'AMENAGEMENT HYDRAULIQUE ET DE SES FONCTIONS DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS

#### 3.1 Description des conditions naturelles pouvant conduire à des crues

##### 3.1.1 Identification du cours d'eau intercepté par l'aménagement

###### 3.1.1.1 Identification du cours d'eau

La Grande Frayère est un cours d'eau qui parcourt les communes du Cannet et de Cannes, traversant des secteurs urbanisés très contraints, notamment l'autoroute A8 que le cours d'eau franchit à de nombreuses reprises et longe pendant un important linéaire. La Grande Frayère rejoint ensuite dans la Petite Frayère pour devenir la Frayère aval.

Le bassin versant de la Grande Frayère a une superficie totale de 9,1 km<sup>2</sup> et son linéaire est de l'ordre de 7,6 km. Au droit de l'aménagement hydraulique, le bassin versant intercepté est de 9.1 km<sup>2</sup>.

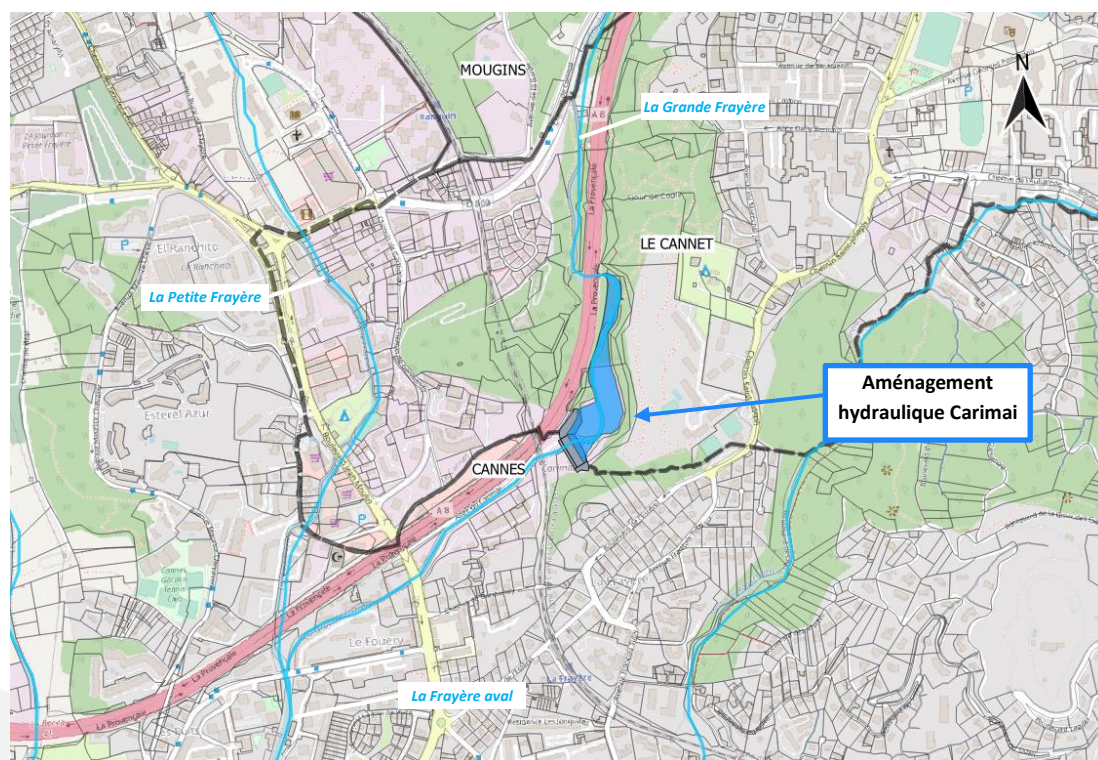


Figure 3-1 : Localisation de l'ouvrage – vue rapprochée (Fond de plan OSM)

### 3.1.1.2 Caractéristiques du bassin versant

La figure suivante et le tableau précisent l'emprise et les caractéristiques du bassin versant de la Grande Frayère intercepté par le bassin.

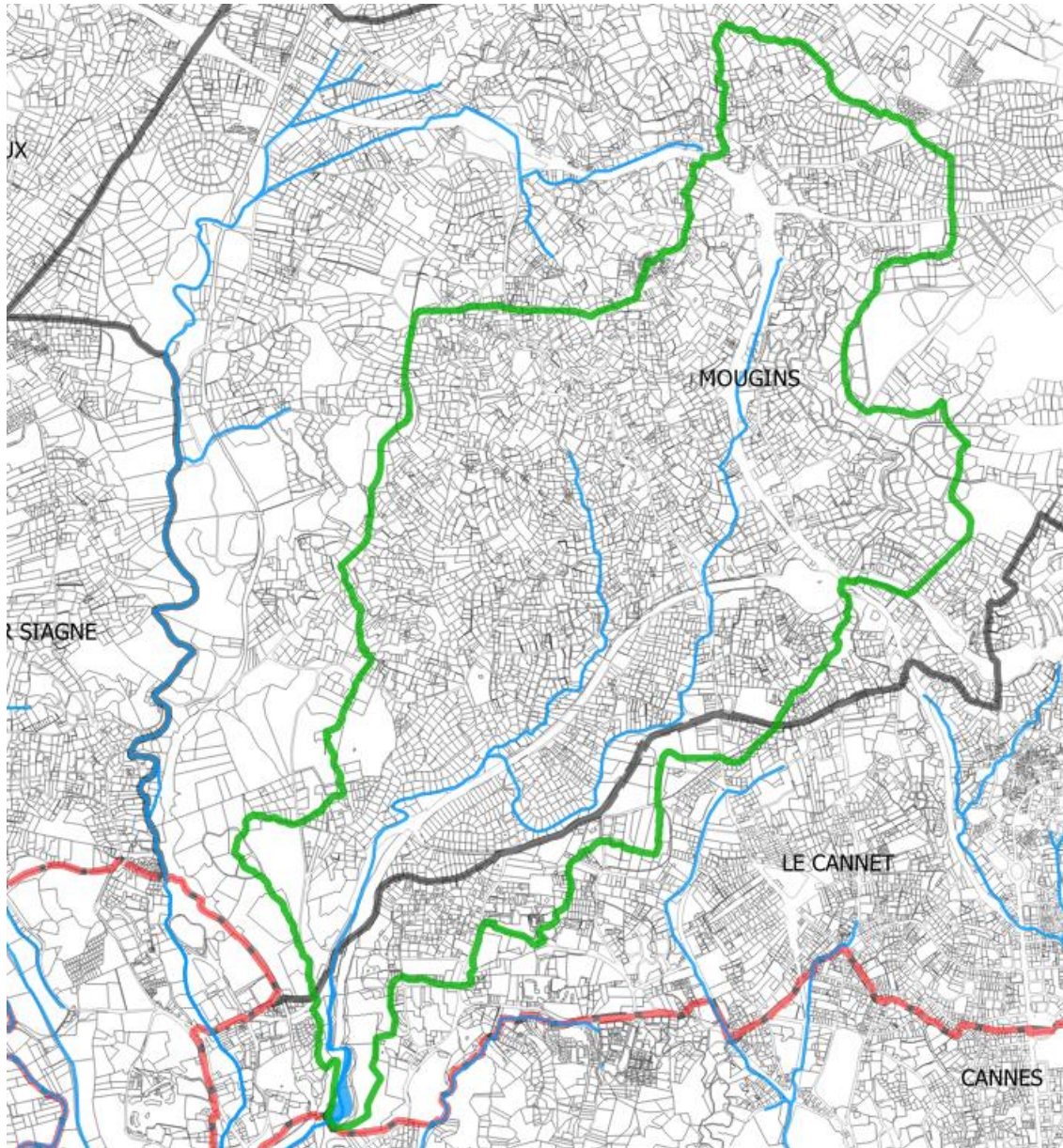


Figure 3-2 : Bassin versant de la Grande Frayère intercepté (en vert) par l'aménagement hydraulique

Tableau 3 : Caractéristiques du bassin versant intercepté

Bassin versant	Surface [km <sup>2</sup> ]	Longueur [km]	Pente moyenne [m/m]
Grande Frayère au droit de l'aménagement hydraulique	9.1	7.6	0.03

### 3.1.2 Hydrologie au droit de l'aménagement hydraulique

Sources :

- Données hydrologiques – Caractérisation de l'aléa inondation dans le cadre de la révision des PPRi des bassins versants de communauté d'agglomération de Cannes – SAFEGE et EGIS – 2018
- Données hydrologiques – Etude de définition des aménagements PAPI des bassins versants de la CACPL – SAFEGE et EGIS – 2020
- Base de données SHYREG 2019 – identifiant ME2260

#### 3.1.2.1 Hydrologie issue de l'étude PPRi – 2018 (SAFEGE et EGIS)

L'hydrologie des bassins versants, que ce soit pour la détermination des débits historiques ou des débits statistiques, passe par :

- La caractérisation des bassins-versants, caractéristiques physiques (pente, surface, longueurs), occupation du sol, calcul du temps de concentration ;
- La caractérisation des pluies :
  - Pluie historique du 03 octobre 2015, spatialisation sur base des mesures radar Antilope et correction par rapport aux stations de mesure ;
  - Pluie statistiques – construction de pluies type Keifer à partir des ajustements de montana aux stations et répartition avec polygones de Thiessen – pour le bassin versant de la Grande Frayère, la station utilisée est celle de Cannes aéroport [1972-2014] ;
- Transformation pluie-débit :
  - Modèle hydrologique ;
  - Ajustement des paramètres pour tendre vers les valeurs de débits estimés HyMex.

#### **Caractérisation des bassins versants :**

Les bassins versants de la Frayère étudiés dans l'analyse hydrologique de l'étude PPRi sont présentés ci-dessous.

Le bassin versant de la Grande Frayère intercepté par l'aménagement hydraulique de Carimaï correspond au bassin versant « BV 2.1 – Grande Frayère amont (Egis) ».

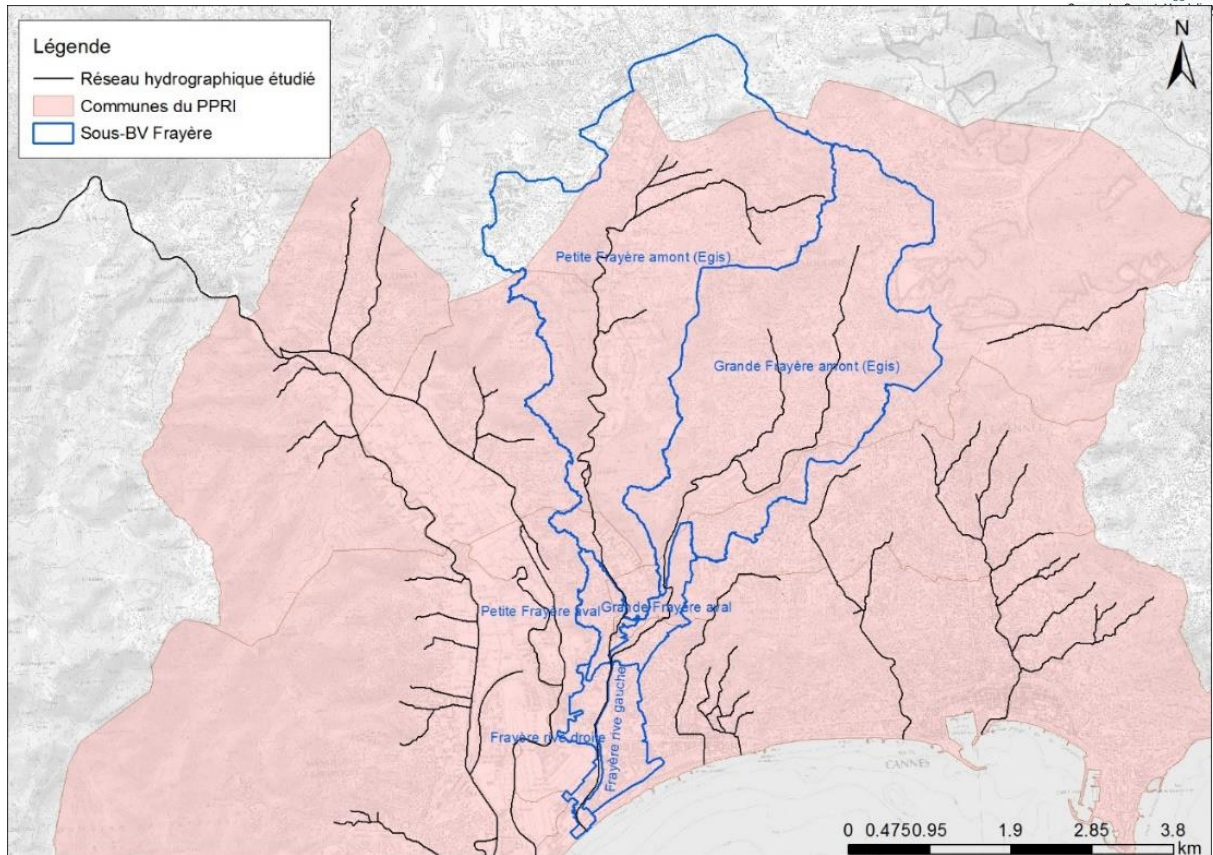


Figure 3-3 : Bassin versant de la Frayère – Source PPRi 2018

Les tailles des bassins versants à l'aval sont plutôt homogènes, entre 0.47 et 0.65 km<sup>2</sup>, tandis que pour les bassins versants amont, on note une différence significative entre la Petite Frayère (12.1 km<sup>2</sup>) et la Grande Frayère (8.8 km<sup>2</sup>) au droit du franchissement de l'A8. Les longueurs du plus long chemin hydraulique varient entre 1300 et 8085 m. Les pentes varient entre 1% (Frayère aval) et 5% (Grande Frayère aval).

Les temps de concentration de chaque bassin versant ont été calculés selon quatre formules différentes : Kirpich, Turraza, Passini et Ventura.

Tableau 4 : Formules de calcul du temps de concentration

Nom	Formule (Tc en min)	Données utilisées
Kirpich	$Tc = 0,0195 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{P}}\right)^{0.77}$	L : plus long chemin hydraulique (m) P : pente (m/m)
Turraza	$Tc = 65,1 \cdot \sqrt{A}$	A : surface en km <sup>2</sup>
Passini	$Tc = 6,48 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$	A : surface en ha L : plus long chemin hydraulique (m) P : pente (m/m)
Ventura	$Tc = 7,62 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$	A : surface en km <sup>2</sup> P : pente (m/m)

Les temps de concentration varient entre 22 min (Petite Frayère aval) et 109 minutes (Petite et Grande Frayère Egis), ce qui justifie l'emploi des pics distincts de 15, 30, 60 et 120 minutes dans les pluies de projet présentées plus loin.

La détermination de l'**occupation des sols** s'est basée sur l'analyse des données Corine Land Cover (CLC). Les bassins versants étant, le plus souvent, concernés par plusieurs types d'occupation du sol, une moyenne des CN, pondérée par les surfaces respectives des types d'occupation, est réalisée sur chaque bassin.

Occupation	Classe sol	
	B	C
Forêt	59	72
Cultures	69	78
Vigne, verger, oliveraie	64	74
Sol nu	84	89
Urbain discontinu	83	88
Urbain continu	96	96

**Tableau 5 : Valeurs de Curve Number par occupation et classe de sol – La Frayère**

Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques des sous-bassins versants de la Frayère :

**Tableau 6 : Caractéristiques des bassins-versants de la Frayère**

FRAYERE							
Code BV	Cours d'eau	Surface (km <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Pente (%)	Tc (min)	Classe sol	Curve Number
1.1	Petite Frayère Egis	12.1	8090	4%	109	B	76
1.2	Petite Frayère aval	0.5	1300	4%	22	B	83
<b>2.1*</b>	<b>Grande Frayère EgisA*</b>	<b>8.8*</b>	<b>7270*</b>	<b>3%*</b>	<b>109*</b>	<b>B*</b>	<b>81*</b>
2.2	Grande Frayère aval	0.7	1830	5%	24	B	71
3.1	Frayère aval rive droite	0.5	2160	1%	48	B	80
3.2	Frayère aval rive gauche	0.8	1500	1%	40	B	83

*\*Au droit du franchissement de l'A8, en amont de la retenue de l'AH*

### **Détermination des hydrogrammes de crue historique de la crue de 2015 :**

#### **○ Données météorologiques utilisées :**

- *Observations :*
  - Hauteurs d'eau précipitées le 03/10/2015 mesurées au pas de temps 6 minutes sur les stations Météo-France suivantes :
    - Cannes (06029001) ;
    - Mandelieu-la-Napoule (06079002) ;
    - Pégomas (06090002) ;

- Châteauneuf-Grasse (06038001).
  - Données d'intensités radar Antilope au pas de temps 1h, du 2 au 5/10/2015, couvrant l'ensemble du territoire métropolitain à une résolution de 1 km<sup>2</sup>.

La méthode HyMex, portée par l'IFSTTAR, consiste en une enquête de terrain post-événement dans le but d'évaluer les débits hydrauliques dans des sections peu débordantes avec relevés de laisses de crue et des caractéristiques géométriques des sections.

Bassins versants & Cours d'eau	Lieu de l'estimation	Surf. amont (km <sup>2</sup> )	Débits de pointe en m <sup>3</sup> /s			Qp/S	
			QpMin	Qp	QpMax	(m <sup>3</sup> /s)/km <sup>2</sup>	(m <sup>3</sup> /s)/km <sup>2</sup> *1,6
<b>BV de la Rague</b>							
La Rague	Théoule hangar à bateaux	1,3	9	12	15	8,9	9,5
La Rague	Théoule aval	2,1	20	24	29	11,5	13,4
<b>BV Riou de l'Argentière</b>							
Le Riou de l'Argentière	avant la confluence avec le ruisseau du Grand Cabrol	9,0	33	40	46	4,5	6,9
Le Riou de l'Argentière	amont confluence avec vallon de Saint Jean	20,7	100	120	140	5,8	10,6
Le Riou de l'Argentière	aval confluence avec vallon de Saint Jean	29,0	190	230	270	7,9	15,6
<b>Affluents du Riou de l'Ar.</b>							
Vallon du Grand Cabrol	avant la confluence avec le Riou de l'Argentière	4,4	26	33	40	7,6	10,2
Vallon de Saint Jean	amont pont St Jean, amont confluence Vallon des 3 Termes	5,6	50	65	80	11,6	16,3
Vallon de Saint Jean	RD 6007, environ 75 m en amont du pont, aval de la villa	7,9	65	95	125	12,1	18,3
Vallon de Saint Jean	RD6007, environ 30 m en aval du pont Saint Jean	8,0	75	95	115	11,9	18,1
Vallon de Saint Jean	Limite Fréjus-Mandelieu, amont confluence avec Argentière	8,1	70	95	120	11,8	17,9
Vallon de Maure Viel	Mandelieu, Pont Sarrazin	1,9	18	23	28	12,3	14,0
Vallon de Maure Viel	Mandelieu, domaine de Maure Vieil	2,4	25	38	50	15,8	18,8
Vallon du Maupas	Mandelieu, ligne droite amont de la carrière	3,7	35	45	55	12,3	15,9
<b>BV de la Siagne</b>							
Vallon de la Théoulière	Mandelieu la Napoule, Domaine du Grand Duc	1,4	20	25	30	18,2	19,4
<b>BV de la Grande Frayère</b>							
La Grande Frayère	Mougins, La Borde	7,7	70	90	115	11,7	17,6
La Grande Frayère	Le Cannet, amont A8, aval locaux SIFRO	9,0	90	115	140	12,8	19,9
La Grande Frayère	Cannes, stade Coubertin	21,4	75	95	115	4,4	8,2
<b>Affluent</b>							
La Petite Frayère	Cannes, Ranquin - Terrain de Foot	10,3	45	65	80	6,3	10,1
La Petite Frayère	Cannes, Ranquin - Pont à l'amont du collège	10,5	55	68	80	6,5	10,3
<b>BV Roquebillière</b>							
Vallon de Roquebillière	Cannes	1,3	20	24	28	18,3	19,3

Figure 3-4 : Estimation des débits de pointes et débit-pseudo-spécifique pour l'événement du 03 octobre 2015 (encadré rouge : Grande Frayère au droit de Carimai)

Cette méthode a permis d'ajuster les paramètres du modèle hydrologique pour retrouver les débits de pointes ainsi évalués en sortie de la transformation-pluie débit. Ensuite, la modélisation hydraulique a permis de conforter les débits de pointes et volumes de crues évalués par l'étude hydrologique en calant le modèle hydraulique sur les observations de la crue de 2015.

### Détermination des hydrogrammes de crues statistiques :

Les pluies de projet sont de type « Chicago », une méthode développée par Keifer et Chu (1957) qui permet d'obtenir une pluie mono-fréquentielle quelle que soit la durée choisie. Les pluies ont été construites au pas de temps 1 minute pour les périodes de retour 10, 30 et 100 ans grâce aux coefficients de Montana de la station de Cannes. Les hauteurs d'eau en résultant sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Cumuls en fonction de la durée de pluie et de l'occurrence correspondante à la station de Cannes – PPRi de Cannes

T (ans)	Durée en heures					
	0.1	0.25	0.5	1	2	4
10	15	25	37	55	67	84
30	18	30	44	65	82	106
100	21	34	50	73	97	131
1000	27	44	63	92	127	177

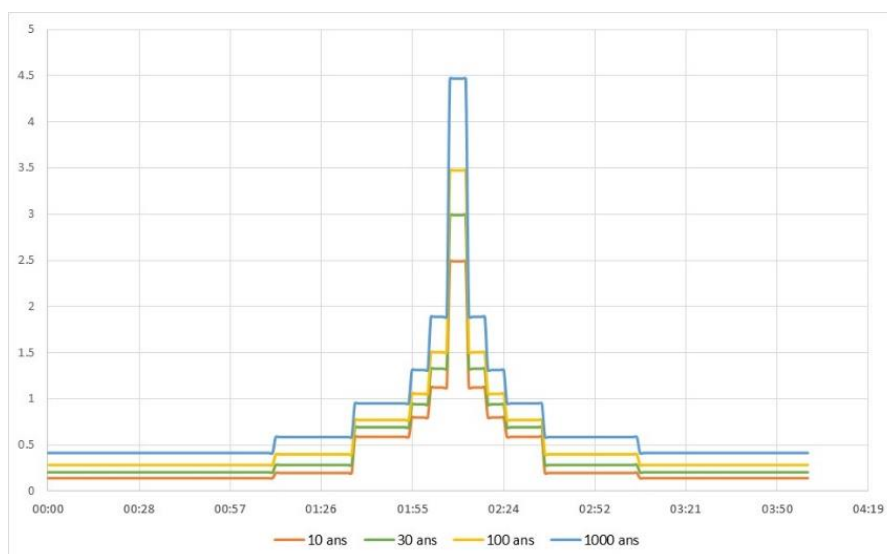


Figure 3-5 : Pluies de projet type Kiefer – PPRi de Cannes

### Détermination des débits de pointe :

La détermination des débits générés par la pluie historique et par chacune des pluies de projet est réalisée par une modélisation hydrologique. La méthode (Soil Conservation Service) via le logiciel de modélisation HEC-HMS a été employée. Les débits de pointes ainsi que les débits pseudo-spécifiques obtenus pour les différents sous-bassins versants sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8 : Récapitulatif des débits de pointe et débits pseudo-spécifiques issus des modélisations hydrologiques réalisées dans le cadre du PPRi - 2018

		FRAYERE										
		Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)					Débits pseudo-spécifiques (m <sup>3</sup> /s/km <sup>1.6</sup> )					
		Pluies de projet					3 oct. 2015	Pluies de projet				3 oct. 2015
BV	S (km <sup>2</sup> )	10 ans	30 ans	100 ans	1000 ans	10 ans		30 ans	100 ans	1000 ans		
1.1	12.1	53.4	78.2	106.9	161.6	72.5	7.3	10.6	14.6	22.0	9.9	
1.2	0.5	7.1	9.5	12.0	16.7	13.2	13.0	17.4	22.0	30.6	24.1	
<b>2.1</b>	<b>8.8</b>	<b>49.9</b>	<b>69.6</b>	<b>91.5</b>	<b>132.6</b>	<b>116.1</b>	<b>8.7</b>	<b>12.2</b>	<b>16.0</b>	<b>23.2</b>	<b>20.3</b>	
2.2	0.7	5.1	7.9	11	17	15.4	7.2	11.2	15.5	24.0	21.7	
3.1	0.5	4.4	6	7.8	11.1	11.8	7.9	10.8	14.0	20.0	21.2	
3.2	0.8	6.5	8.8	11.2	15.7	18.0	8.1	11.0	13.9	19.6	22.4	

Pour les débits de la Grande Frayère et de la petite Frayère, le rapport précise :

« Le bureau d'études Egis a pour mission la cartographie de l'aléa inondation de la Grande et de la Petite Frayère sur la commune de Mougins. Pour cela, il met en place un modèle hydrologique



et hydraulique sur toute la partie amont de la Frayère. Le découpage des bassins versants inclut donc la limite d'emprise de ces modèles, légèrement en amont de la confluence des deux bras. L'analyse hydrologique menée ici a inclus les bassins « Petite Frayère Egis » et « Grande Frayère Egis » pour la cohérence globale des débits des sous-bassins versants et l'ajustement du modèle, du fait de la proximité de leurs exutoires avec les points d'analyse des débits HyMeX.

Par la suite, les débits présentés ici pour ces deux bassins ne seront pas utilisés. En effet, ce seront les débits en sortie du modèle hydraulique Egis, plus exhaustifs, qui seront employés. »

Ainsi ce sont les hydrogrammes en sortie du modèle hydraulique de la Grande Frayère sur la commune du Cannet qui ont été retenus. Les débits de pointes retenus sont les suivants :

FRAYERE								
BV	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)				Débits pseudo-spécifiques (m <sup>3</sup> /s/km <sup>1.6</sup> )			
	Pluies de projet			3 oct. 2015	Pluies de projet			3 oct. 2015
	10 ans	30 ans	100 ans		10 ans	30 ans	100 ans	
1.1	22.1	37.3	62.0	103.3	3.0	5.1	8.4	14.1
1.2	7.1	9.5	12.0	13.2	13.0	17.4	22.0	24.1
2.1	8.4	17.7	35.4	115.8	1.5	3.1	6.2	20.3
2.2	5.1	7.9	11	15.4	7.2	11.2	15.5	21.7
3.1	4.4	6	7.8	11.8	7.9	10.8	14.0	21.2
3.2	6.5	8.8	11.2	18.0	8.1	11.0	13.9	22.4

**Tableau 11 : Débits des bassins versants de la Frayère**

**Figure 3-6 : Débits de pointe et débits pseudo-spécifiques retenus dans le PPRi - 2018**

### 3.1.2.2 Hydrologie issue de l'étude PAPI – 2020 (SAFEGE et EGIS)

Le référentiel hydrologique issu du PAPI de 2020 se base sur les débits retenus dans le cadre du PPRi. Le rapport PAPI précise également pour les débits de la Grande Frayère :

Par la suite, les débits présentés ici pour ces deux bassins versants amont (« Petite Frayère Mougins » et « Grande Frayère Mougins ») ne seront pas utilisés. En effet, ce seront les débits en sortie du modèle hydraulique, plus exhaustifs, qui seront employés.

Ainsi ce sont les hydrogrammes en sortie du modèle hydraulique de la Grande Frayère sur la commune du Cannet qui ont été utilisés dans le cadre du dimensionnement de l'aménagement hydraulique de Carimaï dans l'étude du PAPI. Les débits de pointes ainsi retenus sont donc plus faibles que les débits de pointes issues de la modélisation hydrologique, notamment pour les crues statistiques :

**Tableau 9 : Récapitulatif des débits de pointe et débits pseudo-spécifiques interceptés par l'aménagement hydraulique retenus dans le cadre du PAPI**

	Surface [km <sup>2</sup> ]	Débits de pointes [m <sup>3</sup> /s]					Débits pseudo-spécifiques [m <sup>3</sup> /s/km <sup>1.6</sup> ]				
		Q10	Q30	Q50	Q100	Q2015	Q10	Q30	Q50	Q100	Q2015
BV Grande Frayère	9.1	8.9	18.5	25	35.4	116	1.5	3.2	4.3	6.1	19.8

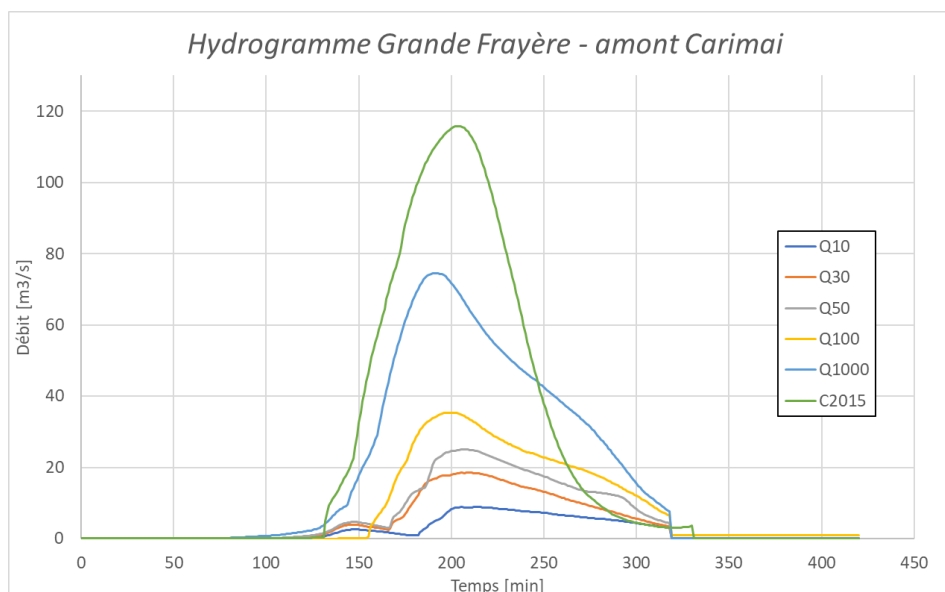


Figure 3-7 : Hydrogramme de crue de la Grande Frayère au droit de l'aménagement hydraulique de Carimai – source PAPI CACPL 2020

### 3.1.2.3 Débits issus de la méthode SHYREG

La méthode SHYREG est développée par Irstea avec le soutien de la DGPR.

La méthode SHYREG est une méthode d'estimation de l'aléa hydrologique, basée sur la régionalisation (prise en compte homogénéisée des caractéristiques locales) de paramètres de modèle (générateur de pluie et modélisation hydrologique). Cette régionalisation implique la prise en compte de variables locales pouvant influencer le régime hydrologique naturel de surface et consécutif à une précipitation.

Par contre, la présence d'éléments perturbateurs au ruissellement de surface comme des ouvrages de type barrages, le karst, l'influence de la fonte nivale ou d'un bassin versant particulièrement urbain peut faire baisser la fiabilité de la donnée.

Le bassin versant correspondant au point de calcul des débits SHYREG est le bassin versant complet de la Grande Frayère, soit 9.5 km<sup>2</sup> (très proche du bassin versant intercepté par l'aménagement hydraulique de Carimai à 9.1 km<sup>2</sup>).

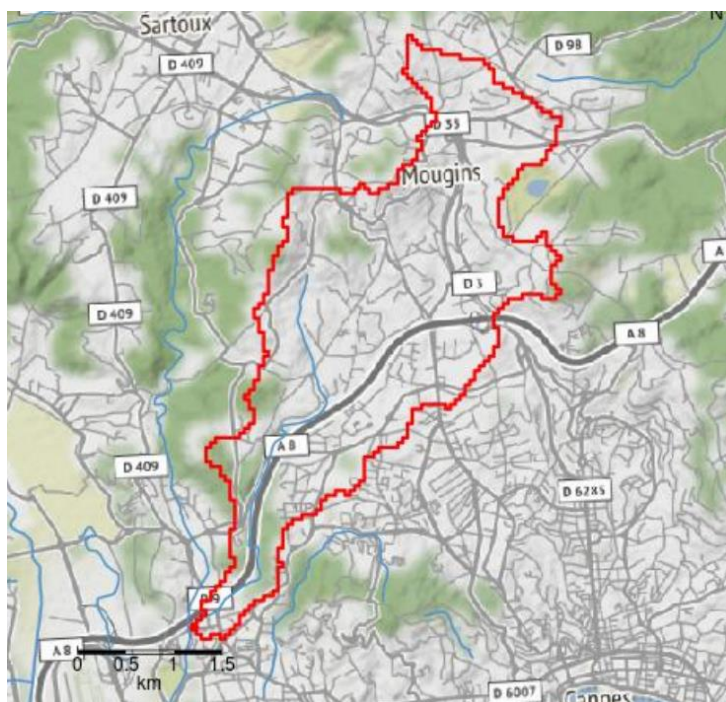


Figure 3-8 : Bassin versant calculé pour la méthode SHYREG – base de donnée SHYREG 2019 – identifiant ME2260

Les débits de pointes et débits pseudo-spécifiques, sont présentés dans le tableau ci-dessous. Le bassin versant est estimé à 57% karstique dans la base de données SHYREG et précise donc qu'il existe des incertitudes vis-à-vis du kart.

On note que les débits de pointes obtenus sont similaires à ceux obtenus dans le cadre du PPRi, mis à part pour la crue millénale qui est bien plus forte avec un ratio  $Q_{1000}/Q_{100}$  de 1.8 avec cette méthode contrairement à transformation pluie débit du PPRi qui donne un ratio  $Q_{1000}/Q_{100}$  de 1.4 (rappel :  $Q_{1000}$  transformation pluie-débit PPRi = 132.6 m<sup>3</sup>/s pour 8.8 km<sup>2</sup>).

Tableau 10 : Débits de pointe et débit pseudo-spécifiques pour le bassin versant de la Grande Frayère –Base de données SHYREG 2019 – identifiant ME2260

Occurrences	Débit de pointe (9.5 km <sup>2</sup> )	Débit pseudo-spécifique
ans	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1000	169.0	27.9
100	93.9	15.5
50	74.3	12.3
10	38.4	6.3
5	27.3	4.5

### 3.1.2.4 Révision des débits de projet dans le cadre de l'Etude de Dangers

L'aménagement hydraulique de Carimai étant également classé comme barrage de classe C, la stabilité de l'ouvrage doit être assurée pour une crue de danger de probabilité d'occurrence de 10<sup>-4</sup> (soit une décamillénale) d'après l'arrêté du 06 aout 2018 fixant les prescriptions techniques relatives à la sécurité des barrages – Annexe I - Chapitre VIII, paragraphe 34.

Ce chapitre vise donc à définir le référentiel hydrologique en prenant les dernières données disponibles pour l'étude de dangers et vis-à-vis de la sécurisation d'un barrage de classe C, notamment dans le but de la définition de la crue extrême décennale pour laquelle le barrage doit permettre d'évacuer la crue vers l'aval sans mettre en péril la stabilité du barrage. Cette crue doit donc être estimée en prenant en compte les dernières données de pluie disponible sur le secteur. **Il est alors nécessaire de réinterroger l'hydrologie en intégrant la chronique des pluies de 1989 à 2021 (Station MF Cannes aéroport N° 06029001), intégrant notamment les cumuls de la pluie du 3 octobre 2015.**

En effet, sur la base hydrologique existante il apparaît :

- Que les statistiques de pluies à la station de Cannes aéroport issues du PPRi n'intègrent pas les données de la pluie de 2015. **La période de mesure à la station pour le PPRi était de 1973 à 2014 (donc une profondeur de données de 42 ans).**
- Que la crue de 2015 présenterait un débit de pointe proche de la crue millénaire sur base du PPRi, soit base IDF Cannes avant 2015. Cette crue millénaire était obtenue par transformation pluie débit à partir de la statistique de pluie à la station (1972-2014), ce qui a tendance à engendrer une forte imprécision (diminution) sur les débits de pointes la crue Q1000. **Une estimation de la crue décennale sur cette base pourrait engendrer une sous-estimation de cette crue extrême.**
- Les hydrogrammes de crues définis dans le PAPI sont issus d'une modélisation et prennent en compte un laminage. Comparé à l'hydrologie issue du PPRi et aux résultats obtenus dans une hydrologie classique, les débits de pointe et débits pseudo-spécifiques obtenus sont bien plus faibles. **Cette base hydrologique conduirait à caractériser la crue de 2015 comme une décennale**, qui n'est pas « concevable » pour dimensionner la sécurité d'un barrage de classe C, s'agissant d'un événement vécu.

Ainsi, le référentiel hydrologique de crues rares et extrêmes doit être mis à jour, au regard des événements passés et dans le cadre des objectifs de sécurisation du barrage.

La méthodologie utilisée est la suivante :

- Définition des pluies de projet – Construction de pluies kiefers de 4h à partir des données statistiques de pluies à la station Météo France de Cannes aéroport [1989-2021]. La statistique est issue de 31 ans de données et **intègre la pluie d'octobre 2015.**
- Utilisation du modèle hydrologique du PPRi pour la transformation pluie-débit (modèle SCS). Toutes les hypothèses relatives à la construction du modèle dans le cadre du PPRi sont conservées (méthode SCS, occupation du sol, imperméabilisation, pentes, temps de concentration, etc.). En effet les paramètres du modèle **sont calés sur la crue de 2015** et ce dernier donne des résultats très satisfaisants sur la Grande Frayère pour cette crue, très proche du débit estimé par la méthode Hymex ;
- La crue millénaire est prise égale à  $1.8 \cdot Q_{100}$  (selon ajustement Gumbel conforme à la méthode mise en œuvre pour les SHYREG débits) ;
- Utilisation de la méthode du Gradex pour la définition du débit de pointe de la crue décennale, à partir d'un pivot à  $Q_{1000}$  ;
- Les hydrogrammes de crue sont obtenus à partir des résultats du modèle pluie-débit et par homothétie des débits de pointes pour les crues  $Q_{1000}$  et  $Q_{100}$ . L'aménagement hydraulique de Carimai ne permet pas de laminar les crues à partir des crues de l'ordre de



60-70 m<sup>3</sup>/s en pointe (crues inférieures à la crue de de 2015). **Pour ce type de crue il n'y aura donc aucun laminage de crue et donc aucun effet du volume de l'hydrogramme de crue choisi sur les cotes atteintes.**

### **3.1.2.4.1 Les pluies de projet**

Les données statistiques de pluies à la station Météo France de Cannes aéroport [1989-2021], qui est issue de 31 ans de données et intègre la pluie d'octobre 2015 est utilisée pour définir les pluies de projet. Il s'agit des coefficients de Montana à la station calculés à partir d'un ajustement statistique. Ils sont utilisés ensuite pour construire les courbes HDF présentés dans le tableau suivant.

Les pluies de projet sont de type « Chicago », une méthode développée par Keifer et Chu (1957) qui permet d'obtenir une pluie mono-fréquentielle quelle que soit la durée choisie. La durée totale de la pluie choisie est de 4h, conforme à la taille du bassin versant et cohérente avec l'événement d'octobre 2015.

Les hauteurs d'eau résultant sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 11 : Cumuls en fonction de la durée de pluie et de l'occurrence correspondante à la station de Cannes –Cannes aéroport [1989-2021]**

<b>Durée [min]</b>	<b>6</b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>120</b>	<b>180</b>	<b>240</b>
<b>Occurrence [ans]</b>	<b>Cumuls [mm]</b>						
<b>5</b>	13	33	50	56	62	71	79
<b>10</b>	15	39	59	67	75	87	96
<b>20</b>	16	44	68	78	87	101	113
<b>30</b>	17	47	72	84	94	110	123
<b>50</b>	18	50	78	91	103	122	137
<b>100</b>	19	55	85	101	115	138	157

La comparaison entre les cumuls mesurés à la station de Cannes pour la pluie du 3 Octobre 2015 et la statistique de pluie ainsi définie, montre que la pluie de 2015 reste significativement supérieure à la pluie centennale pour une durée de pluie de 2h.

La période de retour de la pluie de 2015 avec cette statistique pour une durée de 2h est de 2 700 ans ce qui est significativement plus faible que celle estimée dans le PPRi (30 000 ans base IDF Cannes de 1972 - 2014) mais reste témoin du caractère exceptionnel de cette pluie.

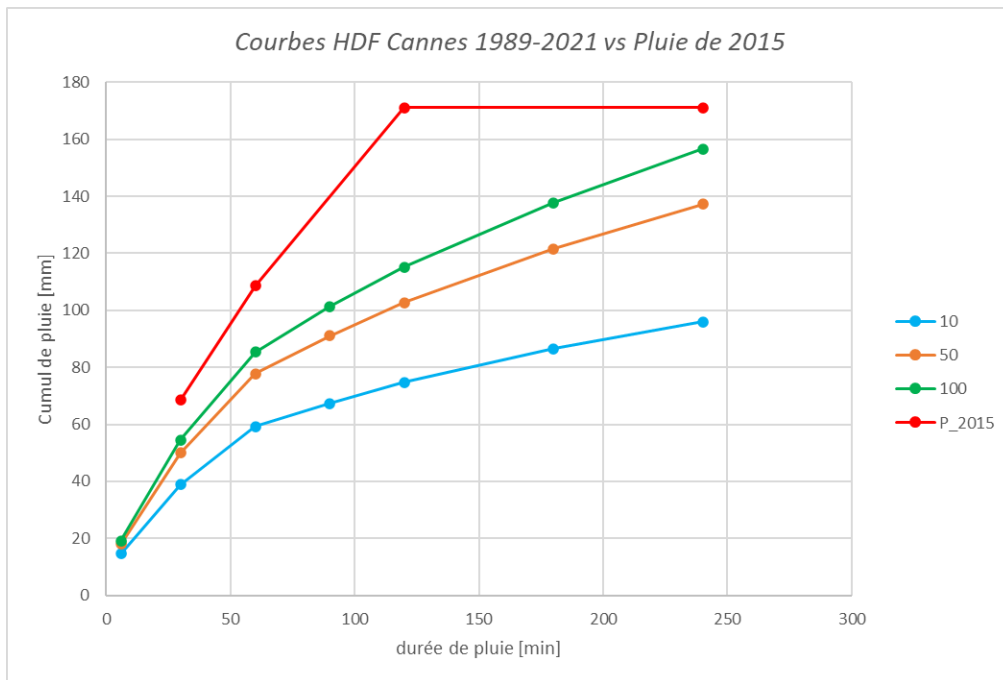


Figure 3-9 : Comparaisons des cumuls de pluie statistique et octobre 2015 – Station de Cannes aéroport [1989-2021]

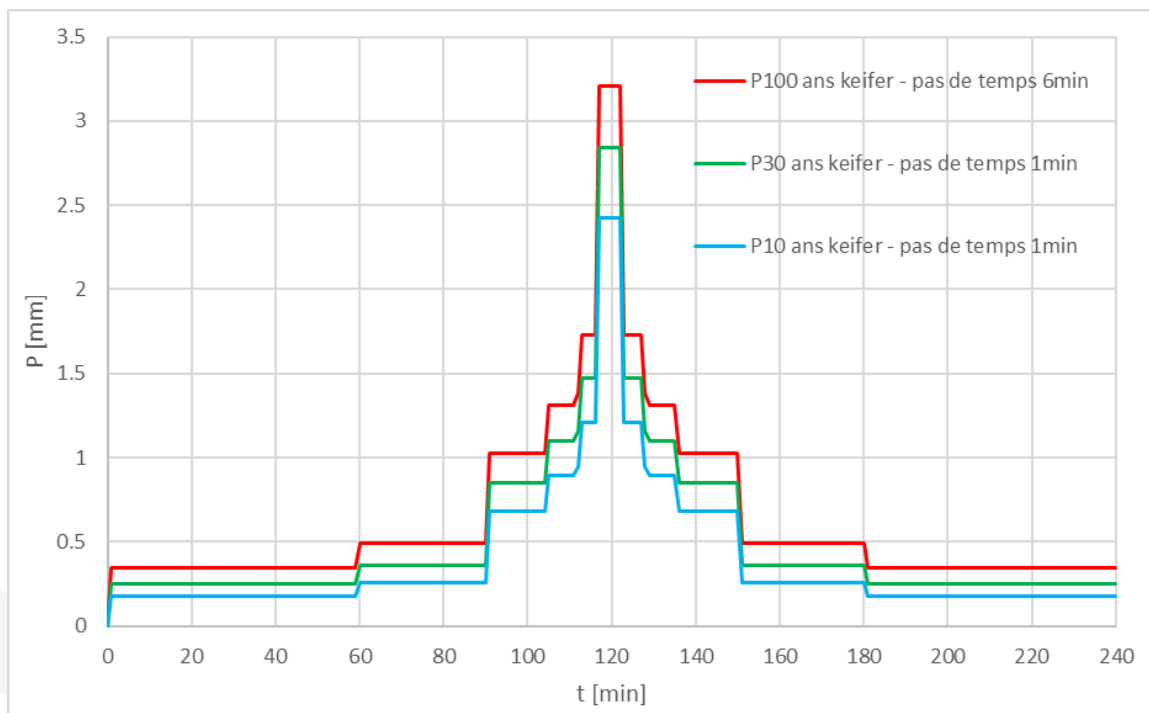


Figure 3-10 : Pluies de projet type Kiefer – Quantiles de pluie Cannes aéroport [1989-2021]

### 3.1.2.4.2 Particularité sur la géologie du bassin versant :

La méthode Shyreg identifie le bassin versant comme en grande partie karstique.

La cartographie géologique du bassin versant de la Grande Frayère montre en effet que le sous-sol est en partie de nature karstique, principalement des *Muschelkalk supérieur dolomitique* et *Keuper Marnes lie de vin Dolomies blanches*.

Les propriétés des roches karstiques favorisent les échanges surface/souterrain et engendrent des processus hydrologiques spécifiques lors des crues : infiltration rapide, mobilisation d'eau souterraine, écoulements souterrains interbassins. Les bassins karstiques ont donc des réponses hydrologiques complexes, difficiles à quantifier et à prévoir.

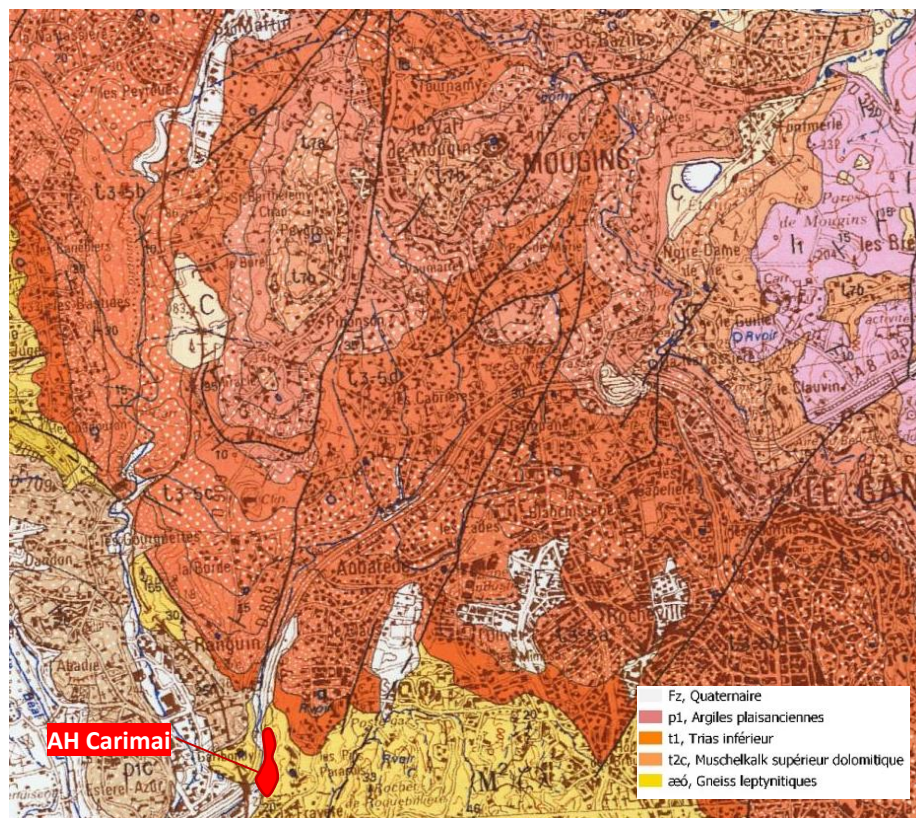


Figure 3-11 : Cartographie géologique imprimée 1/50 000 au droit de la Grande Frayère – infoterre BRGM

La présence du karst peut influencer l'hydrologie de plusieurs manières :

- Par une atténuation des pics de crue – ou en tout cas, des premiers pics lors des crues multi-pics – lorsque l'épisode se produit en condition de karst sous-saturé ;
- Par une contribution d'eau souterraine d'origine karstique et/ou de ruissellement sur karst saturé (refus à l'infiltration).

La nature karstique du bassin versant est donc **source d'incertitude** dans la détermination des débits de projet avec les méthodes classiques et devra amener à nuancer les résultats obtenus, **notamment pour les petites occurrences**.



Pour ce type de bassins versants karstiques, les ratio Q100/Q10 pour des bassins versants karstiques peuvent atteindre 4 voir plus, et donc être bien supérieur au ratio des pluies (ici à titre d'illustration, le ratio P100/P10 pour une durée de 2 h n'est que de 1.5).

### 3.1.2.4.3 La transformation pluie-débit

Le modèle hydrologique de la Frayère construit dans le cadre du PPRi ainsi que tous ses paramètres est réutilisé. Les paramètres du modèle sont calés sur la crue de 2015 et ce dernier donne des résultats très satisfaisants sur la Grande Frayère pour cette crue, très proche du débit estimé par la méthode Hymex.

Les paramètres du modèle sont présentés dans le tableau suivant.

A noter que le bassin versant 2.1 a son exutoire au droit du franchissement de l'autoroute A8, légèrement en amont de l'aménagement hydraulique de Carimaï (8.8km<sup>2</sup>) et les résultats débits de pointes sont donc étendu au bassin versant intercepté par l'aménagement hydraulique à partir d'un ratio de Meyer avec un exposant de 0.8 dans la suite (9.1 km<sup>2</sup>).

Tableau 12 : Caractéristiques des bassins-versants de la Frayère

FRAYERE							
Code BV	Cours d'eau	Surface (km <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Pente (%)	Tc (min)	Classe sol	Curve Number
1.1	Petite Frayère	12.1	8090	4%	109	B	76
1.2	Petite Frayère	0.5	1300	4%	22	B	83
<b>2.1</b>	<b>Grande Frayère</b>	<b>8.8</b>	<b>7270</b>	<b>3%</b>	<b>109</b>	<b>B</b>	<b>81</b>
2.2	Grande Frayère	0.7	1830	5%	24	B	71

Les résultats obtenus par la transformation pluie-débit sont les suivants :

Tableau 13 : Résultats de la modélisation su le bassin versant de la Grande Frayère – BV 2.1

Surface [km <sup>2</sup> ]	8.8				
BV 2.1 Grande Frayère	Débit de pointe	Pseudo-spécifique	Lame d'eau précipitée	Lame d'eau Ruisselée	Cr équivalent
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s/km <sup>1.6</sup>	mm	mm	-
<b>10 ans</b>	58	10.1	96	49	0.51
<b>30 ans</b>	83	14.6	124	74	0.60
<b>100 ans</b>	112	19.6	157	104	0.66
<b>Crue 2015 (Calage du modèle hydrologique)</b>	116.5	20.4	154	100	0.65

Pour les occurrences faibles à moyennes, les estimations hydrologiques par modélisation pluie-débits sont imprécises du fait :

- du calage du modèle pluie débit sur un seul événement de probabilité d'occurrence faible (> 100 ans soit Octobre 2015) ;
- de l'absence de station de mesure permettant de caler sur plusieurs gammes de débits ;

- *du caractère karstique du bassin versant influençant fortement la réaction pluies - débits par atténuations / contributions dépendant des cumuls précipités et des conditions initiales du karst.*

*Nous rappelons également ici que le transfert des hydrogrammes depuis l'amont du bassin versant ne sont pas pris en compte contrairement aux hydrogrammes PAPI 2020.*

La crue millénale est obtenue à partir du débit de pointe de la crue centennale :  $Q_{1000} = 1.8 \cdot Q_{100}$ , puis le débit de pointe de la crue décennale est obtenue par la méthode du Gradex :

- Calcul du Gradex des pluies pour une pluie de durée de 2h sur l'ajustement statistique de la station de Cannes aéroport [1989-2021] ;
- Calcul du coefficient de forme à partir de l'hydrogramme de la crue de 2015 ;
- Calcul du Gradex débit et détermination du débit  $Q_{10\ 000}$  à partir de la  $Q_{1000} = 1.8 \cdot Q_{100}$ .

A noter que cette méthode choisie est maximisante par rapport à l'application d'un Gradex débit sur un pivot  $Q_{100}$  pour déterminer à la fois  $Q_{1000}$  et  $Q_{10\ 000}$ .

**Tableau 14 : Débits de pointe et pseudo-spécifique obtenus pour les crues  $Q_{100}$ ,  $Q_{1\ 000}$  et  $Q_{10\ 000}$  - bassin versant de la Grande Frayère au droit de l'aménagement hydraulique de Carimaï**

Surface BV [km <sup>2</sup> ]	9.1	
	Débit de pointe	Débit pseudo-spécifique
Occurrence	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s/km <sup>1.6</sup>
-		
<b>100 ans</b>	115	19.6
<b>1000 ans - 1.8*Q100</b>	207	35.3
<b>10 000 ans - Gradex débit</b>	268	45.8

En complément à cette analyse pluie-débit, il est utile de mettre en perspective ces résultats avec les chroniques d'événements passé.

Le tronçon de la Grande Frayère en aval de la voie SNCF à une capacité de l'ordre de 25 m<sup>3</sup>/s et les historiques de débordements sur ce tronçon sont peu nombreux : en effet, mis à part les débordements observés lors de la crue de 2015, il n'y a pas d'autre débordements observés sur la Grande Frayère d'après les approches historiques réalisés dans le cadre des dossiers PAPI et PPRI.

Cela pourrait indiquer un effet seuil entre les débits courants et moyen et les crues plus rares, caractéristiques de bassins karstiques.

Pour rappel, cet effet seuil sur les débits observés entre les crues courantes et les crues extrêmes recoupe les remarques suivantes :

- Tout d'abord le modèle hydrologique est calé sur les observations faites lors de la crue de 2015 qui est une crue rare proche de la crue centennale et donc les résultats issus de ce modèle pourrait avoir tendance à **surestimer les débits issus de pluies plus fréquentes** (surestimation du coefficient de ruissellement équivalent pour les pluies faibles et moyennes) ;
- Ensuite, comme décrit plus haut, le bassin versant de la Grande Frayère est en grande partie karstique ce qui signifie que le fonctionnement réel du bassin versant pourrait être le suivant : Une bonne capacité d'infiltration pour les petites à moyennes pluies, ce qui a pour effet de

largement réduire la réponse du bassin versant pour ces crues, puis les karsts se saturent pour les pluies plus importantes et le ruissellement devient très important par refus à l'infiltration dès que le karst est saturé. Le retour d'expérience montre que sur des bassins versants karstiques, le rapport Q100/Q10 peut être très variable et peut atteindre des valeurs de 4 à 5 alors le ratio maximum pour la transformation pluie débit non karstique est de l'ordre de 1.5 à 2.

Ainsi, même s'il existe des incertitudes sur les débits des crues courante à moyenne, la méthode utilisée, qui bénéficie d'un calage sur une crue observée sur la Grande Frayère et qui prend en compte les dernières statistiques de pluies, permet de définir une **de manière satisfaisante les débits des crues rare à extrême.**

Pour les crues plus faibles, au regard : de l'absence de donnée sur le bassin versant, de sa nature karstique et de l'absence de retour d'expérience sur ce type de crue, il n'y a aucune méthode qui permet de définir avec satisfaction l'hydrologie des crues courantes à moyennes sur la Grande Frayère.

Ainsi, les débits de projets retenus pour la sécurisation du barrage sont les suivants :

**Tableau 15 : Débits de pointe et débits pseudo-spécifiques retenus – Au droit de l'aménagement hydraulique de Carimai**

Surface BV [km <sup>2</sup> ]	9.1	
Occurrence	Débit de pointe	Débit pseudo-spécifique
-	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s/km <sup>1.6</sup>
100 ans	115	19.6
1000 ans - 1.8*Q100	207	35.3
10 000 ans - Gradex débit	268	45.8
Crue 2015 (estimée Hymex)	116	19.9

### 3.1.2.5 Synthèse des débits de projet retenus

**Tableau 16 : Récapitulatif des débits de pointe, volumes et débits pseudo-spécifiques retenus dans le cadre de l'Etude de Dangers et de la sécurisation du barrage pour les crues extrêmes**

	Crue de 2015	Q10 000	Q1 000	Q100
Qp – débit de pointe [m <sup>3</sup> /s]	116	268	207	115
Volume [m <sup>3</sup> ]	872 000	2 190 000	1 691 000	940 000
Lame d'eau ruisselée [mm]	96	240	186	103
Qpseudo-spé [m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ]	19.9	45.8	35.3	19.6

A noter que le volume de l'hydrogramme choisi n'a pas d'incidence sur le débit de pointe du déversoir et donc sur les PHE atteinte pour cette gamme de crue (Q100 à Q10 000).

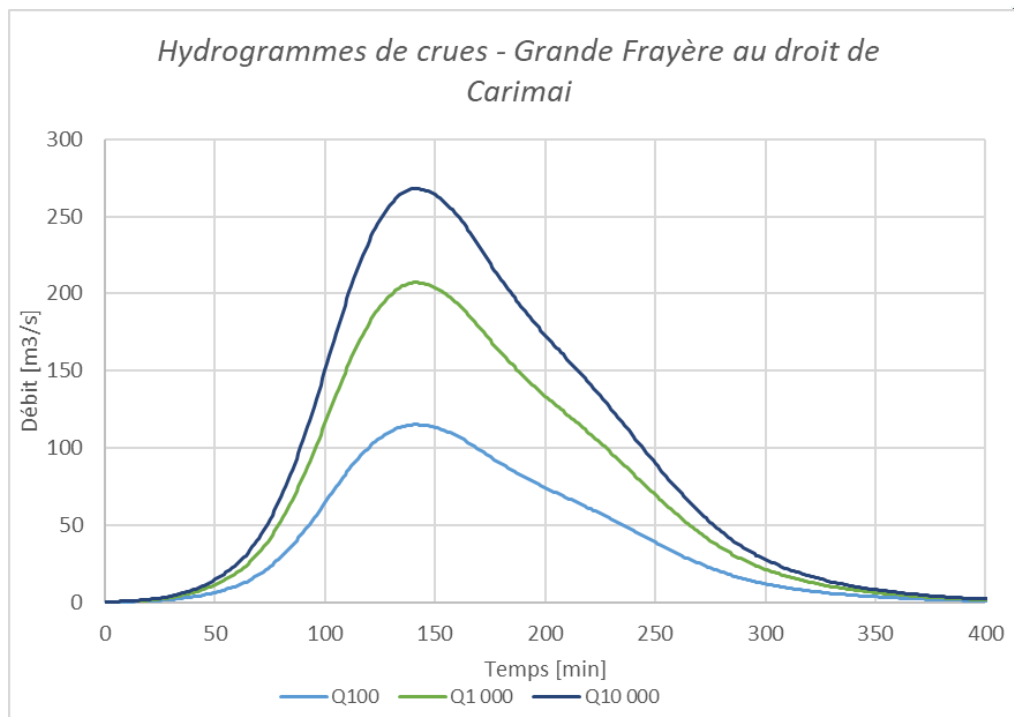


Figure 3-12 : Hydrogrammes de crues retenues dans le cadre de l'Etude de Dangers et de la sécurisation du barrage pour les crues extrêmes – Grande Frayère au droit de l'aménagement hydraulique de Carimaï

Par la suite, pour la caractérisation des performances de l'aménagement hydraulique, les hydrogrammes SCS unitaire définis dans ce chapitre seront utilisés et recalés en pointe par homothétie.

### 3.1.3 Risque d'embâcles et de transport solide pouvant conduire à réduire la protection apportée par l'aménagement

La formation d'embâcles pourrait obstruer le pertuis de fond de l'ouvrage et ainsi impacter la capacité d'écrêtement des crues de l'ouvrage, réduisant ainsi son efficacité.

En ce qui concerne la configuration de l'aménagement de Carimaï :

- Le fond du bassin est vierge de toute végétation à l'heure actuelle, se situant sur l'ancien hameau de Carimaï. Le tronçon amont est quant à lui encaissé et traverse une zone qui pourrait amener des sédiments en crue.
- Le projet conserve une continuité de la pente et de la sinuosité du tracé par rapport à l'état actuel pour éviter au maximum les problématiques de continuité sédimentaire.
- Un piège à embâcle est présent en amont de l'ouvrage de sortie (au niveau du pertuis).

L'ouvrage a été dimensionné pour acheminer les crues de façon sécurisée jusqu'en aval de l'ouvrage pour jusqu'à une crue décennale et avec un pertuis de fond totalement obstrué.

**La sureté de l'ouvrage, de par sa conception, n'est donc pas sensible aux formations d'embâcles.**



## 3.2 Description précise de l'aménagement hydraulique et de ses fonctions de protection contre les inondations

### 3.2.1 Plan d'ensemble localisant et identifiant les différents éléments constituant l'aménagement hydraulique

L'aménagement hydraulique de Carimaï est composé d'un seul barrage. Les éléments principaux constituant l'ouvrage sont présentés ci-dessous :

- [1] Section déversante du barrage : Une digue en remblai de 70 ml en travers de l'axe du cours d'eau, surmonté d'un déversoir en enrochements liaisonnés, et d'une poutre de seuil en crête, ainsi que de marches d'escaliers en enrochements liaisonnés sur le parement aval formant le coursier de l'évacuateur de crue [4], et d'une fosse de dissipation en pied aval [5] ;
- Section courante du barrage : une digue de fermeture en remblai le long du mur de l'A8 en rive droite de 65 ml [2] surmonté d'un mur de rehausse calé à la cote 22,80 ml, ainsi qu'une digue de fermeture en remblais en rive gauche d'une longueur de 15 ml [8]
- [3] Un pertuis de fond rectangulaire de largeur 2.6m et de hauteur 1.5m, sur une longueur de 32m. Le lit mineur de la Grande Frayère passe à travers cet ouvrage. Il permet également la vidange du bassin.
- [6] Une rampe qui permet d'accéder à une piste sur l'ouvrage principal puis à des pistes d'accès situées à l'intérieur de la retenue
- [7] Le lit mineur du cours d'eau en fond de retenue

Le barrage de Carimaï sera équipé d'échelles de mesures du niveau d'eau, ainsi que de sondes de mesures du niveau d'eau en amont et en aval permettant la télétransmission des informations. Des piézomètres pourront également être installés à posteriori de la construction, en fonction de l'évolution du fonctionnement du barrage. Le fonctionnement nominal du barrage implique en effet une absence de ligne d'eau dans le corps du barrage. La durée de remplissage du barrage en crue est également trop faible (l'hydrogramme de crue dure 6h depuis le début de la montée de débit) pour voir apparaître un régime stationnaire de l'écoulement dans le corps du barrage, permettant une exploitation efficace des données de piézométries.

Le barrage de Carimaï étant en effet conçu comme un barrage vide en situation normale, la mise en place de piézomètre à la construction du barrage n'apparaît pas nécessaire, car le remblai du barrage n'est pas mis en charge de manière permanente.

La figure suivante permet de localiser les différents éléments présentés ci-dessus :

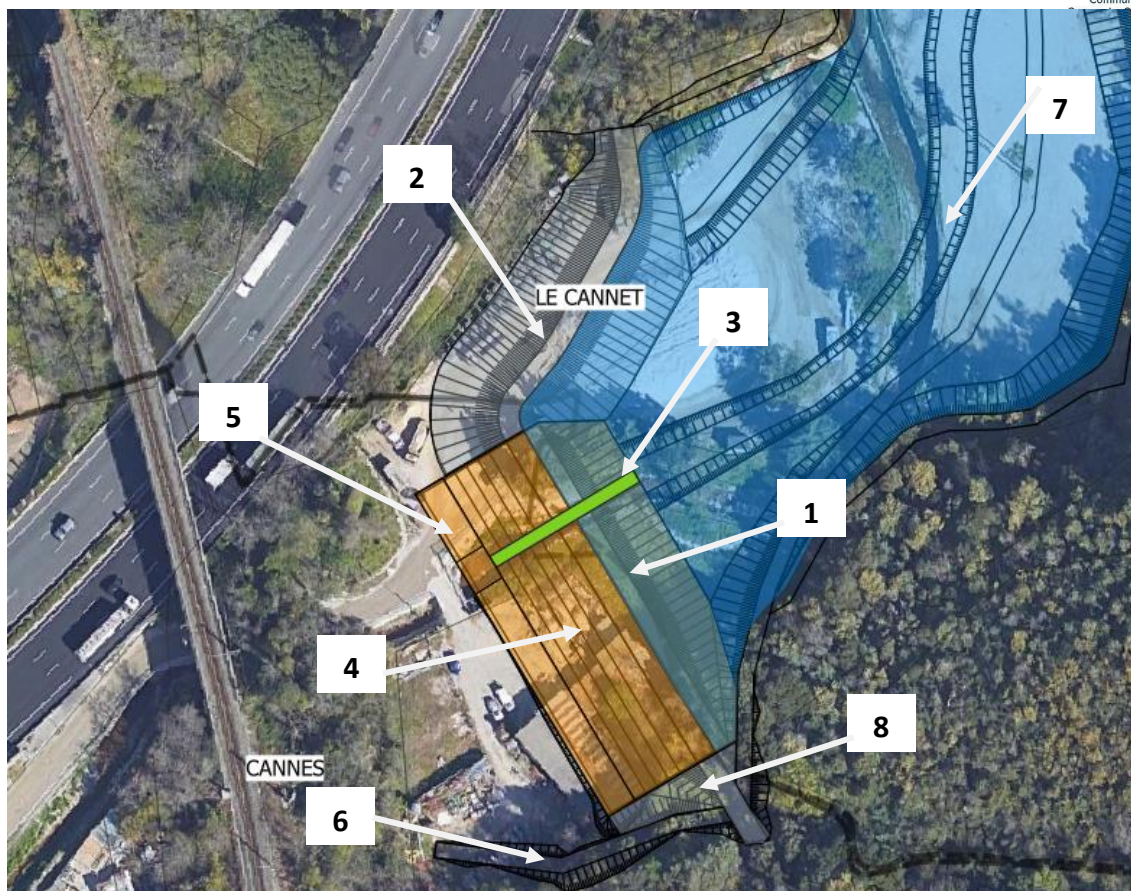


Figure 3-13 : description de l'ouvrage de Carimai

### 3.2.1.1 Section courante ([2] et [8])

Le barrage en section courante (correspondant dans le plan précédent aux parties [2] et [8]) est un ouvrage en remblai dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

Tableau 17 : Caractéristiques principales du barrage en section courante

Caractéristiques	Valeur
Cote de la crête	22,80 m NGF
Largeur de la crête	4 m
Pente du talus amont	2H/1V
Pente du talus aval	2,5H/1V
Hauteur / TN aval	5 m
<b>Longueur</b>	65 ml en RD, 15 ml en RG

Le barrage est composé des éléments suivants :

- Un noyau argileux de 3 m de large en tête et des pentes à 1H/1V ;
- D'une clé d'étanchéité ;
- D'un géotextile filtrant recouvrant le noyau argileux ;
- D'une recharge amont en matériaux alluvionnaires du site avec une pente à 2H/1V ;

- D'une recharge aval en matériaux alluvionnaires du site avec une pente à 2,5H/1V ;
  - D'un tapis drainant en matériaux granulaires enrobé d'un géotextile filtrant sous la recharge aval ;
  - D'une piste d'exploitation surmontant la crête du barrage.
  - D'un cadre de réhausse de la crête, calé à la cote 22,80 m GF
- Les coupes des différentes sections du barrage sont présentées ci-après.

### **3.2.1.2 Section déversante ([1] , [3] , [4] et [5])**

La section déversante (correspondant dans le plan aux sections [1], [3], [4] et [5]) est constituée d'un remblai zoné sur lequel est présent un évacuateur de crue. Son objectif est d'évacuer les débits excédentaires lors du remplissage de la retenue.

L'évacuateur de crues est ainsi constitué des organes suivants :

- Un seuil épais rectiligne d'une longueur de 70 ml, constitué :
  - Il possède un seuil épais rectiligne constitué d'une poutre en béton à la cote de 20.60 m NGF ;
  - Le revêtement de la crête est en enrochements bétonnés ;
  - La longueur déversante totale est de 70 ml.
- Un coursier en marche d'escalier :
  - Le coursier est rectiligne et est constitué de 4 marches en enrochements bétonnés de 2.5 m de large et 1 m de haut pour une longueur totale de 10 m (sans compter le déversoir). Ces marches se situent sur le talus aval reposant sur une couche drainante ;
  - Des bajoyers verticaux<sup>1</sup> sont implantés sur les côtés pour délimiter la partie « digue de fermeture ».
- Un bassin de dissipation en pied : il est créé à un mètre de profondeur et s'étend sur 5 m de large (cote de 15.50 m NGF) protégé en fond et sur les talus par des gabions/enrochements.

Les coupes des différentes sections du barrage sont présentées ci-après.

- Des bajoyers verticaux à chaque extrémité du déversoir

Le schéma de principe de la section déversante est quant à lui présenté ci-dessous.

### **3.2.1.3 Coupes de présentation des sections courante et déversante**

La coupe de la section courante est la coupe C-C' et les coupes de la section déversante sont les coupes A-A' et B-B'.

---

<sup>1</sup> Mur de consolidation en béton vertical (voile) qui permet de faire la séparation entre la partie évacuateur et la partie digue en terre.

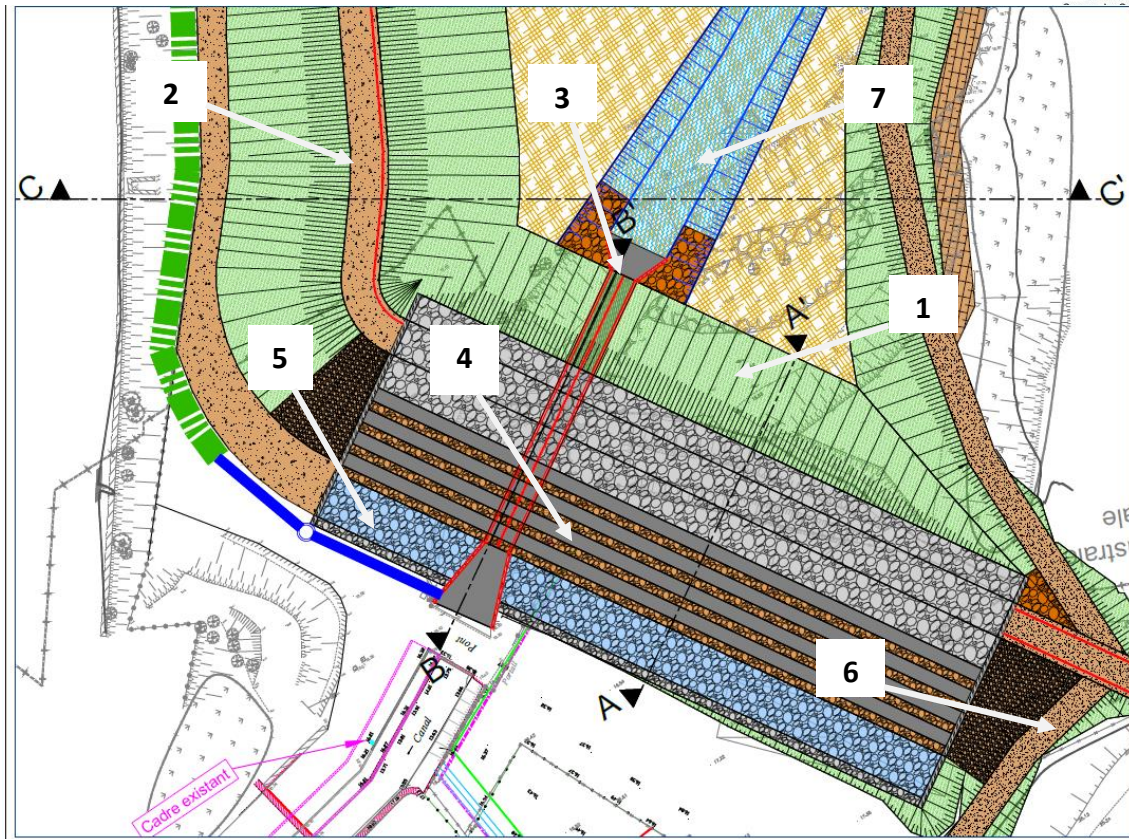


Figure 3-14 : Localisation des coupes sur la section courante et sur la section déversante de l'aménagement hydraulique – plan AVP

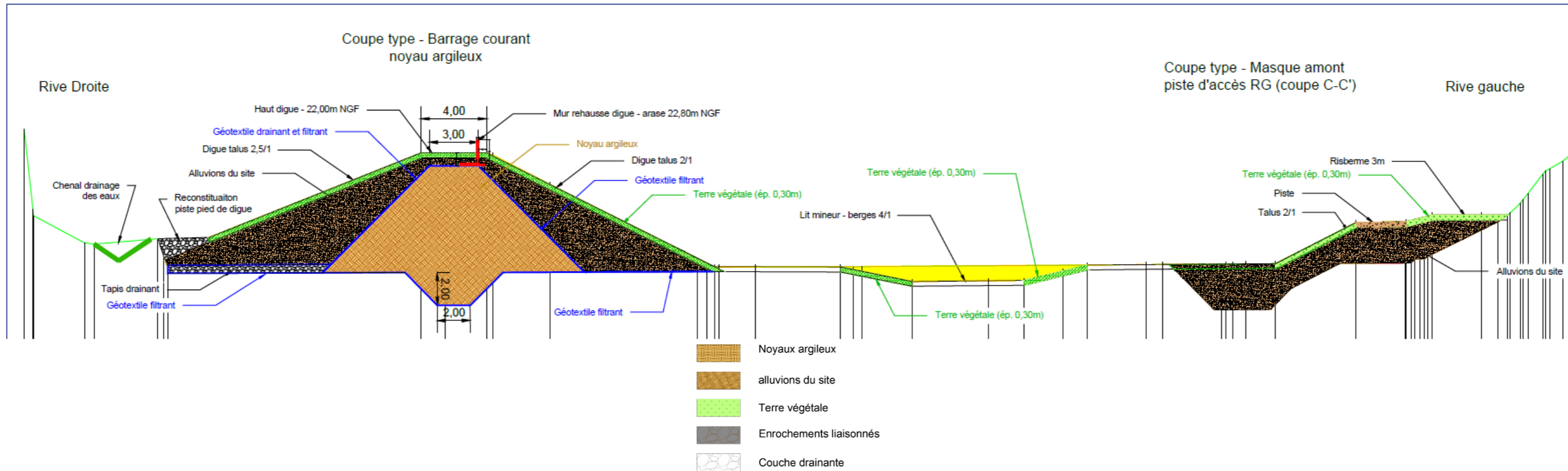


Figure 3-15 : Coupe C-C' de la section courante – plan AVP

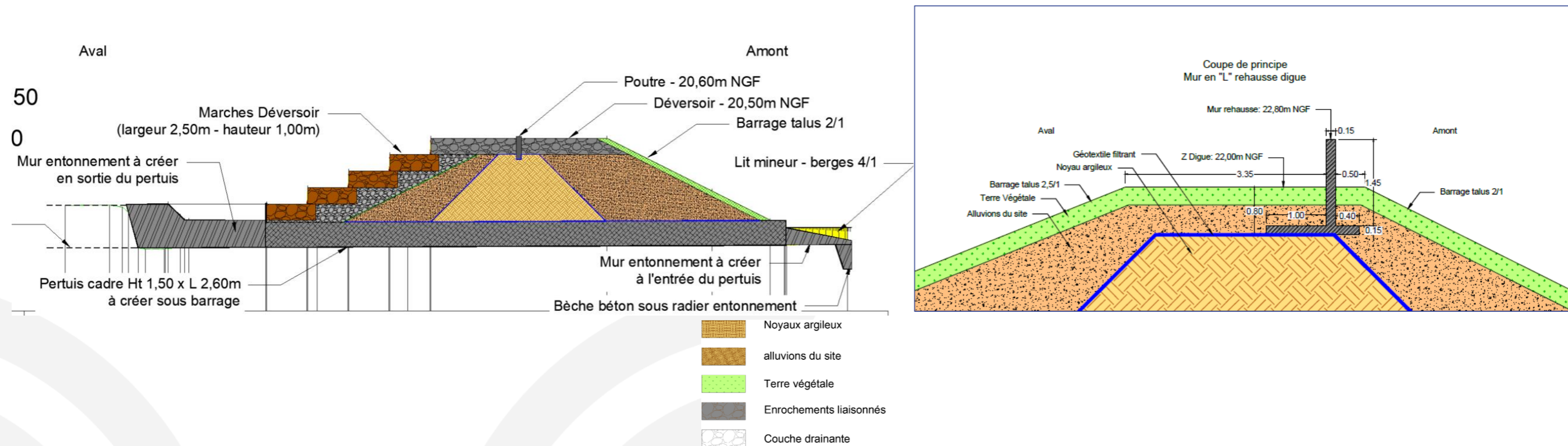


Figure 3-16 : Coupe B-B' à gauche, et de la section courante en rive droite à droite – plan AVPI

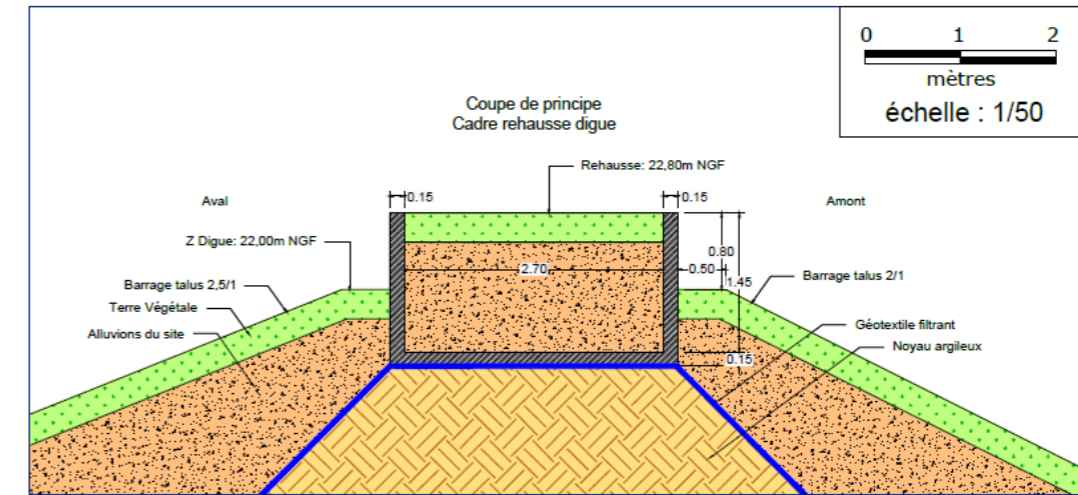
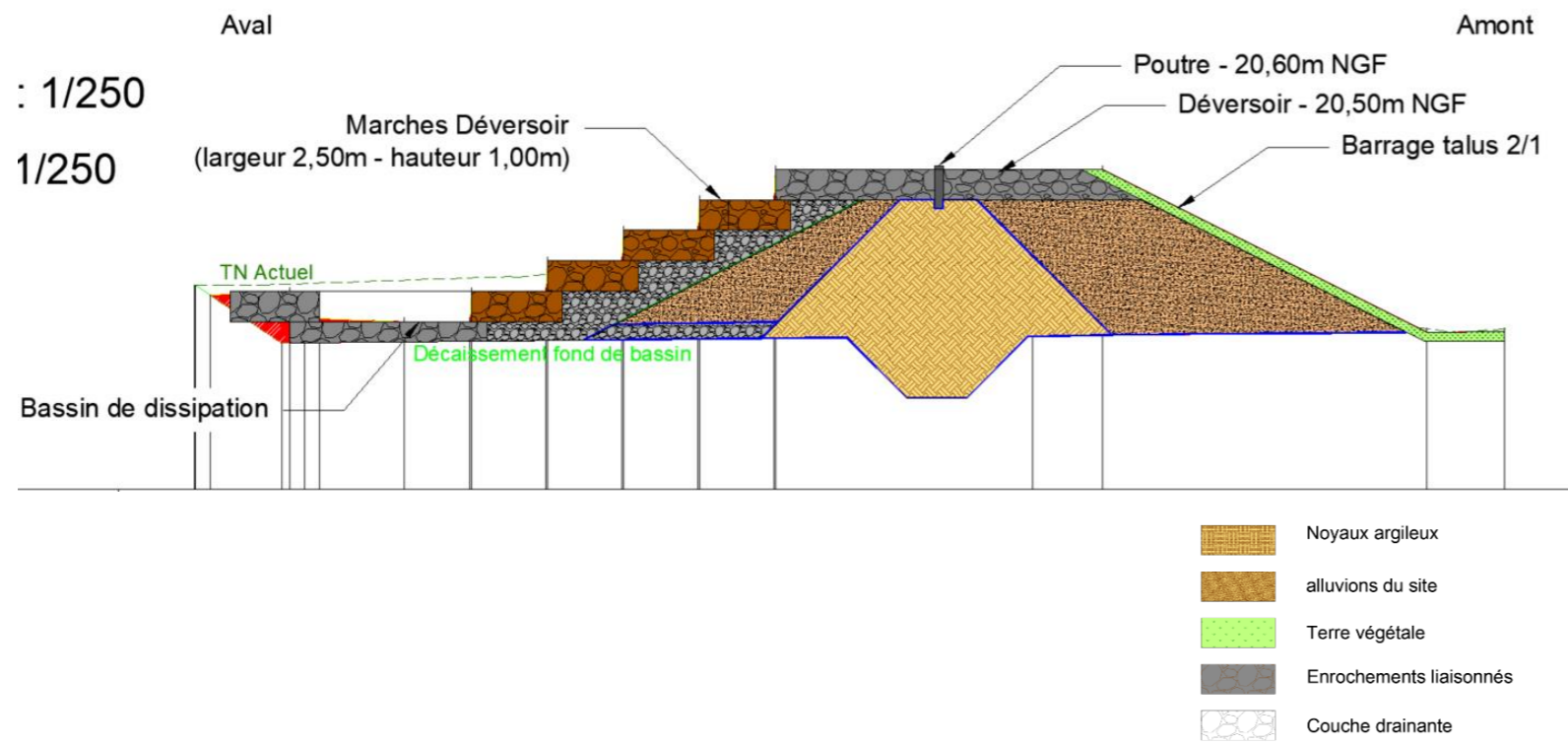


Figure 3-17 : Coupe A-A' à gauche, et coupe au droit de la section courante en rive gauche à droite – plan AVP

### 3.2.1.4 Pertuis de fond [3]

Le pertuis de fond permet de faire transiter les crues courantes à moyenne sans écrêtement, puis se met en charge pour les crues plus importante afin de solliciter le volume de stockage pour écrêter la crue. Il assure également la vidange du bassin. Il est constitué d'un dalot d'une longueur d'environ 32 ml, d'une largeur de 2,6 m et d'une hauteur de 1.5 m.

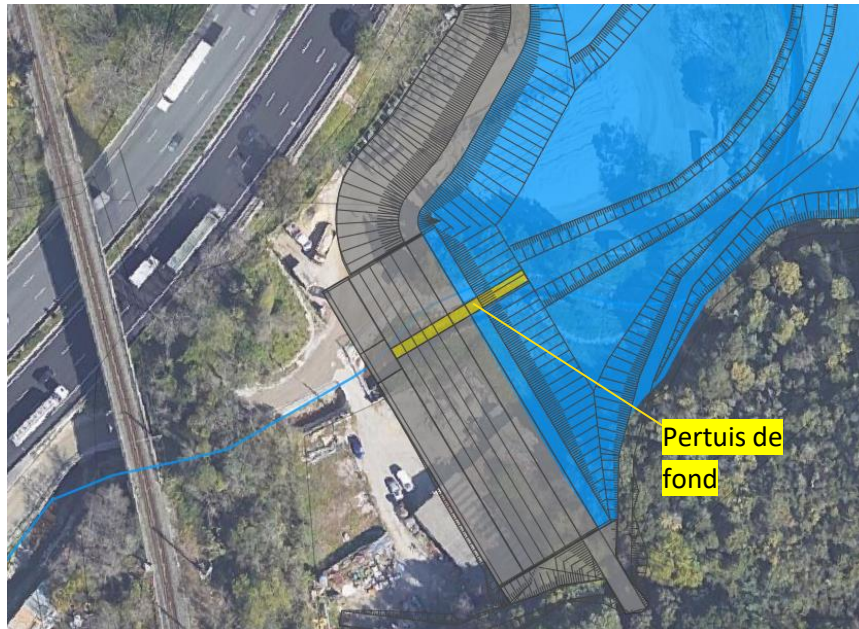


Figure 3-18 : Plan localisation du pertuis de fond

Cet ouvrage est composé des éléments suivants :

- D'un entonnement amont composé d'une bèche d'ancrage et protégé par une grille limitant le transit des embâcles dans le pertuis ;
- D'un ouvrage cadre traversant le barrage d'une longueur de 32 ml ;
- D'un ouvrage de raccordement aval sur les ouvrages cadres existants.

Le plan détaillé du pertuis et sa coupe son présenté dans la coupe ci-dessous.

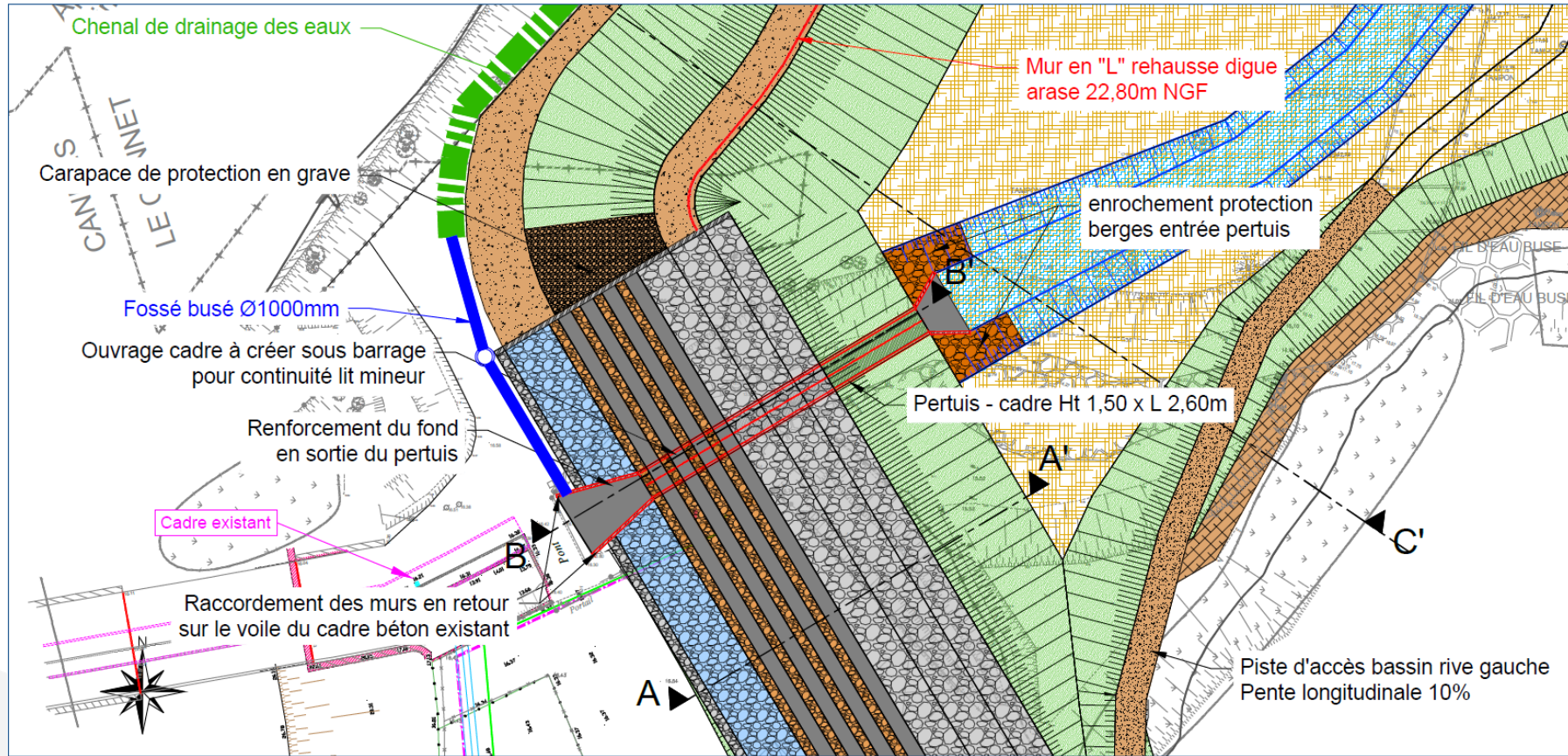


Figure 3-19 : Plan détaillé du pertuis de fond – plan AVP

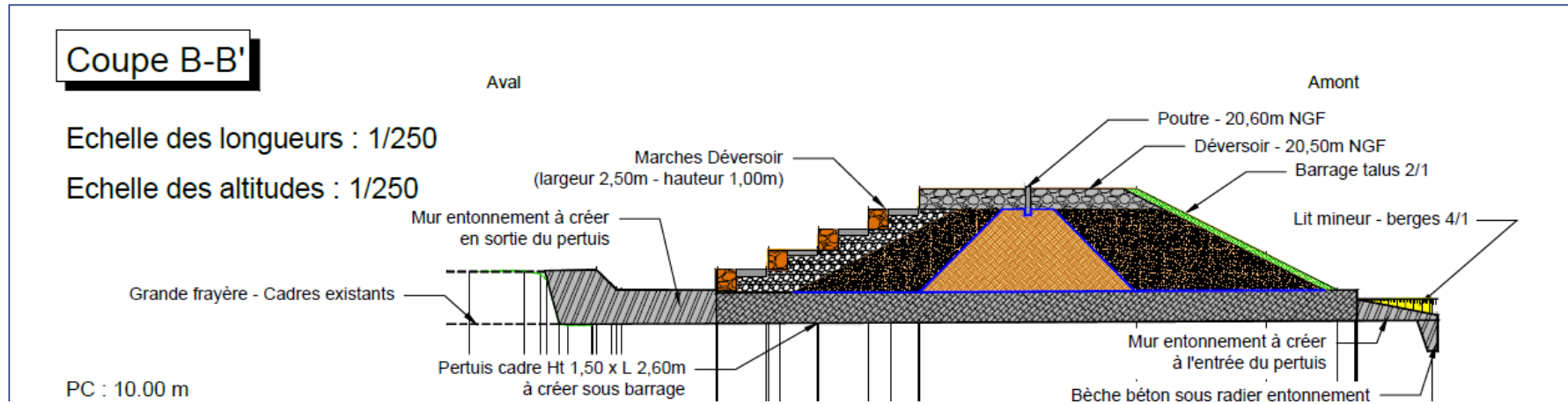


Figure 3-20 : Profil en long à travers l'évacuateur de crues – plan AVP

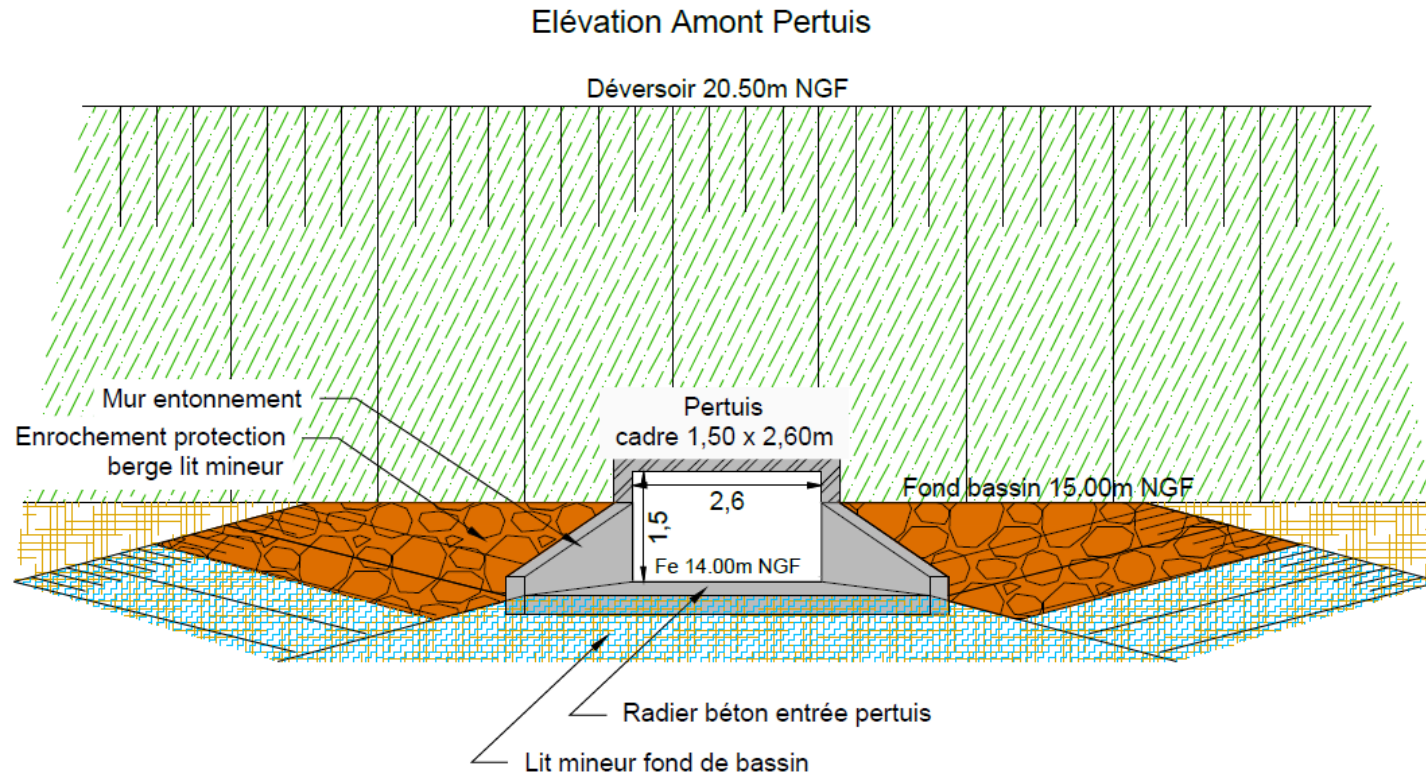


Figure 3-21 : Profil en travers au droit du pertuis de fond face amont – plans AVP

### Elévation Aval Pertuis

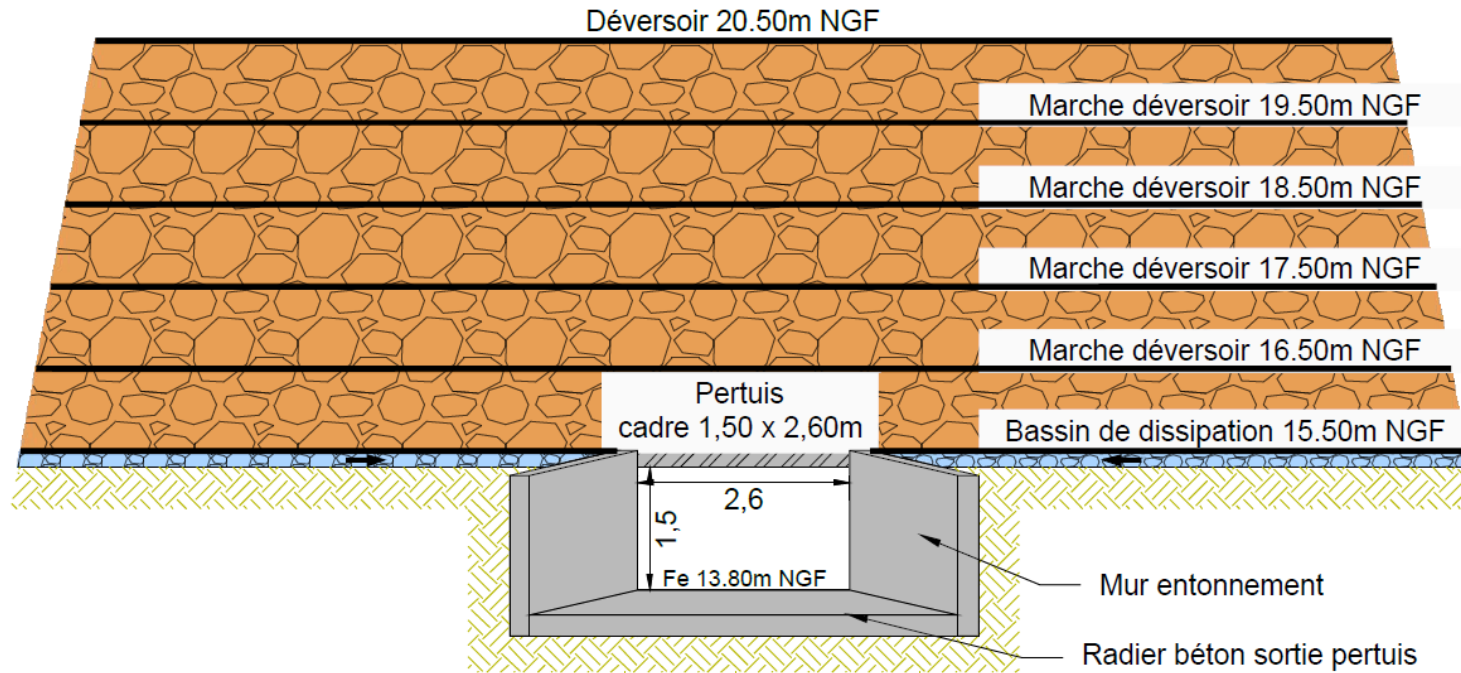


Figure 3-22 : Profil en travers au droit du pertuis de fond face aval – plans AVP

## 3.2.2 Les caractéristiques de stockage de l'aménagement

### 3.2.2.1 Typologie et détail de l'aménagement hydraulique

L'aménagement hydraulique de Carimai est aménagement de type passif, c'est-à-dire implanté directement en travers le lit mineur et le lit majeur du cours d'eau de la Grande Frayère, avec un pertuis fixe (cadre) non vanné.

Les caractéristiques physiques de l'aménagement hydraulique sont les suivantes :

- Superficie du bassin versant intercepté : 9.1 km<sup>2</sup>
- Cote de la crête – cote d'arase du mur rehausse : 22.80 m NGF
- Cote du déversoir – poutre : 20.60 m NGF
- Pertuis de fond : cote fil d'eau amont à 14.00 m NGF et cote fil d'eau aval 13.80 m NGF
- Capacité de la retenue à la cote du déversoir (20.60 m NGF) : 70 400 m<sup>3</sup>
- Capacité de la retenue à la cote PHE (Cote atteinte pour une crue Q1 000, Qp= 207 m<sup>3</sup>/s sans pertuis de fond – 22,11 m NGF) : 100 200 m<sup>3</sup>
- Capacité de la retenue à la cote atteinte pour une crue extrême (Cote atteinte pour une crue Q10 000, Qp= 268 m<sup>3</sup>/s sans pertuis de fond – 22.76 m NGF) : 112 000 m<sup>3</sup>
- Capacité de la retenue à la crête (22.80 mNGF) : 116 800 m<sup>3</sup>

### 3.2.2.2 Volume pouvant être stocké

La courbe hauteur volume est déterminée à partir du plan topographique à l'état actuel et des caractéristiques de l'ouvrage. Le volume de stockage à la cote de déversement (20.60 mNGF) est d'environ 70 000 m<sup>3</sup>.

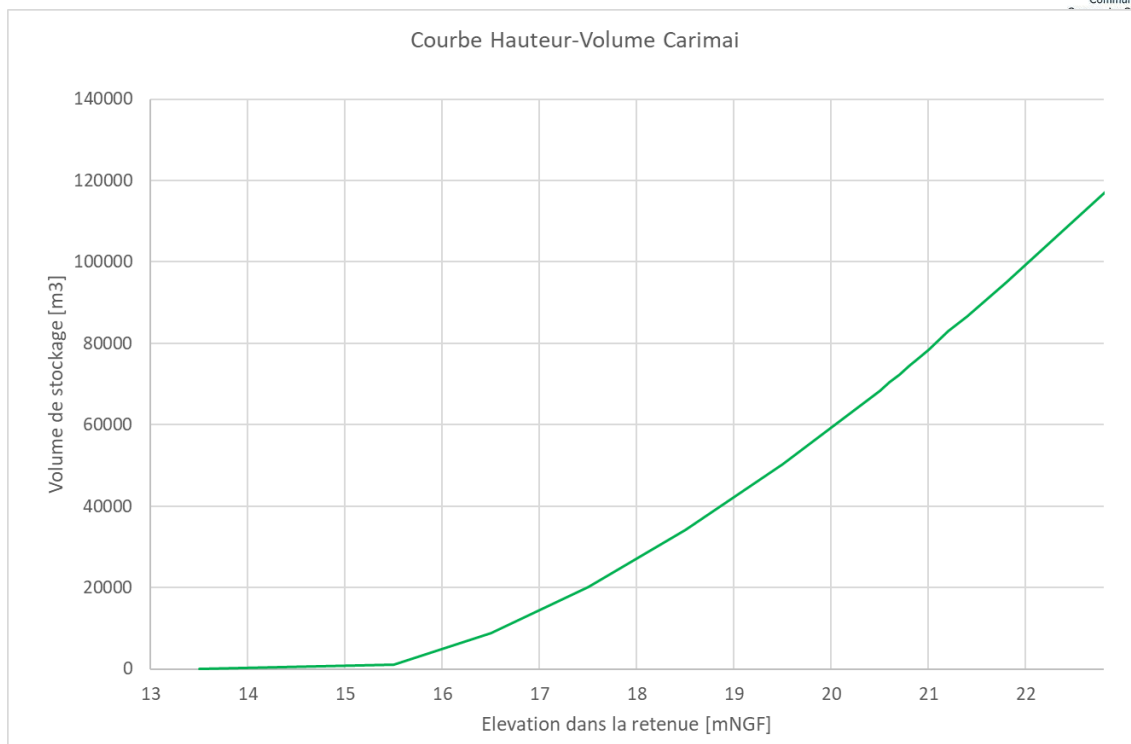


Figure 3-23 : Loi hauteur volume de l'aménagement hydraulique

### 3.2.2.3 Les modalités de fonctionnement de l'aménagement hydraulique

Le fonctionnement hydraulique de l'aménagement est résumé ci-dessous :

- Pour les crues courantes de la Grande Frayère, l'aménagement n'a pas d'effet sur les débits de pointe jusqu'à environ 7.5 m<sup>3</sup>/s ;
- Ensuite pour les crues supérieures à 7.5 m<sup>3</sup>/s, l'ouvrage permet d'écrêter la crue, par mise en charge du pertuis de sortie et sollicitation du volume de stockage, jusqu'à un maximum d'écrêtement à 38.5 m<sup>3</sup>/s, où la retenue est pleine et en limite de surverse par le déversoir (20.60 mNGF) ;
- Pour les crues supérieures à ce débit de 38.5 m<sup>3</sup>/s, les écoulements passent par-dessus le déversoir et l'aménagement est très rapidement moins efficace jusqu'à devenir transparent vis-à-vis du débit de pointe, pour un débit de l'ordre de 60 m<sup>3</sup>/s.

### 3.2.2.4 Les contraintes techniques de fonctionnement de l'aménagement hydraulique

L'aménagement est destiné à réguler de façon passive le débit restitué dans la Grande Frayère de manière à laminer les débits de pointes en crue.

Le fonctionnement de l'aménagement est ainsi borné par sa capacité de stockage et la capacité des ouvrages de restitution (pertuis de fond et évacuateur de crue).

Un défaut de capacité de stockage (encombrement de la retenue) amènerait à réduire l'efficacité de l'aménagement hydraulique.

Un dysfonctionnement du pertuis de fond conduirait à modifier le fonctionnement hydraulique de l'aménagement hydraulique et potentiellement réduire ses performances d'écrêtement.



### **3.2.2.5 Les contraintes d'exploitation liées à d'autres usages que la prévention des inondations**

*Sans objet – cet aménagement a pour unique vocation la prévention des inondations sur le bassin versant.*

### **3.2.3 Justification de la stabilité**

L'étude de G2 PRO réalisée par le bureau d'étude FONDASOL établis les calculs de stabilité du barrage de Carimai. Ceux-ci ont notamment été réalisés dans le but de rédiger des dispositions de conception à respecter pour assurer la stabilité des ouvrages.

Plusieurs coupes de calculs ont été étudiées dans la G2 PRO de FONDASOL, que l'on retrouve ci-dessous :

- (1) Zone des barrages comprenant le barrage courant le long de l'A8 (crête à +22.0 NGF réhaussée d'un mur à +22.8 NGF) et le barrage de fermeture/déversoir, perpendiculaire à la vallée (crête à +20.5 NGF) – classée comme *Ouvrages hydrauliques* ;
- (2) Zone en remblai d'aménagement en pied de l'autoroute A8 (en orange) en rive droite – classée comme *Autre type d'ouvrage* ;
- (3) Zone de risberme en pied de versant en rive gauche (en bleu) avec une crête variant entre
- ❖ Coupe A : **Barrage de fermeture/déversoir**, classé comme *ouvrage hydraulique* ;
  - ❖ Coupe B : **Barrage de fermeture au droit du pertuis**, classé comme *ouvrage hydraulique* ;
  - ❖ Coupe C : **Barrage courant**, classé comme *ouvrage hydraulique* ;
  - ❖ Coupe D : **Remblai d'épaulement**, classé comme *autre ouvrage en terre* ;
  - ❖ Coupe E : **Risberme I**, classée comme *autre ouvrage en terre* ;
  - ❖ Coupe F : **Risberme 2**, classée comme *autre ouvrage en terre* ;
  - ❖ Coupe G : **Risberme avec accès**, classée comme *autre ouvrage en terre*.

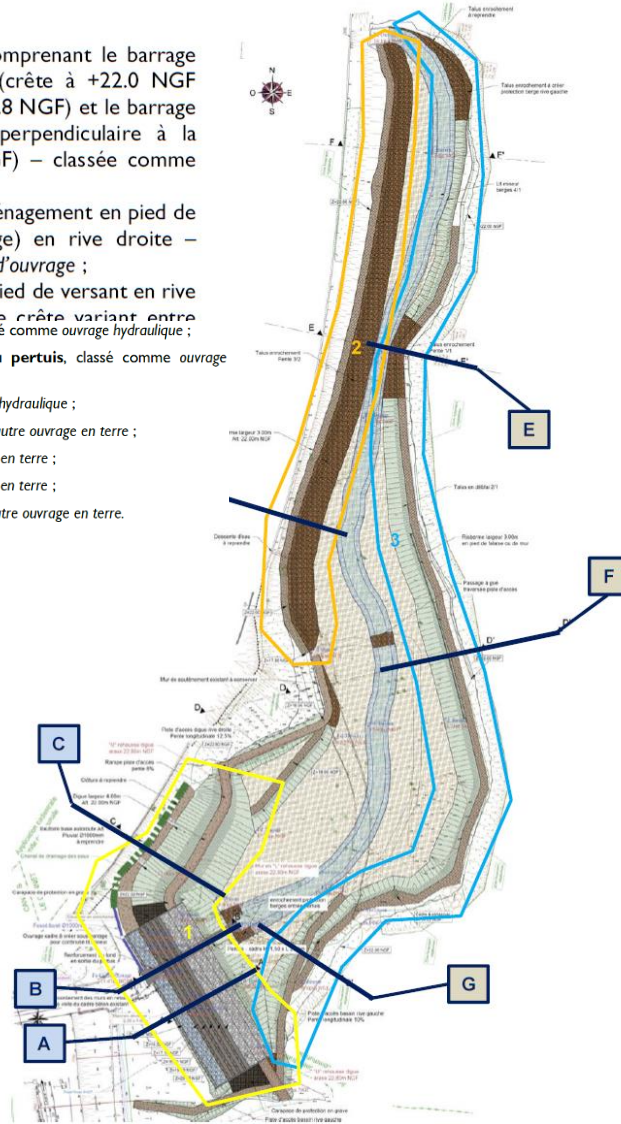
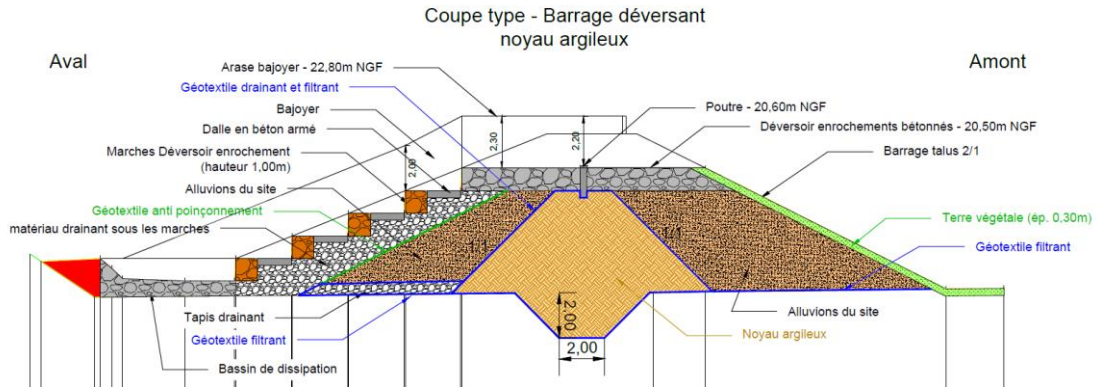
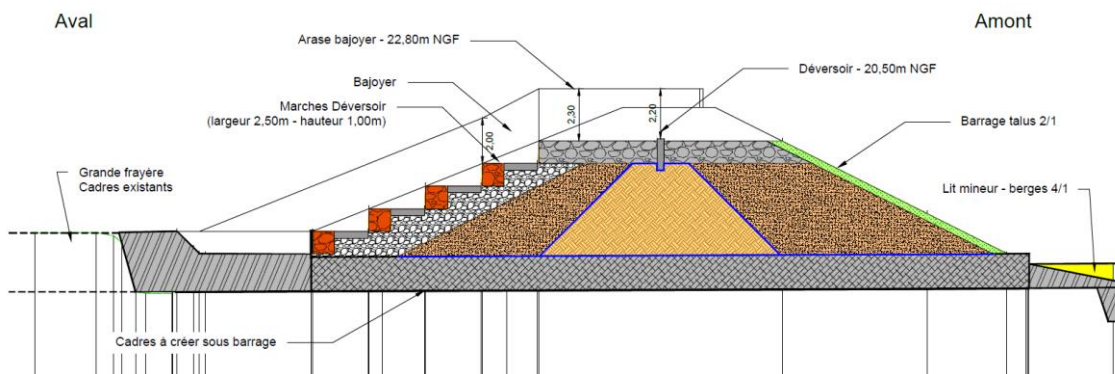


Figure 3-24 - Localisation des coupes de calcul (Source : G2 PRO FONDASOL, 05/2024)

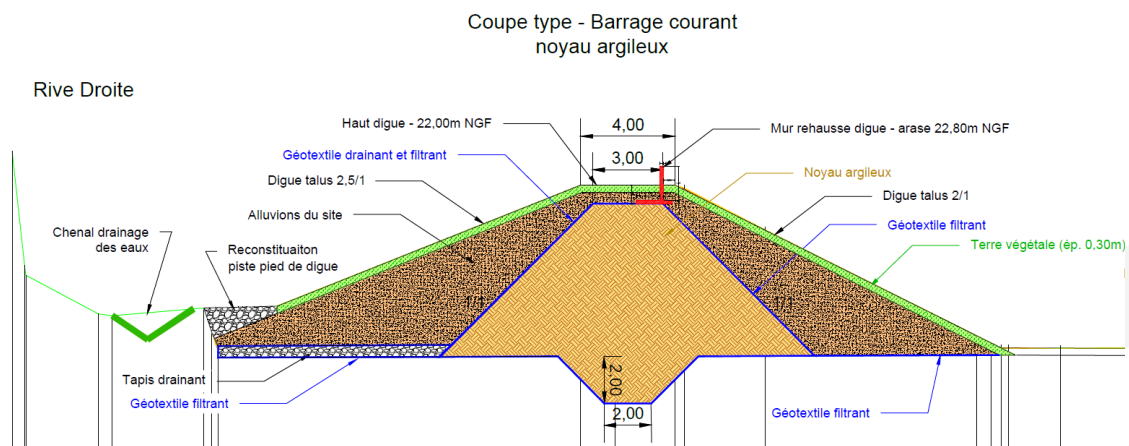
Coupe A :



Coupe B :



Coupe C :



### 3.2.3.1 Stabilité au glissement des talus

La stabilité du barrage de classe C a été réalisée suivant les recommandations de l'arrêté technique barrage (6 août 2018). Elle a été évaluée par la méthode de Bishop des glissements circulaires en utilisant le logiciel de calcul Talren.

Les calculs ont été menés en utilisant la méthode des coefficients partiels. Les valeurs de ces derniers sont issues des « Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblai », du CFBR (oct 2015). (Tableau 11)

Pour cette méthode la stabilité est assurée quand le coefficient de sécurité est supérieur ou égal à 1.

Tableau 18 - coefficients partiels et de modèle - recommandations CFBR,2015

Situation	Coefficient partiel sur le poids volumique	Coefficient partiel sur la cohésion $c'$ et l'angle de frottement $\tan(\phi')$	Coefficient de modèle
Normale d'exploitation (Talus amont, niveau bas)	1,00	1,25	1,2
Exceptionnelle de crue – niveau de protection(Q100)	1,00	1,10	1,2
Extrême de crue – niveau de danger (Q1000)	1,00	1,00	1,1

Les vérifications au glissement des talus ont été réalisés pour les situations suivantes :

Situation...	FS visé	Talus amont	Talus aval
...normale d'exploitation avec la retenue vide	<b>1,0 (TALREN)</b>	X	X
... normale d'exploitation avec un niveau de crue centennale	<b>1,0 (TALREN)</b>		X
... transitoire de fin de construction	<b>1,0 (TALREN)</b>	X	X
... rare de décrue rapide pour la crue centennale	<b>1,44 (PLAXIS)</b>	X	
... rare de dégradation de l'étanchéité ou du drainage pour la crue centennale	<b>1,32 (PLAXIS)</b>		X
... exceptionnelle de crue rapide pour la crue millénaire	<b>1,32 (PLAXIS)</b>		X
... extrême de crue ou décrue rapide pour la crue extrême	<b>1,10 (PLAXIS)</b>	X	X
... accidentelle d'obstruction du pertuis	<b>1,0 (TALREN)</b>		X
... accidentelle de dégradation de l'étanchéité et du drainage pour la crue centennale	<b>1,10 (PLAXIS)</b>		X
... extrême de séisme avec la retenue vide	<b>1,0 (TALREN)</b>	X	X

Le détail des calculs de stabilité est renseigné dans l'étude de G2 PRO renseignée en annexe de l'étude de dangers.

L'ensemble des résultats des calculs de stabilité au glissement sont synthétisés dans le tableau qui suit :

Tableau 19 - Résultats des calculs de stabilité au glissement de l'étude de G2 PRO de FONDASO

Situation de projet	Commentaires et cotes de remplissage	Etats limites	Coupe A	Coupe B	Coupe C
<b>Situation normale d'exploitation</b>					
Situation normale d'exploitation – hors crue	Retenue vide	Glissement du talus amont	1,09>1,0	1,2>1,0	1,04>1,0
		Glissement talus aval	1,33>1,0	1,21>1,0	1,26>1,0
Situation normale d'exploitation – crue	Crue de projet (niveau de protection de l'aménagement hydraulique)	Glissement talus aval	1,29>1,0	1,21>1,0	1,06>1,0
<b>Situation de crue</b>					
Situation transitoire de fin de construction	Caractéristiques mécaniques à court terme – Retenue vide	Glissement talus amont	1,04>1,0	1,37>1,0	1,12>1,0
		Glissement talus aval	1,20>1,0	1,38>1,0	1,03>1,0
Situation exceptionnelle de crue	Niveau de PHE, Pour un barrage en remblai Crue 1 000 ans	Glissement talus aval	1,44>1,0	1,34>1,0	1,01>1,0
Situation rare de décrue / Vidange rapide	Décru rapide après situation normale de crue (Crue de protection) Crue 100 ans	Glissement talus amont	>1,0	>1,0	>1,0
Situation rare de dégradation de l'étanchéité	Crue de protection Crue 100 ans	Glissement talus aval	1,31>1,0	1,25>1,0	1,13>1,0
Situation rare de dégradation de drainage	Crue de protection Crue 100 ans	Glissement talus aval	1,1>1,0	1,24>1,0	1,34>1,0
<b>Situation accidentelles ou extrême de crue</b>					
Situation extrême de crue (crue de danger)	Crue 10 000 ans	Glissement talus aval	1,70>1,0	1,58>1,0	1,38>1,0
Situation accidentelle d'obstruction du pertuis		Glissement talus aval	1,82>1,10	1,36>1,0	1,38>1,1
Situation extrême de séisme	Retenue vide	Glissement talus amont	1,12>1,0	1,20>1,0	1,02>1,0
		Glissement talus aval	1,29>1,0	1,16>1,0	1,18>1,0
Situation accidentelle de l'étanchéité et du drainage		Glissement talus aval	1,39>1,0	1,26>1,0	1,08>1,0

Les vérifications de stabilité des talus ont été faites pour chaque situation conformément aux recommandations CFBR.

Les calculs de stabilité au glissement montrent donc que la géométrie du barrage de Carimaï est stable pour les situations de calculs au grand glissement considérés.

L'analyse de la portance des différentes coupes du barrage a mis en évidence les points suivants :

- La portance du barrage est vérifiée au droit de l'évacuateur, à savoir sur les coupes A et B. Cette vérification prend notamment en compte le montage du remblai du barrage en 2 passes ;
- La portance de la fondation au droit de la coupe C est faible : L'essai pénétrométrique CPT 01 met en évidence à l'intersection entre la section courante et la section déversante une résistance à la pénétration au cône faible. Ce défaut de portance local est solutionné par la mise en place de confortement du sol sous le barrage. Afin de prévenir ce risque de défaut de portance, deux solutions ont été étudiées, et ont été justifiées dans la G2 PRO : La mise en place d'une solution par inclusion rigide, ou la mise en place d'un préchargement.



### 3.2.3.2 Aléa de surverse / érosion externe

L'ouvrage est dimensionné pour pouvoir accepter une surverse sur la section déversante jusqu'à la cote de PHE, correspondant à la cote de crête, à laquelle on retraits la revanche.

La cote de PHE est associée à une crue de temps de retour 1000 ans. Les modélisations réalisées par FONDASOL ont permis de montrer que les trois sections A, B et C sont stables pour une crue atteignant la cote de PHE (cf. Tableau 19).

Le bassin de dissipation en pied de la section déversante permet de se prémunir du risque d'érosion du pied du barrage en cas de surverse sur la section déversante.

### 3.2.3.3 Aléa érosion interne

L'érosion interne est un ensemble de phénomènes complexes ayant comme dénominateur commun le départ de particules entraînées par l'eau circulant dans le milieu. Elle se décompose en une succession de différentes phases pouvant s'interrompre à n'importe quel moment, ce qui aura pour effet de stopper le processus d'érosion. On distingue :

- L'initiation du mécanisme,
- Sa continuation, s'il existe un exutoire non filtré,
- Sa progression lorsque le phénomène s'auto-entretient ou s'auto-accélère sans trouver de configuration stabilisée,
- La rupture de l'ouvrage par développement d'une brèche.

L'érosion interne est souvent caractérisée par le phénomène se trouvant à l'origine de l'initiation. Il en existe quatre :

- L'érosion de conduit : L'écoulement concentré, au niveau d'une fissure ou d'une couche de matériaux plus perméables,
- L'érosion régressive : départ de particules au niveau de l'exutoire d'écoulements et en l'absence de filtres,
- La suffusion : le matériau est mal calibré et les particules fines migrent à travers le squelette formé des particules grossières,
- L'érosion de contact : il s'agit d'un problème aux interfaces où les matériaux fins composant une couche sont entraînés au travers de la couche plus grossière. Elle se développe également en présence d'ouvrages traversants

#### 3.2.3.3.1 Suffusion

La suffusion est une instabilité interne d'un sol liée à l'entraînement des particules fines libres à travers les particules grossières d'un sol à granulométrie discontinue et/ou très étalée.

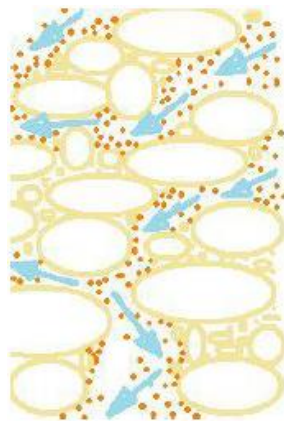


Figure 3-25 : Schéma du phénomène de suffusion

**La suffusion n'est pas un mode de rupture.** Il s'agit d'un mécanisme lent d'instabilité interne d'un sol liée à l'entraînement des particules fines libres à travers les particules grossières d'un sol à granulométrie discontinue. Elle n'apparaît que dans les sols où les fines ne comblent pas les vides des particules granulaires. Toutefois, la suffusion est un phénomène aggravant de l'érosion de contact ou de l'érosion régressive.

D'après le bulletin n°164 du CIGB, sont considérés en pratique comme **non suffusifs** les sols possédants :

- Soit un indice de plasticité supérieur à 7,
- Soit un pourcentage d'argile (passant à 2 µm) supérieur à 10%,
- Soit un pourcentage de fines (passant à 80 µm) supérieur à 40%.

Les sols ne remplissant pas ces critères granulométriques sont considérés comme potentiellement suffusifs.

Le risque d'initiation de la suffusion dans un sol peut être appréhendé plus spécifiquement à partir de critères granulométriques et différents critères :

**Les critères de stabilité du sol** : critère d'auto-filtration de Terzaghi, critères de Kenney & Lau. Ces critères décrètent la stabilité d'un milieu, par conséquent, et compte tenu de leur caractère conservatif, il est assuré que la stabilité d'un sol vérifiant un de ces critères sera effective. En revanche, si ces critères ne sont pas vérifiés, l'instabilité n'est pas acquise.

**Les critères d'instabilité** : il s'agit des critères de Burenkova et de Wan & Fell (qui donne une probabilité d'instabilité du sol)

L'étude des propriétés granulométriques des sols de fondation a été réalisée par le laboratoire GeM spécialisé sur le sujet de la suffusion, afin d'évaluer leur susceptibilité et le cas échéant conseiller sur les essais spécifiques à réaliser.

**Les analyses réalisées, détaillées dans la note d'hypothèse de l'étude de G2 PRO, indiquent que les résultats d'analyse de la granulométrie indiquent que les sols de fondation du barrage ne sont pas sensibles à la suffusion.**

### 3.2.3.3.2 Erosion de contact

L'érosion de contact est un phénomène induit par le détachement de particules à l'interface entre deux milieux poreux de granulométries très différentes. Ce mécanisme est fortement lié à la discontinuité entre les deux milieux, en termes de granulométrie mais aussi de perméabilité. Elle renvoie ainsi à un problème aux interfaces où les matériaux fins composant une couche sont entraînés au travers de la couche plus grossière. Elle se développe également en présence d'ouvrages traversants.

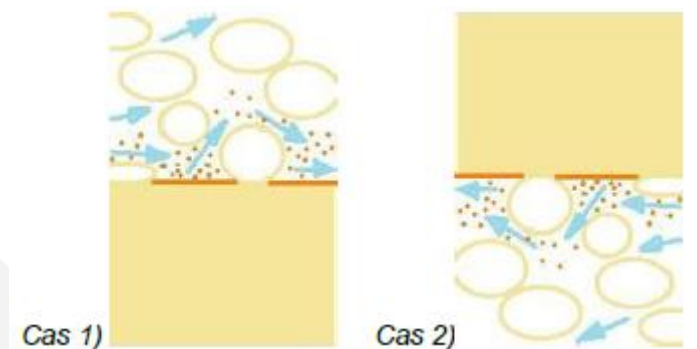


Figure 3-26 : Schéma du phénomène d'érosion de contact

Cette discontinuité va permettre de remplir les deux conditions nécessaires à l'érosion :

- La condition hydraulique : l'interface possède une perméabilité importante et va être le siège de vitesses d'écoulement élevées, suffisantes pour détacher et entraîner les particules,
- La condition géométrique : les tailles des pores et des constriction du matériau grossier sont assez grandes par rapport à la taille des particules du sol fin transportées pour permettre leur passage sans piégeage.

L'érosion de contact, observée sous les digues alluviales, peut durer des années ou des dizaines d'années sans que des désordres majeurs n'apparaissent.

Cela provient pour partie de la faible vitesse moyenne de migration des particules fines à travers les pores plus grossiers. Cela provient également des effets d'auto-cicatrisation par tassement et effondrement des cavités et colmatage amont par les crues.

**L'érosion de contact, tout comme la suffusion, constitue principalement un phénomène d'initiation de l'érosion interne pouvant conduire à une érosion régressive et/ou une érosion de conduit. Ce risque sera considéré comme facteur aggravant dans l'analyse de ces deux phénomènes.**

La note d'hypothèse de la G2 PRO indique qu'un risque d'érosion de contact est présent au droit de l'éperon rocheux en rive droite de la section courante du barrage. La présence d'un mur en maçonnerie dans l'éperon rocheux entraîne un risque à la liaison avec le remblai du barrage.

Afin de limiter ce risque d'érosion de contact, le mur en maçonnerie sera retiré de l'éperon rocheux.

En dehors de ce point, il a été établi dans cette note d'hypothèse que le risque d'érosion de contact entre le noyau et l'éperon rocheux pouvait être écarté.

Le pertuis traversant le barrage en partie centrale présente également une zone de risque d'érosion de contact. Afin de limiter ce risque, des voiles seront mis en place autour du pertuis en partie centrale pour ralentir les écoulements autour du pertuis.

### **3.2.3.3 Erosion de conduit**

L'érosion de conduit correspond au détachement de particules de sol à partir d'un chemin préexistant dans le remblai ou la fondation (ouvrages traversant, fissures...) :

Deux conditions sont nécessaires à une rupture par érosion de conduit :

- L'érosion par écoulement concentré ne peut initier son propre conduit, un défaut préexistant au sein de l'ouvrage est un préambule de base à ce phénomène. Il n'est pas forcément débouchant sur les talus amont et aval mais la mise en charge de l'ouvrage peut conduire à une rupture du bouchon ou un débouillage mettant en eau le conduit. L'initiation requiert ainsi la présence d'un conduit qui peut être :
  - Une interface entre deux couches de matériaux moins bien compactés,
  - Une fissure liée à un tassement différentiel, à la dessiccation, ...
  - Une racine d'arbre,
  - Un terrier d'animal fouisseur.
- Le trou doit « tenir », c'est-à-dire que l'érosion par écoulements concentrés se développe au sein de matériaux cohésifs ou fins (cohésion par capillarité).

Afin de se prémunir du risque d'érosion de conduit, les actions suivantes sont mises en place, sur la base des recommandations du bureau géotechnique:

- Afin de limiter le risque d'érosion de conduit le long du conduit en fondation du barrage, le matériau de remblaiement autour de la conduite sera à granulométrie étalée avec une teneur en fines <2µm de 20% respectant la condition de filtre de Terzaghi ( $D_{15}/d_{85} < 9$ ),

compacté à l'optimum proctor et protégé d'un géotextile pour limiter l'entraînement des fines.

- Au droit du pertuis, une coupure hydraulique sera mise en place en partie centrale pour limiter les écoulements dans le corps du barrage et en fondation.
- Les remblais issus des matériaux du site (alluvions [F2]) devront présenter une répartition granulométrique telle que le risque d'érosion sera évité, à savoir une courbe granulométrique étalée et plutôt concave, avec moins de 10% de particules inférieures à 2 $\mu$ m. L'emploi des remblais du site [F1] est proscrite à cause de la présence d'éléments anthropiques très divers.
- Les ouvrages seront protégés par des géotextiles anti-érosion, et les talus devront être protégés par des géogrilles contre les animaux fouisseurs avant d'être recouverts par la terre végétale.

#### 3.2.3.3.4 Erosion régressive

L'érosion interne régressive est un mécanisme d'entraînement des particules du sol vers un débouché aval, formant un conduit qui progresse vers l'amont (départ de particules sous l'effet d'un gradient hydraulique).

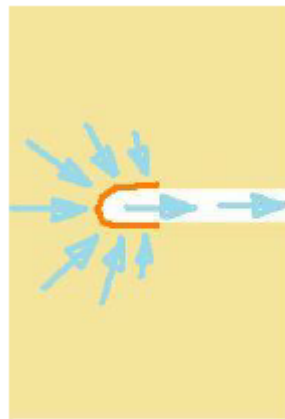


Figure 3-27 : Schéma du phénomène d'érosion régressive

Il est à peu près certain que :

- L'érosion régressive ne peut pas affecter les sols cohésifs.
- Dans les sols non cohésifs, et si les écoulements débouchent en surface, le phénomène d'initiation s'amorce. Cependant, même dans les sols non-cohésifs, même si l'initiation est certaine, la progression ne l'est pas : le sol mis en bouillasse n'est pas nécessairement évacué, le conduit peut se stabiliser, ou le gradient ne se maintient pas sur toute la longueur du conduit.

Ce mécanisme concerne donc principalement les sols pulvérulents à l'interface avec des parois cohérentes (couche sous-jacente cohérente ou bien ouvrage traversant).

Afin de se prémunir du risque d'érosion régressive, la construction du barrage devra respecter les recommandations décrites au paragraphe précédent (3.2.3.3.3).

#### 3.2.3.4 Conclusion

Le risque d'érosion interne est faible, notamment par la mise en place des actions suivantes, décrites sur la base des recommandations du bureau d'étude géotechnique FONDASOL

- Afin de limiter le risque d'érosion de conduit le long du conduit en fondation du barrage, le matériau de remblaiement autour de la conduite sera à granulométrie étalée avec une



teneur en fines <2µm de 20% respectant la condition de filtre de Terzaghi ( $D_{15}/d_{85} < 9$ ), compacté à l'optimum proctor et protégé d'un géotextile pour limiter l'entraînement des fines.

- Au droit du pertuis, une coupure hydraulique sera mise en place en partie centrale pour limiter les écoulements dans le corps du barrage et en fondation.
- Les remblais issus des matériaux du site (alluvions [F2]) devront présenter une répartition granulométrique telle que le risque d'érosion sera évité, à savoir une courbe granulométrique étalée et plutôt concave, avec moins de 10% de particules inférieures à 2µm. L'emploi des remblais du site [F1] est proscrite à cause de la présence d'éléments anthropiques très divers.
- Les ouvrages seront protégés par des géotextiles anti-érosion, et les talus devront être protégés par des géogrilles contre les animaux fouisseurs avant d'être recouverts par la terre végétale.
- Les terrassements des remblais seront réalisés dans les règles de l'art par méthode excédentaire, en respectant les passes de compactage. Des planches d'essai préalables seront réalisées. Elles devront permettre notamment de vérifier les hypothèses géotechniques.

Afin d'assurer une bonne liaison entre le remblai et la fondation, cette dernière sera compactée avec les mêmes engins que le remblai après réalisation de la purge, puis scarifiée avant la mise en place de la première couche de remblai. Une attention particulière sera apportée à la liaison au droit de la clé d'étanchéité.

Les stocks de matériaux drainants et filtrants seront protégés contre les eaux de ruissellement pour éviter toute pollution, et mis en oeuvre aussi rapidement que possible et protégés immédiatement par une couche de matériaux compactés ou le géotextile.

- Les protections en enrochement seront dimensionnées en phase PRO afin de protéger efficacement les zones érodables situées au voisinage du pertuis et de l'évacuateur de surface.
- Avec des crues exceptionnelles et extrêmes montant à +22.06 et +22.73 NGF respectivement (et même localement lors de la crue rare à +21.49 NGF), les remblais d'épaulement et de risberme seront submergés pendant le pic des crues. Il sera réalisé un traitement superficiel des terres sur la largeur de la crête afin de préserver l'ouvrage à long terme et assurer la longévité de la piste de maintenance.

### 3.3 Organisation du gestionnaire de l'aménagement hydraulique

#### 3.3.1 Organisation pour assurer une surveillance quant au risque de crue du cours d'eau pouvant affecter les territoires que l'aménagement vise à protéger et pour effectuer les stockages en période de crue

##### 3.3.1.1 Organisation générale

La CACPL est le propriétaire de l'aménagement. Au titre de la délégation d'une partie des compétences GEMAPI de la CACPL au SMIAGE, le gestionnaire suite à la construction du barrage sera le SMIAGE. Le SMIAGE aura donc la charge de la gestion et l'exploitation du barrage de Carimaï.

Le SMIAGE assure les missions suivantes :

- L'entretien de l'ouvrage (végétation et ouvrages connexes)
- La surveillance régulière de l'ouvrage (visite de surveillance programmée – VSP)
- Les visites de l'ouvrage lors d'évènements particuliers

Au titre du classement du barrage de Carimai en barrage de classe C, et au titre du décret N°2015-526 du 12 mai 2015<sup>2</sup>, ainsi que de l'article R214-123 du code de l'environnement, les rapports réguliers suivants doivent être réalisés ou mis à jour :

**Tableau 20 - Documents réglementaires à rédiger sur le barrage de Carimai**

Rapport	Fréquence	Rédacteur
Etude de dangers	Non-concerné	-
Rapport de surveillance	1 fois tous les 5 ans	SMIAGE
Réalisation d'une visite technique approfondie	Au moins 1 fois dans l'intervalle entre 2 rapports de surveillance	SMIAGE
Rapport d'auscultation	1 fois tous les 5 ans	Organisme titulaire de l'agrément 5 ou 6*
Registre	Inscriptions des principaux renseignements de travaux, exploitation, surveillance, entretien, auscultation...**	SMIAGE

\* arrêté du 15 novembre 2017 précisant les catégories et les critères des agréments des organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques ainsi que l'organisation administrative de leur délivrance – 6. Agrément « Auscultation » : cet agrément autorise son titulaire à élaborer le rapport d'auscultation d'un barrage, quelle que soit la classe du barrage ; 6 : Agrément « Auscultation - barrages de classe C »

\*\*article R.214-122 du code de l'environnement

Le SMIAGE est titulaire des agréments suivants :

**Tableau 21 - agréments du SMIAGE (extrait de l'arrêté du 08 août 2023 portant agrément de la DIT du SMIAGE)**

Dénomination de l'agrément	Agrément valable jusqu'au
Barrages de classe C et digues - études et diagnostics	30 juillet 2026
Barrages de classe C et digues - études, diagnostics et suivi des travaux	30 juillet 2026

### 3.3.1.2 Moyens humains

Le suivi courant et l'astreinte de l'aménagement est assuré par les agents du SMIAGE.

Afin d'avoir une organisation indépendante entre la maîtrise d'ouvrage et les missions de bureau d'études agréé aussi bien fonctionnelle que décisionnelle, la Direction Planification et Gestion des Milieux Aquatiques (DPGMA) assure les missions de maîtrise d'ouvrage sous le pouvoir du

<sup>2</sup> Décret N°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques



Président du SMIAGE et du Comité Syndical. La Direction Ingénierie des Travaux (DIT) assure le rôle de Bureau d'études agréé sous le pouvoir de 2 Vice-Présidents possédant une délégation de pouvoir pour exercer une autorité fonctionnelle.

L'agrément est porté par la Direction Ingénierie des Travaux (DIT).

### **3.3.1.2.1 La Direction Ingénierie et Travaux (DIT)**

La Direction « ingénierie et travaux » du SMIAGE est dédié aux missions de surveillance, d'entretien et de contrôle des ouvrages classés.

La DIT est constituée de 4 pôles :

- Maîtrise d'œuvre ;
- Ouvrages hydrauliques ;
- Gestion territoriale ;
- Maritime

Les agents de la Direction Ingénierie et Travaux assurent les missions de gestion et de suivi des ouvrages de protection pour le compte de la Maitrise d'Ouvrage (Direction planification et gestion des milieux aquatiques) conformément à la réglementation en vigueur. Ils ont la charge :

- De coordonner les actions d'entretien et de surveillance des ouvrages hors période de crue et pendant une crue ;
- De mettre en oeuvre les études programmées de diagnostic approfondi ;
- D'assurer le suivi des ouvrages en effectuant les Visites Techniques Approfondies (VTA), les rapports de surveillance et les déclarations d'EISH ;
- De maintenir à jour les registres et dossiers d'ouvrage ;
- De piloter les études de faisabilité et de conception, depuis la phase d'avant-projet (AVP) jusqu'à la phase EXE ;
- De piloter les études associées (étude de danger,..) ;
- De préparer pour le Maitre d'Ouvrage les dossiers de demande de subventions pour la phase études et travaux ;
- De conduire les opérations ;
- De réaliser la maîtrise d'oeuvre depuis l'ACT, VISA, DET, AOR jusqu'à l'OPC des travaux sur les ouvrages, dans le cadre de l'agrément dont dispose la DIT.

### **3.3.1.2.2 La Direction Prévision des Risques et Gestion de l'Eau (DPRGE)**

Cette direction est chargée, notamment, de mettre en place sur le territoire du SMIAGE les outils nécessaires à la surveillance des cours d'eau, systèmes d'endiguement et aménagements hydrauliques afin qu'une veille hydrométéorologique puisse être assurée par les autorités détentrices d'un pouvoir de police et par le SMIAGE lui-même. L'objectif est d'optimiser l'anticipation d'une crue dans le but de rendre plus efficaces les actions opérationnelles des différents acteurs lors de la gestion de crise et ainsi améliorer la protection des personnes et des biens.

Une collaboration se met en place, notamment lors des phases de retour d'expérience après les crues afin de déceler les leviers d'amélioration des consignes de surveillance en crue et en lien avec les communes pour mettre en adéquation ces consignes, les seuils d'alerte et les PCS.

Les actions menées par ce service consistent à :

- Organiser au sein du syndicat une veille hydrométéorologique sur l'ensemble des bassins versants du périmètre du SMIAGE
- Animer les Systèmes D'Alerte Locale (SDAL) 24h/24h et 7j/7j de la Siagne depuis 2018, du Loup, de la Brague depuis l'automne 2021 et de la Roya à compter de l'automne 2022 ;



- Mettre à disposition des communes membres du SMIAGE des outils de surveillance météorologiques ;
- Centraliser les données des capteurs existants sur les cours d'eau et les ouvrages ;
- Déployer de nouveaux capteurs sur les cours d'eau, tronçons de cours d'eau, ouvrages et ainsi permettre aux acteurs de la gestion de crise de consulter l'ensemble de ces données ;
- Assurer l'entretien des stations de mesures.
- Assurer le fonctionnement du radar bande X du Mont Vial.

### **3.3.1.3 Moyens matériels**

Les moyens matériels mobilisés par le SMIAGE sont les suivants :

- Les moyens de télécommunication et de déplacement (smartphone, véhicules, etc.),
- Les alertes météo relatives aux risques de crues et aux épisodes pluvieux
- L'accès aux données hydrométéorologiques disponibles sur internet via un accès depuis un poste informatique ou un smartphone pour tous les agents intervenants dans la gestion de l'ouvrage, notamment :
- Les vigilances météo (<https://vigilance.meteofrance.fr/fr>)
- Les sondes de mesure et les échelles limnimétriques.

### **3.3.1.4 Visites de surveillance programmées (VSP)**

Les visites périodiques de surveillance de l'ouvrage sont réalisées essentiellement par l'exploitant de l'ouvrage. Celles-ci seront réalisées annuellement.

La réalisation d'une visite d'inspection doit être notée sur le registre de même que les anomalies éventuellement constatées.

Ces visites ont pour objectif d'effectuer l'inspection visuelle :

Liste des inspections à réaliser :

LOCALISATION	A INSPECTER	OBSERVATIONS SI DESORDRES
1 PERTUIS DE FOND	<b>Capacité d'évacuation</b> (présence de corps flottants dans le pertuis, état du pertuis).	
2 PAREMENT AMONT	<b>État du parement</b> (état du remblai, développement de la végétation, fuites, mouvements).	
3 PAREMENT AVAL	<b>État du parement</b> (état du remblai, développement de la végétation, fuites, mouvements).	
4 CRETE SECTION COURANTE	<b>État de la chaussée</b> (ravinement, fissures, flache, points bas)	
5 EVACUATEUR DE CRUE	<b>Etat du Seuil</b> (béton endommagé, développement de la végétation, déchaussement) <b>Etat du coursier</b> (déchaussement, développement de la végétation)	
6 BASSIN DE DISSIPATION	<b>Etat du bassin</b> (béton endommagé, développement de la végétation, déchaussement)]	
7 ABORDS DE LA RETENUE	<b>Mouvements de terrain, érosion et sédimentation</b> (éboulis, glissement, érosions, dépôts de sédiments)	

### 3.3.2 Rapport de surveillance

Le contenu du rapport de surveillance mentionné dans l'article R.214-122 du code de l'environnement est fixé par l'arrêté du 08 août 2022 précisant les obligations documentaires et la consistance des vérifications et visites techniques approfondies des ouvrages hydrauliques autorisés ou concédés.

Celui-ci rend compte des observations réalisées lors des visites effectuées, et comprend des renseignements synthétiques relatifs à la sécurité des ouvrages, notamment sur :

- a) Les modalités et faits marquants concernant la surveillance, l'auscultation si l'ouvrage est pourvu d'un dispositif d'auscultation, l'entretien et l'exploitation de l'ouvrage au cours de la période postérieure au précédent rapport de surveillance ;
- b) Les événements susceptibles d'avoir une incidence sur la sécurité (crues, événements météo-marins, séismes, autres événements climatiques...) survenus pendant la période et les dispositions prises pendant et après l'événement ;
- c) Les accidents, incidents, événements importants pour la sûreté hydraulique, événements ou évolutions précurseurs pour la sûreté hydraulique survenus pendant la période et les dispositions prises pendant et après l'événement ;
- d) Les travaux survenus pendant la période et les dispositions prises ;
- e) Les maintenances et vérifications du bon fonctionnement des matériels de sûreté ;
- f) Les travaux qu'ils soient effectués directement par le propriétaire, l'exploitant ou par une entreprise tierce ;
- g) Les éventuelles anomalies du comportement de l'ouvrage ;
- h) Les éventuels défauts, désordres et pannes de l'ouvrage, d'un organe de sécurité ou de l'un de ses composants.

Pour les points g et h, le rapport de surveillance distingue, le cas échéant :

- a) Les défauts, désordres, anomalies, etc., qui ont été détectés à l'occasion de la dernière visite technique approfondie ou ont été relevés par l'auscultation ;
- b) Les défauts, désordres, anomalies, etc., constatés dans les documents de suivi antérieurs avec une caractérisation de leurs évolutions (aggravation, résorption ou stabilité) ;
- c) Les défauts, désordres, anomalies, etc., qui ont donné lieu à des opérations de réhabilitation et à des actions de maintenance corrective. En outre, si, à la date de rédaction du rapport de surveillance, de telles opérations et actions sont encore en attente de réalisation ou d'achèvement, le rapport de surveillance précise les échéances auxquelles elles seront achevées et le responsable d'ouvrage indique les justificatifs qui attestent de l'absence de risque du fait de ces reports.

### 3.3.3 Visites technique approfondie (VTA)

Dans le cadre, des barrages de classe C, il est également prévu la réalisation d'une Visite Technique Approfondie (VTA) au moins une fois dans l'intervalle entre deux rapports de surveillance. Les rapports de surveillance sont prévus une fois tous les 5 ans.

#### 3.3.3.1.1 Objet de la visite

Ces visites détaillées de l'ouvrage à réaliser tous les 5 ans sont effectuées par le SMIAGE, chargé de l'assistance technique à la surveillance des barrages ; l'ensemble de ces intervenants ayant une connaissance suffisante du dossier et des résultats de surveillance et d'auscultation de l'ouvrage.

Le SMIAGE disposant d'un agrément permettant les études, diagnostics et suivi de travaux sur les barrages de classe C, celui-ci est également en mesure de mener les visites techniques approfondies du barrage de Carimai.

#### 3.3.3.1.2 Mode opératoire



Le bureau d'étude chargé de l'assistance technique à la surveillance des barrages rend à l'occasion de ces visites techniques approfondies, ses conclusions sur les analyses des mesures d'auscultation recueillies depuis la dernière visite ou le précédent rapport, en tenant compte notamment du bilan dressé par l'exploitant de son activité depuis la dernière visite (entretien, travaux, évènements marquants...).

La visite technique approfondie est programmée à l'initiative de la mairie et est réalisée préférentiellement à la suite des opérations annuelles de débroussaillage des ouvrages.

Elle se cale, a minima, sur le parcours de visite programmé détaillé précédemment. Elle intègre au titre de contrôle et d'une éventuelle action pédagogique la tournée périodique d'auscultation, à l'exception du contrôle topographique.

### **3.3.3.1.3 Consignation et transmission de l'information**

Le compte-rendu de la visite technique approfondie précise les éléments suivants pouvant être assortis de compléments photographiques :

- Généralités : circonstances de la visite, participants, conditions météorologiques, cote du plan d'eau,
- Rappel des particularités observées lors de la visite antérieure et des recommandations émises,
- Autres faits importants et suites données depuis la dernière visite,
- Remarques et observations lors de la visite :
  - Parement aval,
  - Parement amont ,
  - Evacuateur de crue,
  - Pertuis de fond
  - Couronnement/crête,
  - Drains,
  - Abords de l'ouvrage,
  - Dispositifs d'auscultation,
  - Examens complémentaires éventuels,
  - Appréciations sur la tenue du registre de l'ouvrage,
- Conclusions/recommandations sur les suites à donner à la visite. Les recommandations formulées sont hiérarchisées selon leur degré d'importance et d'urgence. Un calendrier de réalisation de ces mesures est proposé.

Le compte rendu de visite est rédigé par le bureau d'études agréé. Cette signature vaut engagement de Cannes Pays de Lérins sur le calendrier proposé par le bureau d'études agréé.

### **3.3.3.2 Visites post-crues**

La surveillance des ouvrages est maintenue jusqu'à la fin de leur mise en charge. A la suite d'un évènement hydraulique ayant déclenché une surveillance, une visite technique post-crue sera déclenchée.

A la suite d'un évènement hydraulique ayant mis en charge le barrage de Carimaï, un relevé topographique de la crête sera réalisé. La mise en charge du barrage de Carimaï survient pour des débits supérieurs à 7,5 m<sup>3</sup>/s, venant mettre en charge le pertuis de fond.

La nature des visites et le rendu des observations diffèrent selon la valeur du débit de crue. Deux niveaux sont définis selon le niveau de mise en charge de l'ouvrage :

**Niveau 1** : une visite post-crue est réalisée sur le linéaire de digue longé par le bras vif du cours d'eau. Elle fait l'objet d'un compte-rendu succinct.

**Niveau 2** : l'ensemble de la digue est examiné et fait l'objet d'un compte-rendu détaillé

### 3.3.3.3 Visites post-séisme

Selon le Guide « Petits barrages en remblai et situations d'incident » (IRSTEA, 2019), les séismes peuvent générer des désordres de types fissurations, tassements en crête, ruptures de conduites rigides, des dégradations sur les organes vannés et leur dispositif de manoeuvre et des dégâts dus aux chutes de blocs de versants rocheux.

A noter que ce type d'évènement implique des phénomènes complexes dont les conséquences sur les ouvrages sont difficiles à évaluer. Les désordres engendrés sont très différents du phénomène de crue qui sont localisés et visibles. Pour les séismes, les désordres sont généralisés et souvent invisibles.

Le territoire du SMIAGE est majoritairement situé en zones de sismicité moyenne (4) et modérée (3) selon le zonage en vigueur (art. D. 563-8-1 CE).

Selon l'article « La surveillance des barrages vis-à-vis de l'aléa sismique » (EDF-DPIH, 2012), l'expérience mondiale montre qu'il n'y a pas d'incidence observable sur les ouvrages en-dessous d'une magnitude de 4.

Les visites post-séisme sont déclenchées si l'évènement répond aux couples de critères suivants (issus des recommandations du CIGB (Commission internationale des grands barrages) Bulletin 166) :

Tableau 22 - Critères de visite post-séisme (recommandations CIGB)

Magnitude	Distance à l'épicentre
≥ 4	≤ 25 km
≥ 5	≤ 50 km
≥ 6	≤ 80 km
≥ 7	≤ 125 km
≥ 8	≤ 200 km

### 3.3.3.4 Synthèse

Le tableau synthétique ci-après rappelle l'ensemble des différentes actions de surveillance à réaliser avec leur périodicité respective :

Actions	Périodicité
Visite de surveillance programmée	A minima annuelle
Mesure de la cote du plan d'eau et du débit réservé	Hebdomadaire en période normale. Une à plusieurs fois par heure lors des périodes de pluies importantes ou d'évènement particulier (incidents, vidange, remplissage, ...)
Visite Technique Approfondie	Entre deux rapports de surveillance (soit environ tous les 5 ans)
Rapport de surveillance	Tous les 5 ans
Rapport d'auscultation	Tous les 5 ans
Contrôle de l'étalonnage des appareils d'auscultation	Annuelle
Entretien des abords (débroussaillage/fauchage notamment)	Semestrielle
Déclaration EISH	Dès l'occurrence d'un EISH

### 3.3.3.5 Première mise en eau

La première mise en eau d'un barrage permet de vérifier le comportement réel de l'ouvrage sous l'influence de la charge hydraulique. Conformément au 7° de l'article R.214-120, le suivi de la première mise en eau est effectué par le maître d'œuvre unique agréé.

La consistance de cette surveillance de la première mise en eau est précisée par l'article R. 214-121-I :

*« La première mise en eau d'un barrage doit être conduite selon une procédure comportant au moins les consignes à suivre en cas d'anomalie grave, notamment les manœuvres d'urgence des organes d'évacuation, et précisant les autorités publiques à avertir sans délai.*

*Pendant tout le déroulement de la première mise en eau, le propriétaire ou l'exploitant assure une surveillance permanente de l'ouvrage et de ses abords immédiats, afin notamment de détecter et corriger toute anomalie éventuelle, par des moyens techniques adaptés et par un personnel compétent et muni de pouvoirs suffisants de décision.*

*Le propriétaire ou l'exploitant remet au préfet, dans les six mois suivant l'achèvement de cette phase, un rapport décrivant les dispositions techniques des ouvrages tels qu'ils ont été exécutés, l'exposé des faits essentiels survenus pendant la construction, une analyse détaillée du comportement de l'ouvrage au cours de l'opération de mise en eau et une comparaison du comportement observé avec le comportement prévu. »*

Le suivi renforcé de la première mise en eau d'un barrage est important, car elle permet de constater la réponse du barrage aux sollicitations pour lesquelles celui-ci est prévu.

**Dans le cadre d'un barrage présentant une retenue sèche en situation normale d'exploitation, la première mise en eau du barrage ne survient qu'à la suite d'une première crue suffisamment importante pour mettre le barrage en charge, et remplir un pourcentage non négligeable du volume de la retenue, par rapport au volume à la RN.**

Le pertuis étant mis en charge à la cote de 15,5 m NGF, il est proposé de confirmer la validation de la première mise en eau du barrage pour une cote atteinte de retenue minimale de 16,5 m NGF, permettant une mise en charge du barrage de 2,5 m.

Lors de cette première mise en eau du barrage, une surveillance renforcée par rapport à une situation de crue habituelle doit être mise en place. Un suivi plus resserré des mesures de plan d'eau et des sondes doit être fait, et des relevés topographiques doivent être réalisés à la suite de l'épisode de crue, pour observer la réponse du barrage. Ce suivi devra être également réalisé par le maître d'œuvre.

Une astreinte devra être mise en place, avec un suivi à minima horaire des données de plan d'eau et des mesures des sondes amont et aval.

Cette première mise en eau aura également pour vocation de vérifier la mise en place des consignes de surveillance en crue de l'ouvrage, notamment vis-à-vis de l'astreinte, et de la réactivité du gestionnaire.

A la suite de cette première mise en eau, une visite technique approfondie sera déclenchée, pour constater les effets de la crue sur l'ouvrage, et une campagne topographique doit être réalisée à la suite de la crue.

Un retour d'expérience hydrologique, et de modélisation hydraulique permettra également de vérifier le fonctionnement de l'ouvrage par rapport aux attendus et aux incertitudes des modélisations. Il est cependant à noter que le bassin versant ne réagira pas de la même manière pour chaque crue.

Un rapport de première mise en eau sera ainsi réalisé, reprenant l'ensemble des points suivants :

- Point hydrologique et hydraulique lors de l'événement ;
- Réponse hydraulique de l'ouvrage ;
- Constats faits lors de la visite post-crue ;
- Retour d'expérience sur la surveillance de l'ouvrage lors des crues et sur l'astreinte ;
- Conformité aux attendus, et piste d'amélioration de la gestion et du suivi de l'ouvrage.

Ce rapport sera rédigé par un bureau d'étude disposant de l'agrément.

### 3.3.4 Organisation pour entretenir l'aménagement hydraulique, assurer sa disponibilité et surveiller son bon fonctionnement

#### 3.3.4.1 Préambule

Le gestionnaire étant responsable de la sécurité de son ouvrage, il doit en assurer l'entretien. Cet entretien consiste à :

- empêcher le développement d'arbres à racines profondes sur le parement et en pied de barrage, afin de conserver une bonne tenue des remblais ainsi qu'une bonne observation ;
- surveiller l'évolution des différents dispositifs non naturels (enrochements, béton) ; relever les dégradations naturelles ou accidentelles ; rétablir les qualités originelles de ces dispositifs si elles ne sont plus satisfaisantes.

Un suivi et un entretien régulier permettent :

- de bien connaître l'état et l'évolution des ouvrages composant le barrage ;
- de repérer les points de faiblesses, et conséquemment de prévenir les défaillances à coût modique nettement inférieur aux dommages que cette défaillance causerait tôt ou tard.

#### 3.3.4.2 Entretien de la végétation

Un débroussaillage/fauchage est réalisé 1 fois par an. Il est assorti d'un contrôle in situ de manière mensuelle qui peut déclencher une nouvelle opération de débroussaillage si besoin.

Les défauts sont relevés lors des visites programmées et corrigés au fur et à mesure. Ces défauts et les mesures correctives sont renseignés dans le registre de l'ouvrage.

#### 3.3.4.3 Entretien des échelles limnimétriques

A chaque mesure du plan d'eau, du niveau d'eau en sortie, etc ; le personnel en profite pour constater l'état des échelles limnimétriques. Si celles-ci nécessitent un nettoyage, celui-ci est fait sur le champ. S'il s'agit d'une réparation à planifier, celle-ci est planifiée au plus tard lors de la prochaine mesure, soit la semaine suivante.

#### 3.3.4.4 Entretien, vérification et maintenance de la station de télésurveillance

Tous les appareils de mesure installés sur l'ouvrage sont vérifiés chaque semaine. Leur maintenance est donc planifiée dans la journée de constatation du défaut ou quelques jours après selon les cas de figure et la disponibilité éventuelle des pièces de rechange.

#### 3.3.4.5 Entretien du pertuis

Il vise à supprimer la végétation ligneuse situé en amont immédiat du pertuis de vidange, et pouvant obstruer la grille en amont du pertuis. Ces actions sont réalisées dans le cadre de la campagne annuelle d'entretien de la végétation. Une fiche d'intervention est établie à cette occasion et est archivée dans le dossier de l'ouvrage.

#### 3.3.4.6 Synthèse

L'entretien de l'aménagement hydraulique pour assurer sa disponibilité et son bon fonctionnement se base avant tout sur les visites de surveillance programmées plus régulièrement au début de l'exploitation de l'ouvrage, qui pourront passer à une fois par an a minima. Lors de celle-ci, une tournée de l'ouvrage est réalisée et tous les aspects sont inspectés : les ouvrages, les flancs de la retenue, la retenue, les niveaux d'eaux etc.

Il est généralement admis qu'un entretien important sur la végétation est nécessaire deux fois par an, alors que les relevés de mesures sont eux, planifiés toutes les semaines.

### **3.3.5 Organisation pour alerter selon des modalités adaptées aux situations rencontrées et à leurs cinétiques, les autorités compétentes pour intervenir aux fins de mise en sécurité des personnes quand de évènements hydrométéorologiques sont susceptibles d'inonder les territoires que l'aménagement vise à protéger**

#### **3.3.5.1 Suivi des événements hydrométéorologiques significatifs**

Le suivi des événements hydrométéorologiques est assuré par les veilleurs hydrométéo du SMIAGE, en charge du suivi et de la transmission de l'information.

A partir d'une vigilance jaune pluie-inondations, les veilleurs et les référents ouvrages se déclenchent et réalisent une veille hydrométéorologique à l'échelle du SMIAGE. Ils ont la charge de surveiller l'atteinte des seuils d'alerte et leur évolution en lien avec le directeur de permanence.

Le rôle du référent ouvrage est de surveiller les stations hydrométriques de référence pour les ouvrages. En lien avec les veilleurs hydrométéo, il va donner un avis expert et transmettre des informations relatives à la digue aux détenteurs des pouvoirs de polices (Maire, Préfet).

L'information hydrométéorologique provient de

- Stations de mesures hydrométriques (supervision) ;
- Carte de vigilance de Météo-France et bulletins prévisionnels de vigilance ;
- Assistance temps réel via Predict Service ;
- Plateformes hydrométéorologiques Rainpol et Rhythmme ;
- Bulletins d'information et cartes de vigilance du site <https://www.vigicrues.gouv.fr> émis et établis par le SPC Medest.
- 

#### **3.3.5.2 Seuils de déclenchement des différents états (veille/vigilance/de crue et post-crue) et surveillance de l'ouvrage lors d'évènements hydrométéorologiques significatifs (consignes de surveillance du barrage en crue)**

Différents états de vigilance et de mobilisation pour la surveillance de l'ouvrage sont définis suivant les alertes diffusées par Météo France, les vitesses de montée du plan d'eau et le degré de sollicitation du dispositif d'évacuation de crues équipant le barrage de Carimaï, avec pour chacun de ces stades, les conditions de passage d'un état à l'autre et les règles particulières de surveillance.

L'état 0 correspond à l'état d'exploitation normale à savoir à la cote de la retenue inférieure à 15,50 m NGF. Les apports naturels sont très légers avec un léger déversement par le dalot sans que le niveau de la retenue ne dépasse le niveau haut du dalot. Aucune mesure particulière n'est appliquée.

Les états de vigilance sont adaptés à la durée de la crue. L'hydrogramme de crue a une durée de montée d'environ 2 heures :

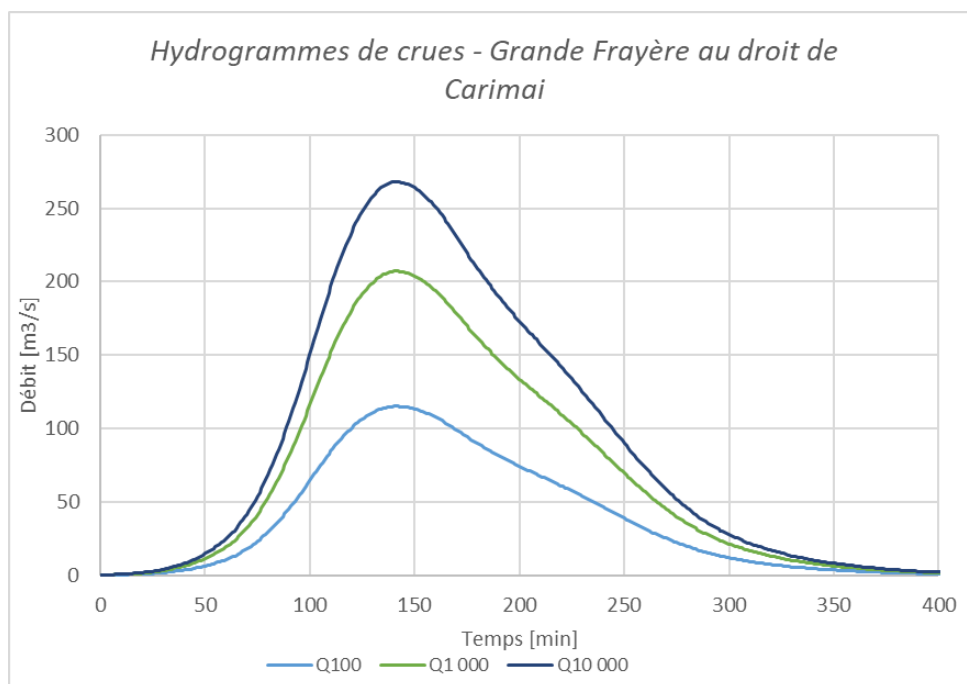


Figure 3-28 - hydrogrammes de crues de la grande frayère en amont direct de l'ouvrage de Carimai

En mettant en correspondance avec la loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique, on peut établir la correspondance en temps entre les différents seuils :

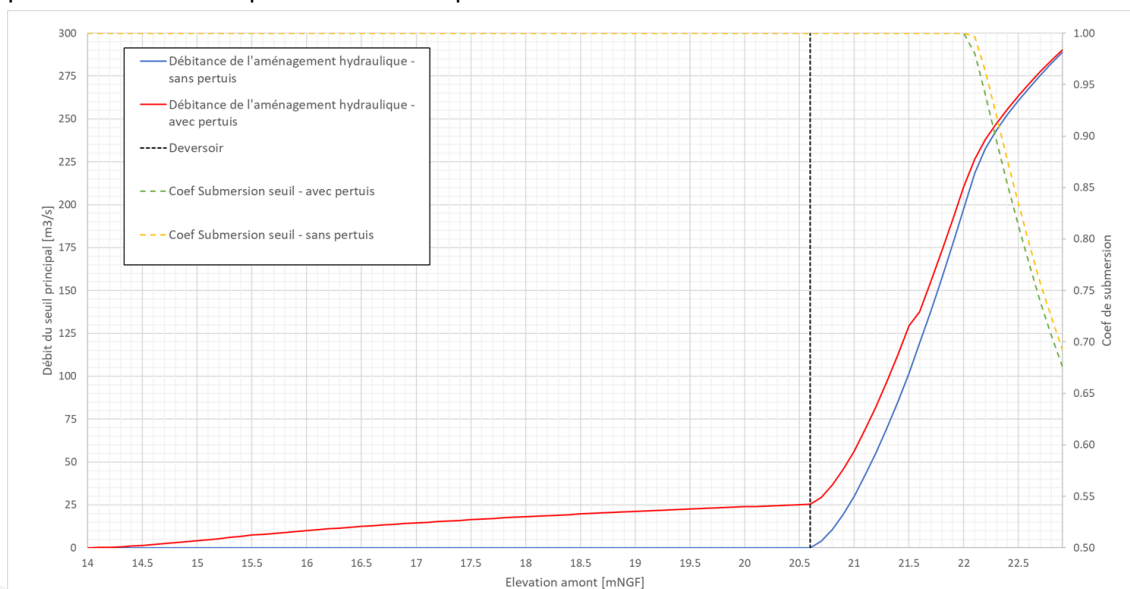


Figure 3-29 - Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimai – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance avec seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu

Quatre états de vigilance croissante sont définis par ailleurs.

Les états de vigilance 1, 2 et 3 sont susceptibles d'être activés sur la base des prévisions de Météo-France dans les conditions suivantes : tout bulletin d'alerte « pluie/inondations », « orages » ou « vent » émis par Météo-France à partir d'une vigilance jaune déclenche une visite journalière systématique sur le barrage par l'agent d'exploitation en charge de l'ouvrage pendant la durée de cette période d'alerte.

Le bulletin d'alerte est reçu par l'encadrement d'astreinte de Cannes Pays de Lérins par fax, mail et SMS puis l'information est transmise à l'agent d'exploitation d'astreinte par téléphone (appel/SMS) et mail.

### 3.3.5.3 Etat 1 - Etat de veille

L'état de veille (Etat 1) est déclenché dès lors que l'un des critères suivants est observé :

- La réception d'un bulletin d'alerte de Météo France à partir du niveau « jaune » ;
- Le niveau d'eau dans la retenue du bassin de Carimai supérieur à **15,5 m NGF** (équivalent à une mise en charge du dalot de fond et à 1,5m de charge sur le barrage, un débit sortant d'environ 10 m<sup>3</sup>/s)

La mesure de la cote du plan d'eau est relevée automatiquement par télétransmission, et peut également être relevé à partir de l'échelle limnimétrique.

Le référent ouvrage est activé, et se coordonne avec le veilleur hydrométéo

L'exploitant s'assure de l'absence d'embâcle en amont du dalot.

En cas de survenue d'une crue importante, la durée de l'état 1 est estimée à environ 30 min, à partir des 2 figures précédentes.

### 3.3.5.4 Etat 2 - Etat de vigilance

L'état de crue (Etat 2) est déclenché dès lors que :

- Le niveau d'eau dans la retenue du barrage de Carimai est supérieur à **18,5 m NGF** (équivalent à une charge de 4,5 m sur l'amont du barrage de Carimai, un débit sortant de 18 m<sup>3</sup>/s)

La mesure de la cote du plan d'eau est relevée en continu par la télétransmission. L'exploitant s'assure de l'absence d'embâcle au niveau de l'évacuateur de crue.

Les autorités compétentes sont informées de la situation suivant les modalités prévues au §3.3.5.8.

En cas d'une survenue d'une crue importante, en se référant aux figures précédentes, la durée de l'état 2 est d'environ 10min. Celui-ci pourra donc ne pas être réalisé et l'état de niveau d'alerte 1 sera directement mis en place.

### 3.3.5.5 Etat 3 – Niveau d'alerte 1

L'état de crue avec contrôle renforcé (Etat 3) est déclenché dès lors que :

- Le niveau d'eau dans la retenue du barrage de Carimai est supérieur à **20,6 m NGF** (équivalent à une charge de 6,6 m sur le barrage de Carimai, le début de surverse par l'évacuateur en crête, et un débit sortant d'environ 25,3 m<sup>3</sup>/s)

La mesure de la cote du plan d'eau est relevée en continu par la télétransmission. **Les visites sur l'ouvrage ne sont plus effectuées.**

Le référent OH et le veilleur hydrométéo alertent la commune.

Le directeur de permanence alerte les services préfectoraux.

Le personnel du SMIAGE est mobilisé pendant toute la durée de l'évènement, 7j/7 et 24h/24 jusqu'au retour à l'état de vigilance 2.

Les autorités compétentes sont informées de la situation suivant les modalités prévues au §3.3.5.8.

En cas de survenue d'une crue importante allant jusqu'à l'état 4, la durée de cet état 3 est estimée à environ 60 min.

### 3.3.5.6 Etat 4 – Niveau d'alerte 2

L'état d'alerte (Etat 4) est déclenché dès lors que :



- Le niveau d'eau dans la retenue du barrage de Carimaï est supérieur à **22,0 m NGF** (équivalent à une charge de 8 m sur le barrage, et de 1,4 m sur l'évacuateur de crue, un débit sortant de 206,8 m<sup>3</sup>/s, et une occurrence Q<sub>1000</sub>)

La mesure de la cote du plan d'eau est relevée plusieurs fois par heure par la télétransmission.  
**Les visites sur l'ouvrage ne sont plus effectuées.**

Le personnel du SMIAGE est mobilisé pendant toute la durée de l'évènement, 7j/7 24h/24 jusqu'au retour à l'état de vigilance 2.

Les autorités compétentes sont informées de la situation suivant les modalités prévues au §3.3.5.8

On retrouve dans le tableau suivant le détail des niveaux associés à chaque état, et les opérations à mettre en place :

Conséquence / fait Marquant	Cote du plan d'eau (m NGF) / Hauteur relative (m)	Volume dans la retenue	Débit EVC (m <sup>3</sup> /s)	Seuils	Action à mettre en œuvre
Surverse sur le muret en crête	22,8 m NGF 8,8 m	~ 115 000 m <sup>3</sup>		<b>Débordement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veilleur hydrométéo / Réf OH alerte la commune</li> <li>- Directeur de permanence alerte les services préfectoraux</li> </ul>
Atteinte de revanche	22,0 m NGF 8 m	~ 100 000 m <sup>3</sup>	206,8 m <sup>3</sup> /s	<b>Niveau alerte 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veilleur hydrométéo / Réf OH alertent la commune</li> <li>- Directeur de permanence alerte services préfectoraux</li> <li>- Suivi en continu des relevés de niveau d'eau dans la retenue</li> </ul>
Surverse sur le seuil	20,6 m NGF 6,6 m	~ 70 000 m <sup>3</sup>	25,3 m <sup>3</sup> /s	<b>Niveau d'alerte 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veilleur hydrométéo / Réf OH alerte commune</li> <li>- Directeur de permanence alerte services préfectoraux</li> <li>- Suivi en continu des relevés de niveau d'eau dans la retenue</li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Repli et mise en sécurité des patrouilles</b></li> </ul>
Charge conséquente avant surverse	18,5 m NGF 4,5 m	~ 30 000 m <sup>3</sup>	18 m <sup>3</sup> /s	<b>Etat de vigilance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le référent ouvrage propose de mobiliser les patrouilles au directeur de permanence</li> <li>- Si déclenchement validé, le réf OH prend contact avec la patrouille</li> <li>- Patrouilleur assurent surveillance ouvrage sur le terrain</li> <li>- Suivi en continu des relevés de niveau d'eau dans la retenue</li> </ul>
Limite de mise en charge du pertuis	15,5 m NGF 1,5 m	~ 1000 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup> /s	<b>Etat de veille</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veille hydrométéo à partir d'une vigilance jaune pluie-inondations</li> <li>- Le référent ouvrage est activé et se coordonne avec le veilleur hydrométéo</li> <li>- Si vigilance orange, le référent ouvrage informe les entreprises ayant une astreinte qu'elles peuvent être mobilisés</li> <li>- Surveillance du bon fonctionnement du pertuis (absence d'embacles)</li> <li>- Suivi en continu des relevés de niveau d'eau dans la retenue</li> </ul>



### **3.3.5.6.1 Décrue et mesures post-crue**

La surveillance des ouvrages est maintenue jusqu'à la fin de leur mise en charge. A la suite d'un évènement hydraulique ayant déclenché une surveillance, une visite technique post-crue sera déclenchée.

A la suite d'un évènement hydraulique ayant mis en charge le barrage de Carimaï, un relevé topographique de la crête sera réalisé.

Afin de connaître le niveau d'eau atteint par l'évènement en aval du barrage de Carimaï, ce relevé topographique permettra de relever les laisses de crues.

### **3.3.5.7 Visite d'inspection**

Les visites d'inspection réalisées lors de l'atteinte des états de vigilance 1, et 2 visent à contrôler l'absence de dysfonctionnement et d'anomalie du barrage.

Ces inspections visuelles sont renforcées par des tournées de relevé des dispositifs d'auscultation du barrage pour les états de vigilance 1 et 2.

En veille (état 1), l'intégralité du circuit hydraulique d'écoulement entre le déversoir et l'exutoire est observée quotidiennement.

De surcroît, en état de crue (état 2), il est mené de manière quotidienne des visites d'inspections dont le parcours est calqué sur celui des visites bi-mensuelles/mensuelles.

Des tournées d'auscultation quotidiennes sont réalisées en cas d'atteinte de l'état de crue 2. En cas d'atteinte de l'état 3, les tournées sur l'ouvrage n'ont plus lieu, car l'accès à l'ouvrage présente un risque d'être inondé.

### **3.3.5.8 Fonctionnement de l'astreinte du SMIAGE**

En cas de crue, le SMIAGE déclenche son équipe d'astreinte, composée de 4 rôles portés par 6 personnes maximum :

- Le directeur de permanence ;
- Le référent ouvrages / technicien digues ;
- Les veilleurs hydrométéo ;
- Les patrouilleurs.

Cette équipe d'astreinte assure la surveillance en crue de l'ensemble du territoire du SMIAGE, en particulier les territoires sur lesquels le SMIAGE est SDAL (Service d'Alerte Local) mais également la surveillance des ouvrages classés pour la protection contre les inondations.

Elle a pour mission :

- Réalisation de la veille sur l'évolution de la crue à partir de l'évolution des données hydrométéorologiques disponibles (Vigicrue, Rainpol, Rhythme, sorties de modélisations météorologiques (GFS, Arôme, Arpege...) extranet météo-France, stations hydrométriques
- Réception des appels des équipes de terrain et coordination de la surveillance en fonction de l'évolution de la situation
- Tenue des mains courantes
- Coordination des entreprises pour les interventions d'urgences
- Informer les services préfectoraux
- Informer les communes
- Informer les autres gestionnaires de digues et de réseaux

Le directeur de permanence du SMIAGE dirige l'équipe d'astreinte et représente l'autorité hiérarchique du personnel du SMIAGE en charge de la surveillance des ouvrages.

Le schéma organisationnel est décrit ci-dessous :

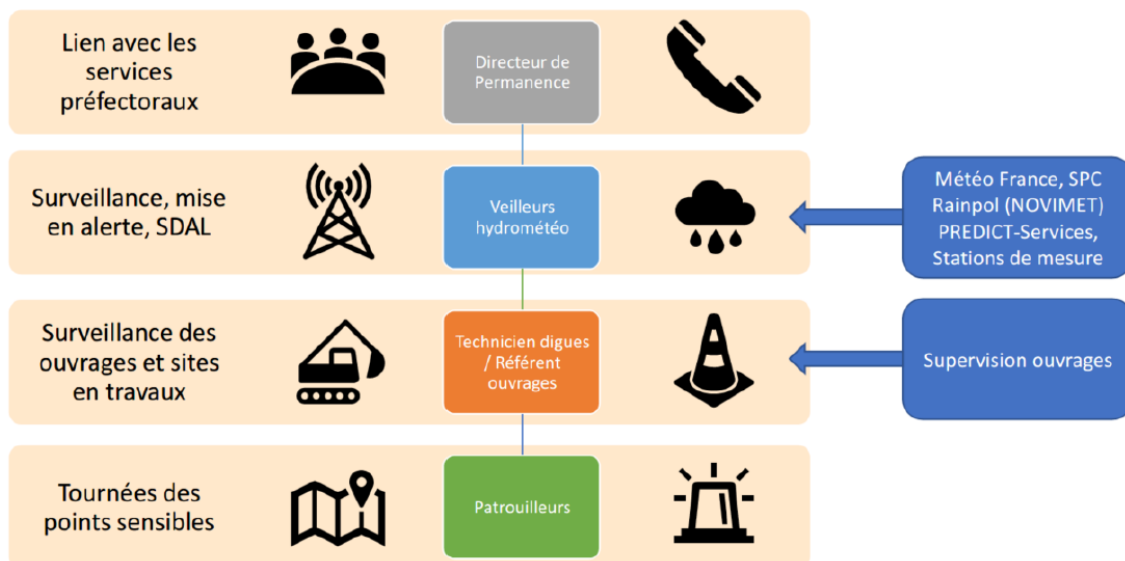


Figure 3-30 - Schéma organisationnel de la surveillance en crue des ouvrages du SMIAGE

### 3.3.5.9 Transmission de l'information

Dans le cas où une anomalie serait constatée, un compte-rendu verbal immédiat, avec consignation sur le registre de l'ouvrage, aussi précis que possible, est effectué par l'Agent d'Exploitation.

Concomitamment sont informées les autorités compétentes dont les coordonnées figurent en annexe 3.

### 3.3.5.10 Rapport de crue

Lorsque le barrage passe en état de vigilance 1 et a fortiori l'état de vigilance 2, l'Agent d'exploitation mobilisé effectue quotidiennement respectivement une et deux tournées de mesure d'auscultation, type mensuelle. Les données sont transmises quotidiennement au technicien chargé de la surveillance et au bureau d'études agréé qui en fait une analyse immédiate.

Dans le cas où une anomalie serait constatée, le bureau d'études agréé en analyse la cause et en informe le technicien chargé de la surveillance des barrages qui transmet l'information à son tour au responsable.

L'atteinte des niveaux 1 et supérieurs entraîne la réalisation d'un rapport circonstancié. Le rapport décrit l'évènement survenu de façon chronologique et en fait le retour d'expérience.

Le compte-rendu de visite est rédigé par le responsable du service technique avec l'éventuel appui du bureau d'études agréé.

### 3.3.5.11 Disposition à prendre en cas d'anomalies

En cas d'évènements particuliers ou d'anomalies de comportement, le SMIAGE effectue une visite de contrôle des ouvrages. Toutes les informations sont consignées dans le registre.

Une situation d'urgence est définie dans l'article 2 de l'arrêté du 08 août 2022 comme « un évènement particulier, une anomalie de comportement ou de fonctionnement de l'ouvrage détectée visuellement ou par auscultation [...] Un évènement soudain, généralement imprévu, exige une action immédiate pour assurer la sécurité »

Les observations suivantes peuvent répondre à la définition d'une urgence structurelle :

- Présence d'un écoulement sur le parement aval (autre que suintement)

- Défaillance d'un organe en aval avec perte de contrôle du fonctionnement de la retenue (rupture de conduite...)
- Glissement ou tassement significatif de la crête ou des parements non explicable par une action extérieure (circulation d'engins par exemple)

En situation d'urgence l'exploitant met en place les actions nécessaires afin de traiter l'urgence, en mettant par exemple en place des travaux de réfection, et de mise en sécurité. En cas d'urgence mettant en jeu l'intégrité structurelle des ouvrages constitutifs de l'aménagement hydraulique, l'exploitant prend contact avec la commune et la préfecture qui ont la charge de l'évacuation des enjeux potentiellement touchés par la rupture de l'ouvrage.

En cas de situation d'urgence, l'exploitant alerte les personnes suivantes :

- Mairie de Cannes
- Préfecture
- SDIS
- Gendarmerie

### 3.3.5.12 Liste des contacts

### 3.3.5.13 Synthèse

Ci-dessous le tableau récapitulatif des actions à mettre en place pour chaque niveau d'alerte.

	DECISION	COORDINATION	TERRAIN
situation normale		Surveillance des conditions météorologiques et hydrologiques une fois par jour sur les horaires de bureau	
<b>Seuil veille</b>	<b>Vigilance jaune Météo France OU atteinte du niveau 15,5 m NGF dans la retenue</b>		
Actions	<p>-</p> <p><u>En cas de non-évolution ou d'amélioration de la situation :</u> Aucune action particulière</p> <p><u>En cas de dégradation de la situation (passage au niveau « vigilance » probable) :</u> - Organisation des astreintes de terrain en lien avec l'astreinte de coordination - référent ouvrage propose de mobiliser les patrouilles au directeur de permanence - Information des communes et les services de la préfecture du passage en « alerte ».</p>	<p>- Evaluation l'évolution de la situation pour les jours à venir</p> <p><u>En cas de non-évolution ou d'amélioration de la situation :</u> - Maintient le niveau de surveillance - Surveillance des conditions météorologiques et hydrologiques sur les horaires de bureau et 2 fois par jours le week-end et jours fériés depuis son domicile</p> <p><u>En cas de dégradation de la situation (passage au niveau « alerte » probable) :</u> - Organisation des astreintes de terrain en lien avec l'astreinte décisionnelle - Mise en place le PC de crise en lien avec l'astreinte décisionnelle - Déclenchement des actions de terrains définies pour chaque ouvrage - Effectue une visite de terrain des ouvrages avec les équipes d'astreinte - Surveillance des conditions météorologiques et hydrologiques 4 fois par jours depuis son domicile en complément des heures de bureau</p>	<p>- Sont informés d'une possible astreinte</p> <p><u>En cas de non-évolution ou d'amélioration de la situation</u> - Effectue les missions habituelles</p> <p><u>En cas de dégradation de la situation (passage au niveau « alerte » probable) :</u> - Effectue les actions de terrains définies pour chaque ouvrage durant les heures habituelles de travail sauf consignes contraires - Effectue une visite de terrain des ouvrages avec le coordinateur durant les heures habituelles de travail sauf consignes contraires - Peut être en astreinte à domicile</p>



	DECISION	COORDINATION	TERRAIN
<b>Seuil vigilance</b>	<b>Vigilance orange Météo France OU atteinte du niveau 18,5 m NGF</b>		
Actions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Référent ouvrage propose de mobiliser les patrouilles au directeur de permanence</li> <li>- Assure le lien avec les élus et les services de l'Etat</li> <li>- Informe les communes de l'évolution de la situation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déclenchement et organisation de l'astreinte de terrain et l'astreinte du second coordinateur en lien avec l'astreinte décisionnelle</li> <li>- Patrouilleur assurent surveillance ouvrage sur le terrain</li> <li>- Surveille des conditions météorologiques et hydrologiques</li> <li>- Participe aux points de situation du PC de crise</li> <li>- Est à disposition des collectivités et services de secours</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se rend au lieu de rendez-vous pour récupérer son binôme et le véhicule</li> <li>- Effectue les actions de terrains définis pour chaque ouvrage (surveillance des niveaux d'eau, manipulation d'équipement, contrôle des ouvrages...)</li> <li>- Informer le coordinateur de l'évolution sur le terrain</li> </ul>
<b>Seuil alerte</b>	<b>début de surverse sur l'évacuateur de crue (cote 20,6 m NGF)</b>		
Actions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prend acte de l'évacuation des équipes de terrains</li> <li>- Informe les communes du niveau de risque</li> <li>- Assure le lien avec les élus et les services de l'Etat</li> <li>- Retrait des patrouilles du terrain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ordonne l'évacuation aux équipes sur le terrain</li> <li>- Informe l'astreinte décisionnelle de l'évacuation des sites à risques</li> <li>- Continue la surveillance des précipitations et débits, et des niveaux dans la retenue.</li> <li>- Est à disposition des collectivités et services de secours</li> <li>- Veilleur hydrométéo/réf OH alerte les communes</li> <li>Le directeur de permanence alerte les services préfectoraux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informer le coordinateur de l'évolution sur le terrain</li> <li>- Evacue vers une zone refuge si :</li> <li>Il y a un risque imminent pour leur sécurité</li> <li>Le coordinateur le leur demande</li> </ul>
<b>Post-crue</b>	<b>Retour à une vigilance jaune Météo France</b>		
Actions	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lève les astreintes en lien avec l'astreinte de coordination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lève les astreintes</li> <li>- Effectue un contrôle post-crue des ouvrages</li> <li>- Rédige le compte-rendu</li> <li>Repasse au niveau de « veille »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Effectue un contrôle post-crue des ouvrages</li> </ul>

### 3.4 Performance de l'aménagement hydraulique

La performance de l'aménagement hydraulique a été évaluée dans le cadre d'études techniques réalisées par SAFEGE – Suez Consulting pour le présent dossier et sur la base de l'hydrologie de projet présentée précédemment (chapitre 3.1.2.4).

Ce chapitre en présente la méthodologie ainsi que les résultats de performance.

#### 3.4.1 Méthodologie

Il s'agit ici de présenter la méthodologie permettant de définir :

- Les données topographiques de bases, actualisées ;
- La loi de débitance de l'aménagement hydraulique ;
- Le calcul de laminage de la retenue, soit l'effet sur l'écrêtement des crues.

##### 3.4.1.1 Topographie

La donnée topographique de référence et actualisée utilisée pour l'analyse correspond à la donnée suivante :

- MNT RGE Alti de l'IGN - 2014
- Levés topographiques de l'ouvrage SNCF – Riviera concepts – 11/2021
- Plan topographique au 1/500<sup>e</sup> de l'état actuel – Riviera concepts – 12/2021

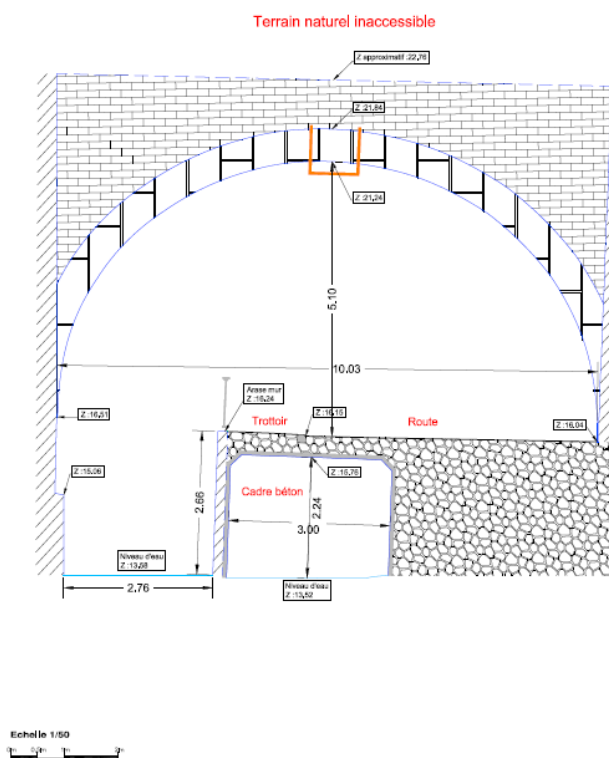
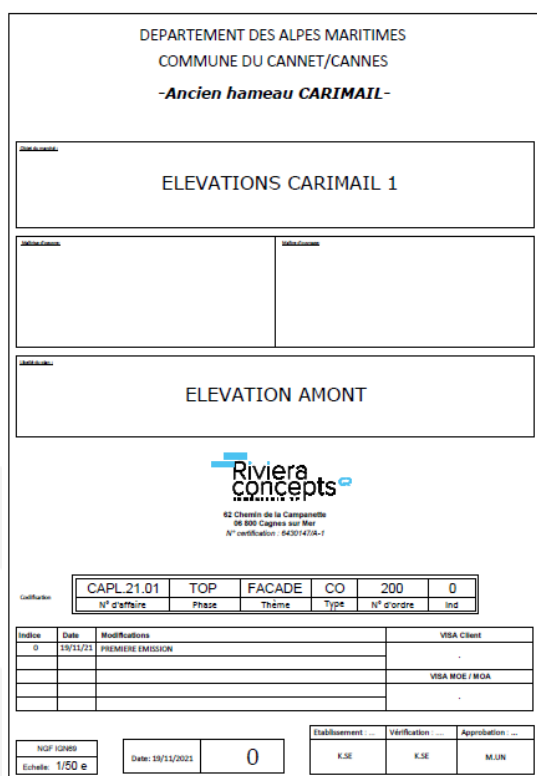


Figure 3-31 : Plan topographique de l'ouvrage SNCF – Riviera concepts – 11/2021



### 3.4.1.2 Détermination de la loi de débitance de l'aménagement hydraulique

Relativement au fonctionnement de l'aménagement hydraulique, il est nécessaire de définir la loi de débitance de l'aménagement, composé :

- Des d'écoulements à surface libre puis en charge au travers du pertuis ;
- Des écoulements par déversement sur le déversoir une fois le niveau de crête de la poutre de déversement atteint.

#### 3.4.1.2.1 Débitance du pertuis

La courbe de débitance du pertuis de sortie est déterminée de trois manières différentes :

- A partir d'un calcul à **surface libre** avec une hypothèse d'un Froude de 0.5 en sortie tant que l'ouvrage n'est pas en charge ;
- Ensuite, lorsque l'ouvrage est **en charge**, par un calcul d'orifice de type Nago (1983) dénoyé ;
- L'écoulement en sortie de l'ouvrage est comparé aux conditions aval imposées par l'ouvrage SNCF pour vérifier les conditions d'envoiment du pertuis de sortie par l'aval. Une courbe de tarage de l'ouvrage de franchissement du remblai SNCF a été déterminé à partir d'une modélisation 1D HEC-RAS de l'ouvrage. Lorsque le **pertuis est ennoyé**, une équation d'orifice en charge est utilisée. Le pertuis n'est pas ennoyé tant qu'il n'y a pas de surverse par le déversoir. L'envoiment du pertuis n'est donc présent que dans la courbe de débitance totale de l'aménagement. (Figure 3-36 et Figure 3-37).

A noter que la partie à surface libre de l'écoulement se produit lorsque le volume de stockage de la retenue n'est quasiment pas sollicité et donc **n'a aucun impact sur le résultat du calcul de laminage**.

- Le pertuis de sortie est un dalot de section 3.9 m<sup>2</sup>, de hauteur 1.50 m et de largeur 2.60 m. La hauteur est fixée à 1.5m afin de le rendre plus facilement visitable et pour faciliter son entretien.

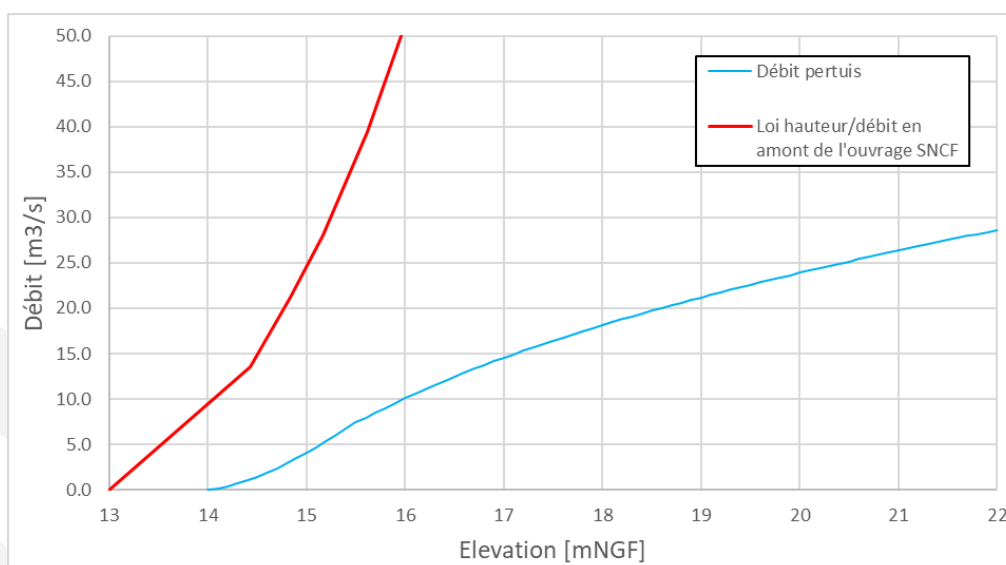


Figure 3-34 : Loi de débitance du pertuis de sortie (Nago) et loi hauteur débit au droit de l'ouvrage SNCF en aval

### 3.4.1.2.2 Débitance du déversoir

La loi de débitance du déversoir est calculée à partir d'une loi de seuil à crête épaisse, avec un coefficient de débit de Bazin de 0.385.

Là encore, la débitance du seuil est comparée aux conditions aval imposée par l'ouvrage de franchissement du remblai SNCF pour déterminer les conditions d'envoiment du seuil par l'aval.

Pour les très grands débits (>200 m<sup>3</sup>/s), le seuil est envoyé par l'aval, un coefficient de submersion est alors déterminé à partir de la formule de Hager (1986).

La courbe de débitance de l'aménagement hydraulique sans prise en compte du pertuis (soit de l'évacuateur de crue seul) est alors la suivante :

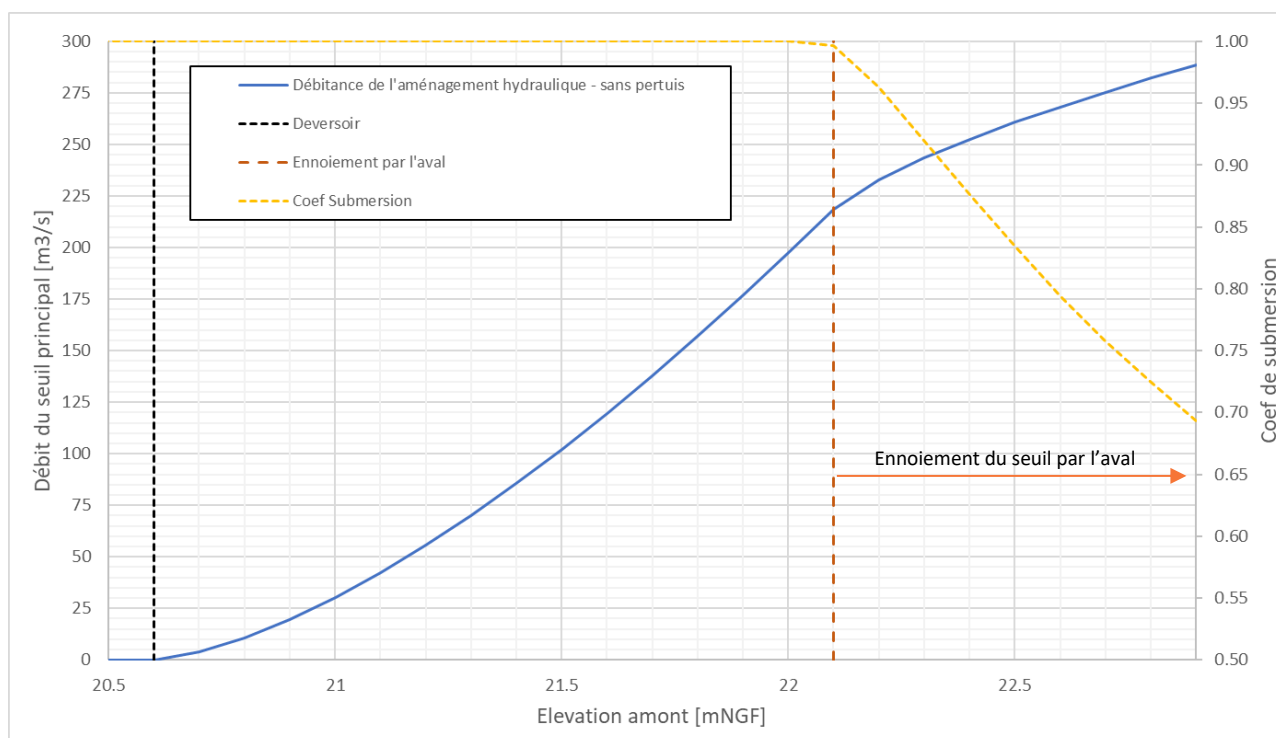


Figure 3-35 : Loi de débitance de l'aménagement hydraulique - sans pertuis de fond

### 3.4.1.2.3 Loi de débitance de l'aménagement hydraulique

La prise en compte des deux organes de sortie fait apparaître un envoiment du pertuis de fond lorsque le déversoir est sollicité. De plus, la prise en compte d'un débit passant par le pertuis de fond vient également modifier les conditions d'envoiment du seuil par l'aval pour les très grands débits. La courbe de débitance combinées des deux organes a donc été recalculée en prenant en compte les nouvelles conditions d'envoiment.

Il est présenté ci-dessous la loi de débitance des deux organes combinés ainsi que la débitance du déversoir seul.

On voit que plus le débit augmente plus la courbe de débitance globale tend vers la courbe de débitance du déversoir seul, puisque la différence de charge amont/aval dont dépend le débit passant dans le pertuis se réduit fortement.

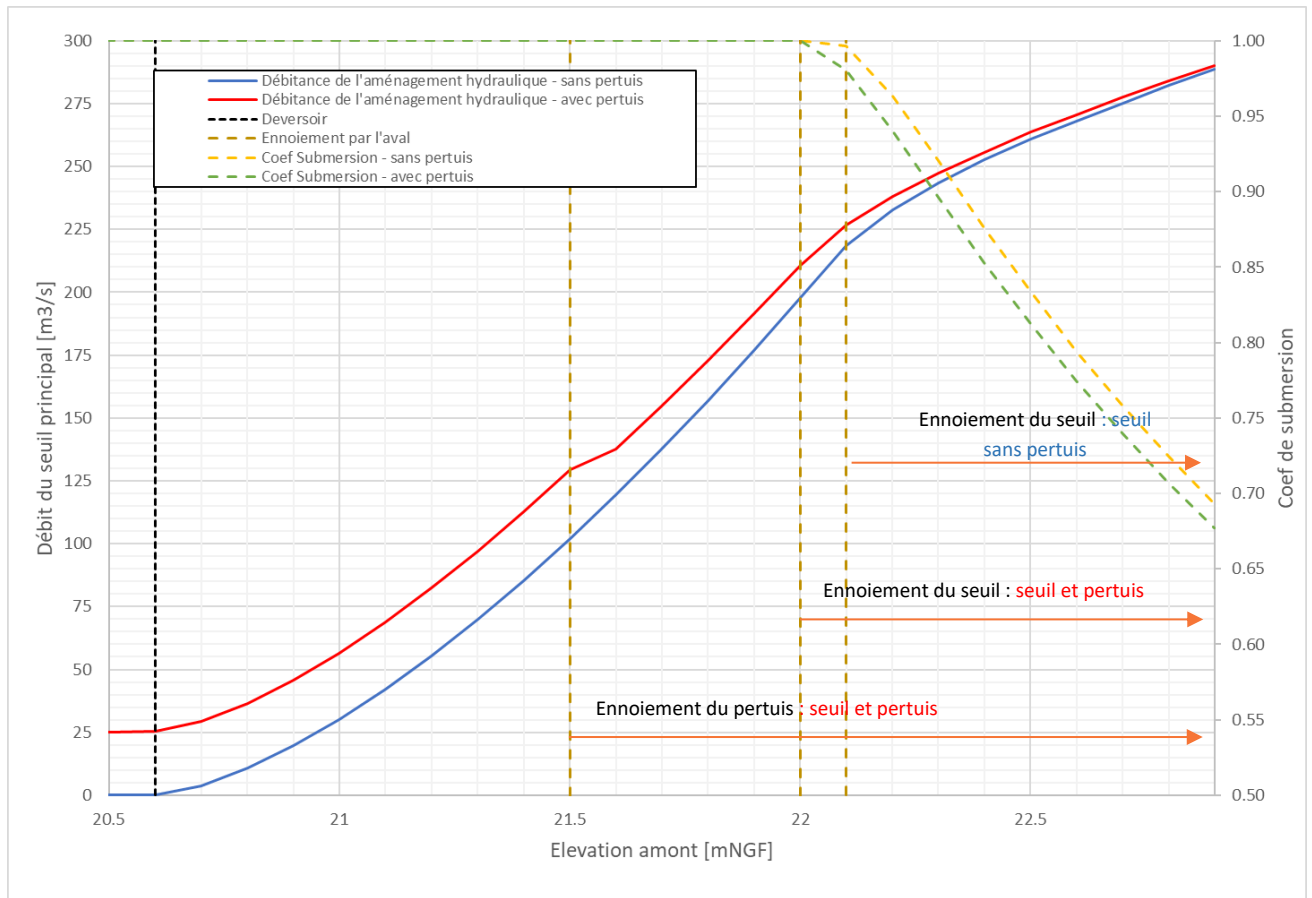


Figure 3-36 : Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimai – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance du seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu – zoom sur la partie déversante

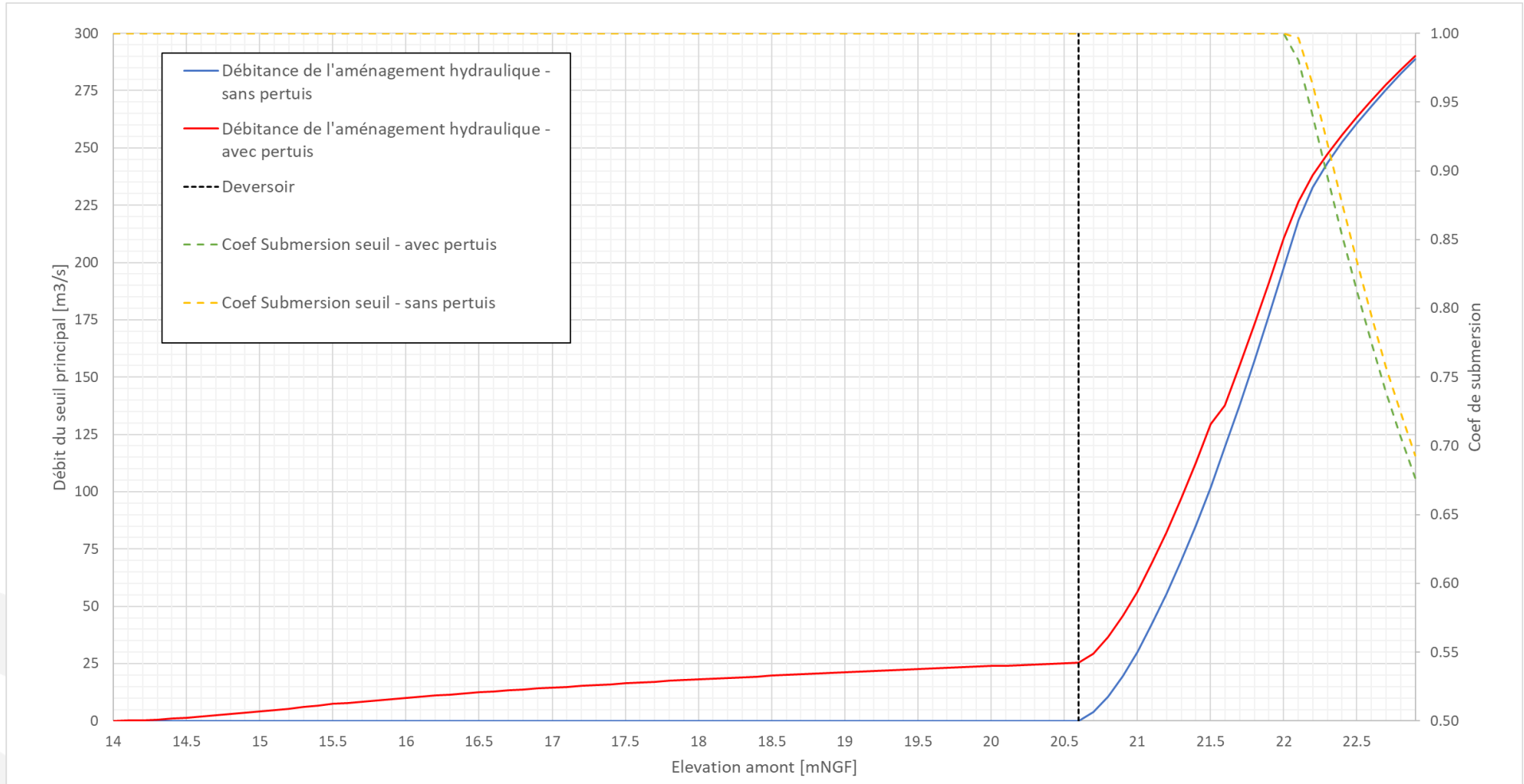


Figure 3-37 : Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimai – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance avec seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu

### 3.4.1.3 Calcul de laminage de l'aménagement hydraulique

Le calcul de laminage permet de déterminer les niveaux d'eau atteints dans la retenue, les débits de pointes et forme de l'hydrogramme en sortie de l'ouvrage à partir d'une comparaison entre les hydrogrammes de crues en entrée, la loi hauteur volume dans la retenue et la loi de débitance de l'aménagement hydraulique.

On peut ainsi caractériser la réduction de débit engendré par l'ouvrage en fonction des hydrogrammes de crues considérées.

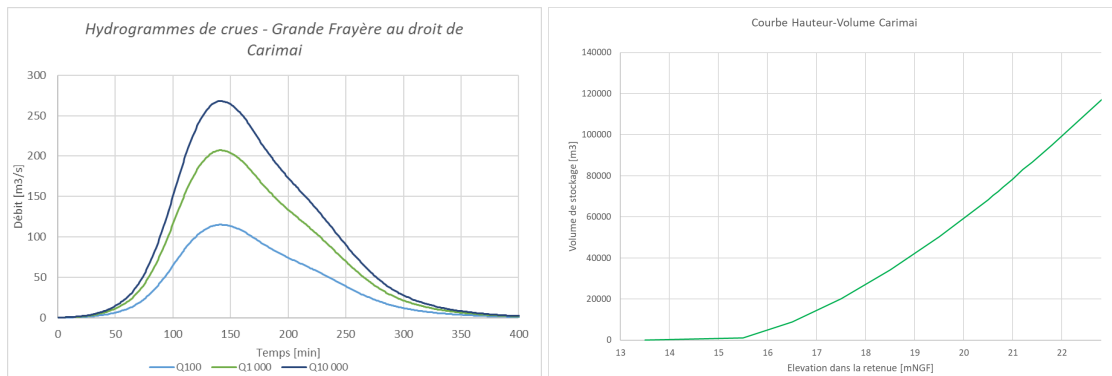


Figure 3-38 : Hydrogrammes de crues à gauche et courbe hauteur-Volume de l'aménagement hydraulique de Carimai à droite

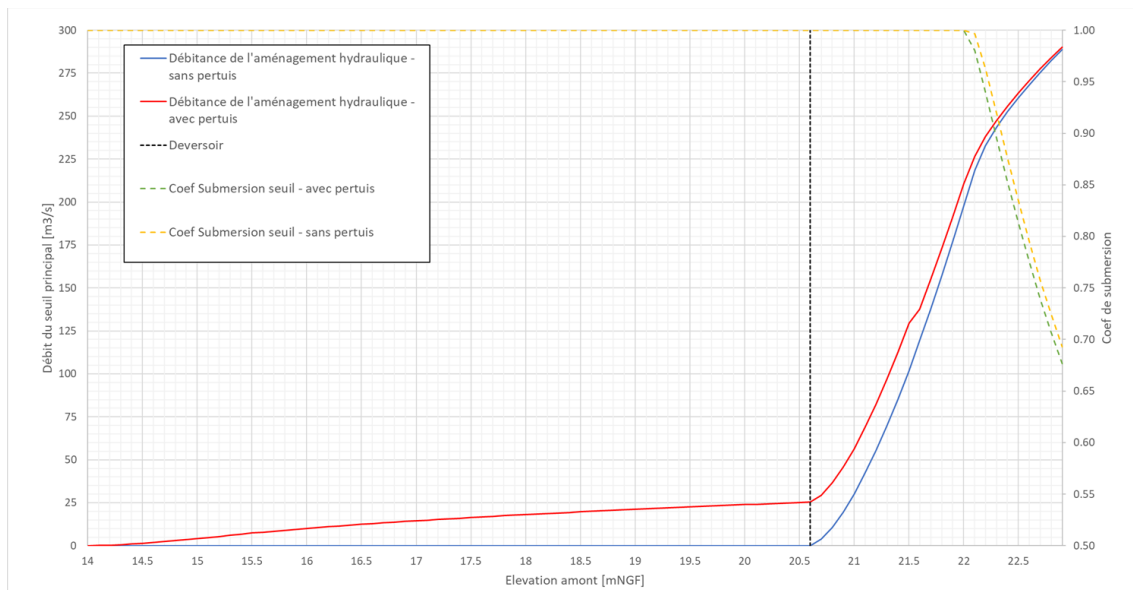


Figure 3-39 : Loi de débitance à travers l'aménagement hydraulique de Carimai – Loi de débitance globale (seuil et pertuis) en rouge et loi de débitance avec seuil uniquement (pertuis obstrué) en bleu



### 3.4.2 Classification des évènements simulés

Plusieurs gammes d'hydrogrammes de crues, ajustées sur la pointe de débit ont alors été établies afin de classer les événements simulés pour le laminage :

- Evènement inférieur à l'aléa pour lequel l'aménagement hydraulique offre un écrêtement significatif, au regard du pourcentage d'écrêtement du débit pointe
- Evènement conduisant à l'aléa pour lequel l'aménagement hydraulique offre un écrêtement maximal (optimum) en termes d'écrêtement de débit de pointe : cet aléa alimentera le scénario 1 (cf. chapitre 0)
- Evènement supérieur à l'aléa pour lequel l'aménagement hydraulique offre un écrêtement significatif, soit un effet de laminage réduit : sera retenu alors les événements conduisant à un aléa dépassant très significativement les capacités de l'aménagement hydraulique, ce ou ces aléas serviront à alimenter le scénario 2 (cf. chapitre 3.4.3.2).

Au préalable, la qualification et le fonctionnement de l'aménagement hydraulique pour l'évènement historique de 2015 est réalisé.

Rappel sur l'hydrologie chapitre 3.1.2.4 :

*L'analyse hydrologique réalisée, qui bénéficie d'un calage sur une crue observée sur la Grande Frayère et qui prend en compte les dernières statistiques de pluies, permet de définir une **de manière satisfaisante les débits des crues rare à extrême (Q100 à Q10 000)**.*

*Pour les crues plus faibles, au regard : de l'absence de donnée sur le bassin versant, de sa nature karstique et de l'absence de retour d'expérience sur ce type de crue, il n'y a aucune méthode qui permet de définir avec satisfaction l'hydrologie des crues courantes à moyennes sur la Grande Frayère.*

Ainsi les évènements simulés étant dans cette dernière gamme de crues, ils seront caractérisés par leurs débits de pointe et leurs volumes mais ne pourront être rattachés à une occurrence de crue. Les hydrogrammes SCS unitaire définis dans l'hydrologie sont utilisés et recalés en pointe par homothétie.



### 3.4.2.1 Evènement historique et caractérisation des périodes de retour des évènements simulés

- Fonctionnement crue d'octobre 2015 :  $Q_p = 116 \text{ m}^3/\text{s}$  – Volume de  $872\,000 \text{ m}^3$

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Elévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
Oct. 2015	116.0	115.8	21.42	0%	OUI	0.82	1.38

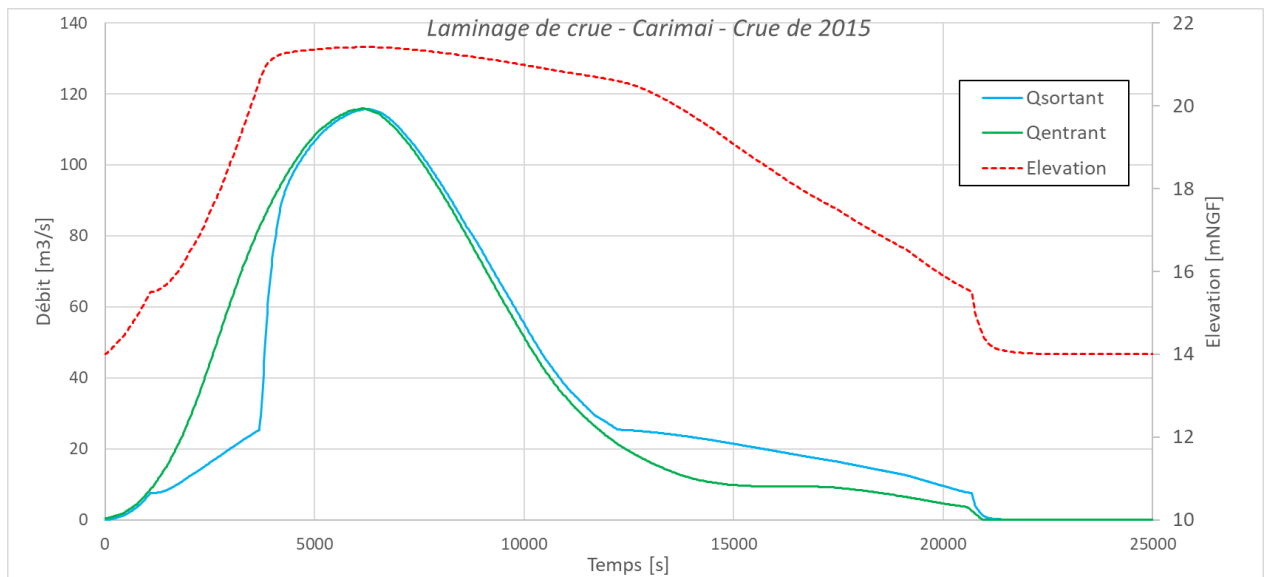


Figure 3-40 : Laminage en condition normale pour une crue type octobre 2015 –  $Q_p = 116 \text{ m}^3/\text{s}$



### 3.4.2.2 Fonctionnement pour une crue centennale – $Q_p=115 \text{ m}^3/\text{s}$ **Scénario 2)**

Le fonctionnement pour une crue Q100, présentant un débit de pointe de  $115 \text{ m}^3/\text{s}$  et un volume de l'ordre de  $940\,000 \text{ m}^3$  est présenté ci-dessous.

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
100 ans	115.0	114.9	21.41	0%	OUI	0.81	1.39

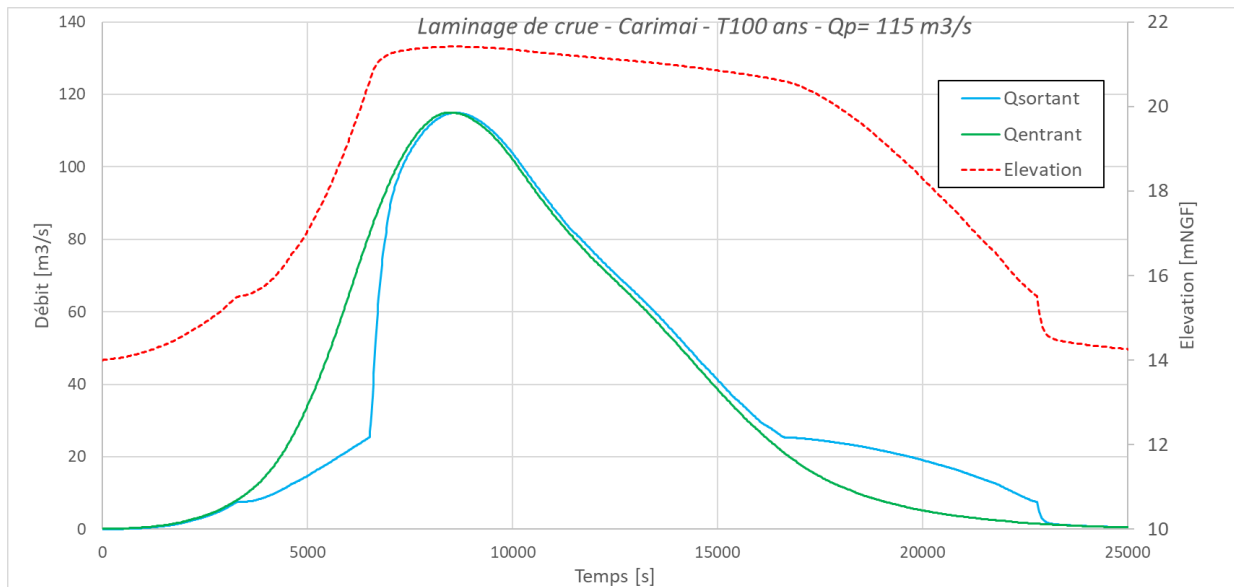


Figure 3-41 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q100 –  $Q_p = 115 \text{ m}^3/\text{s}$



### 3.4.2.3 Fonctionnement pour une crue millénale – $Q_p = 207 \text{ m}^3/\text{s}$

Le fonctionnement pour une crue  $Q1\ 000$ , présentant un débit de pointe de  $207 \text{ m}^3/\text{s}$  et un volume de l'ordre de  $1\ 691\ 000 \text{ m}^3$  est présenté ci-dessous.

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
1 000 ans	207.0	206.8	22,11	0%	OUI	1.38	0.82

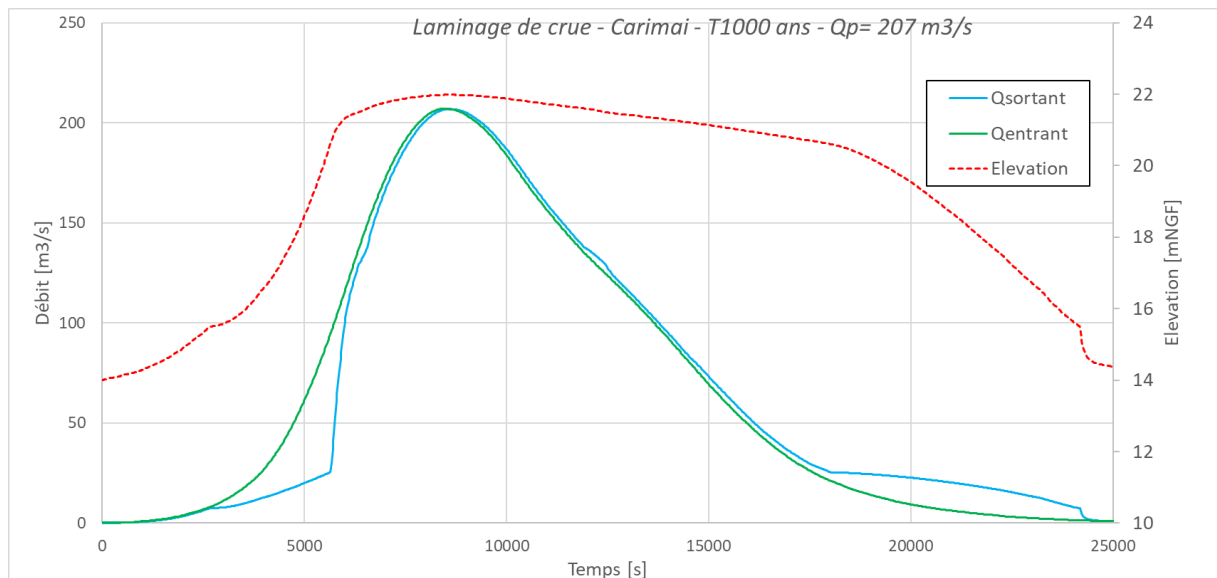


Figure 3-42 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type  $Q1\ 000 - Q_p = 207 \text{ m}^3/\text{s}$

### 3.4.2.4 Fonctionnement pour une crue décennale – $Q_p = 268 \text{ m}^3/\text{s}$

Le fonctionnement pour une crue Q10 000, présentant un débit de pointe de  $268 \text{ m}^3/\text{s}$  et un volume de l'ordre de  $2\,190\,000 \text{ m}^3$  est présenté ci-dessous.

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
10 000 ans	268.0	266.6	22,76	1%	OUI	1.94	0.26

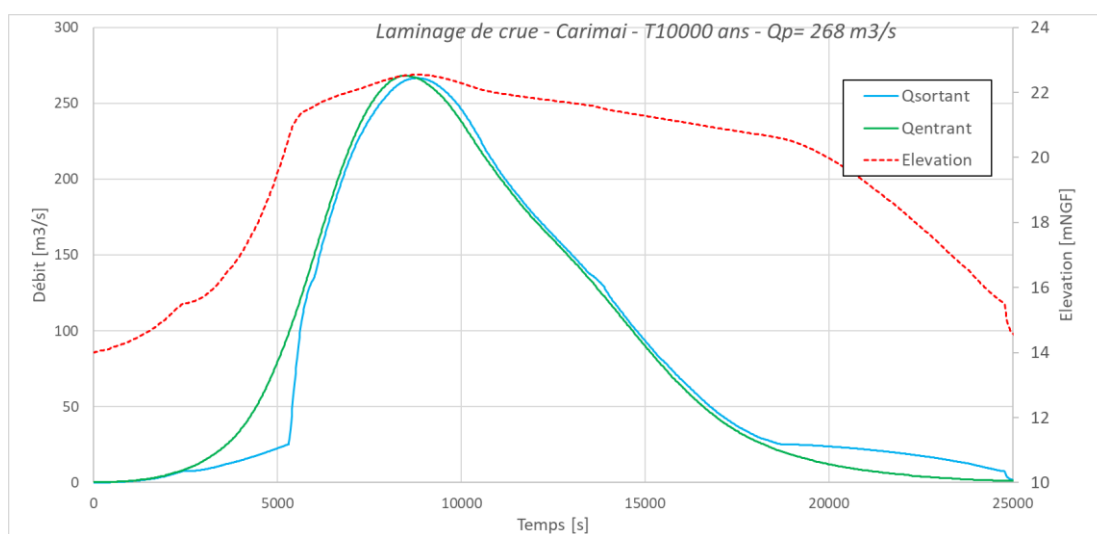


Figure 3-43 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q10 000 –  $Q_p = 268 \text{ m}^3/\text{s}$

### 3.4.2.5 Evènement conduisant à l'aléa pour lequel l'aménagement hydraulique est significatif pour la définition du scénario 1

Le calcul de laminage basé sur les caractéristiques de l'aménagement déterminé précédemment permet de définir l'évènement pour lequel l'écrêtement du débit de pointe est maximum.

**Cet évènement est caractérisé par un débit de pointe entrant à  $38.5 \text{ m}^3/\text{s}$  et un volume de crue de  $287\,000 \text{ m}^3$  (selon hydrogramme SCS).**

Le tableau suivant présente alors le laminage le plus significatif de l'aménagement hydraulique.

Tableau 23 : Laminage conduisant à l'aléa pour lequel l'aménagement hydraulique est le plus significatif en débit de pointe écrêté

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m
$Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$	38.5	25.3	20.57	34%	NON	NC

### 3.4.3 Exploitation des résultats de simulation

Les scénarios analysés sont les suivants :

- **Le scénario 1** : Prend en compte un aléa pour lequel l'effet de l'aménagement hydraulique est significatif en conditions normales et examine les conséquences de l'indisponibilité totale de l'aménagement hydraulique, du fait d'un dysfonctionnement, soit deux situations spécifiques de fonctionnement.
- **Le scénario 2** : Evénement dépassant très significativement les capacités de l'aménagement hydraulique, soit une situation de fonctionnement. Il est proposé de retenir pour ce scénario les crues dimensionnantes vis-à-vis de la sécurisation d'un barrage de classe C, à savoir la crue exceptionnelle de période de retour 1 000 ans et la crue extrême de période de retour 10 000 ans.

Selon l'article 17 de l'arrêté du 07 avril 2017, modifié par l'arrêté du 30 septembre 2019, le niveau de protection est caractérisé par la transformation, en termes de débit, que connaît l'écoulement du cours d'eau considéré du fait de l'aménagement à l'occasion d'une crue.

#### 3.4.3.1 Scénario 1 : Simulation d'évènements de fonctionnement nominal en conditions normales et avec dysfonctionnement

Afin de caractériser le fonctionnement nominal de l'aménagement hydraulique de Carimaï et d'étudier sa capacité d'écrêtement, les différents hydrogrammes présentés précédemment ont été simulés.

##### 3.4.3.1.1 Scénario 1 : Simulation d'évènement de fonctionnement nominal en conditions normales

L'écrêtement est maximum pour un hydrogramme en entrée de débit de pointe de l'ordre de 38.5 m<sup>3</sup>/s et de volume de l'ordre de 287 000 m<sup>3</sup> (selon hydrogramme SCS).

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Elévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir
-	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	mNGF	-	-	m
Qp= 38.5 m <sup>3</sup> /s	38.5	25.3	20.57	34%	NON	NC

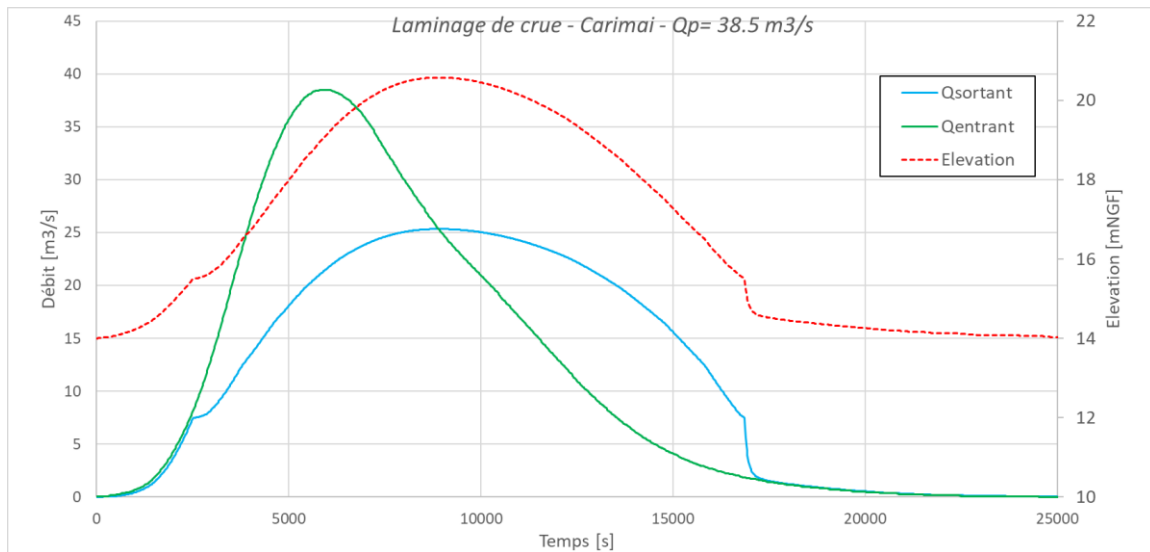


Figure 3-44 : Scénario 1 : Laminage de fonctionnement nominal en condition normale pour une crue type  $Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$

Le débit maximal en aval est de  $25.3 \text{ m}^3/\text{s}$  et l'écrêtement du débit de pointe est de 34%.

### 3.4.3.1.2 Scénario 1 : Simulation des événements de fonctionnement nominal avec dysfonctionnement

S'agissant d'un ouvrage passif, le dysfonctionnement sera caractérisé par une indisponibilité totale de la retenue, soit avec un bassin initialement rempli à la cote du déversoir (20.60 mNGF) et/ou un pertuis totalement obstrué.

En plus de l'événement nominal (crue de l'ordre de  $Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) les événements suivants sont simulés car ils entourent l'événement de fonctionnement nominal :

- Crue de débit de pointe  $Q_p = 30 \text{ m}^3/\text{s}$  ;
- Crue de débit de pointe :  $Q_p = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Fonctionnement :  $Q_p = 30 \text{ m}^3/\text{s}$  – Volume de 224 000  $\text{m}^3$**

En fonctionnement nominal :

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Elévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
$Q_p = 30 \text{ m}^3/\text{s}$	30.0	21.6	19.14	28%	NON	NC	3.66

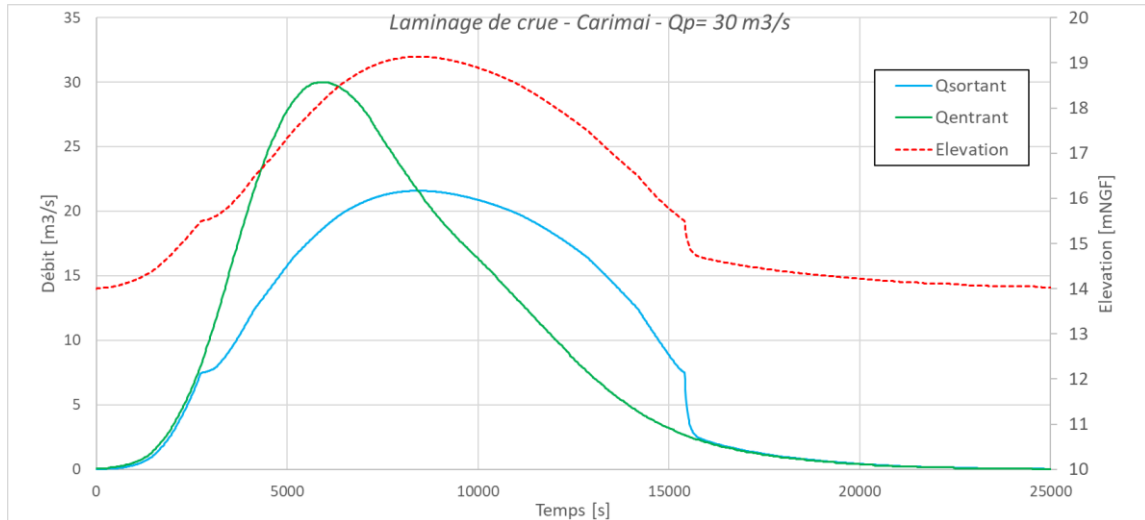


Figure 3-45 : Laminage en condition normale pour une crue type  $Q_p = 30 \text{ m}^3/\text{s}$

Avec dysfonctionnement, c'est-à-dire avec un pertuis de fond obstrué et une cote de remplissage à la cote du déversoir au début de la crue (20.60 mNGF) :

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Elévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
$Q_p = 30 \text{ m}^3/\text{s}$	30.0	29.9	21.00	0%	OUI	0.40	1.80

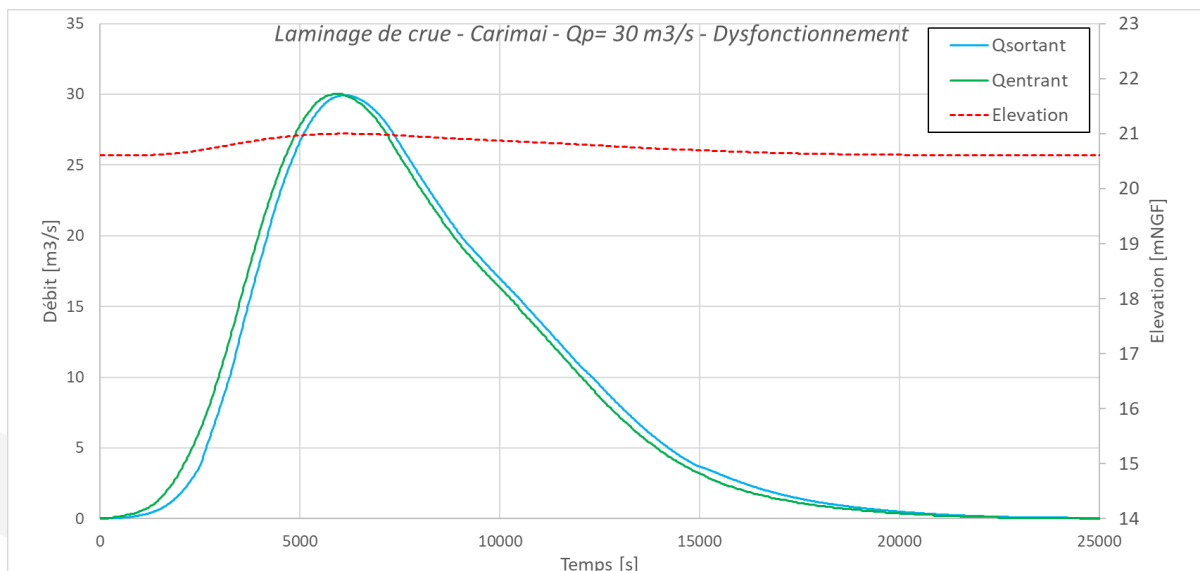


Figure 3-46 : Laminage avec dysfonctionnement pour une crue type  $Q_p = 30 \text{ m}^3/\text{s}$

Fonctionnement :  $Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$  – Volume de 287 000  $\text{m}^3$

En fonctionnement nominal :

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Elévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
$Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$	38.5	25.3	20.57	34%	NON	NC	2.23

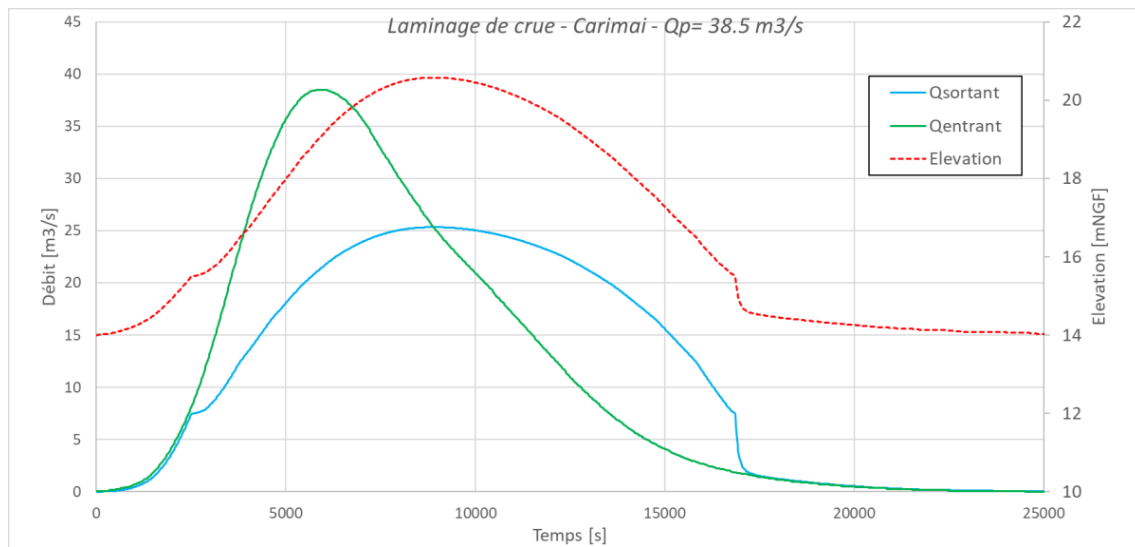


Figure 3-47 : Laminage de fonctionnement nominal en condition normale pour une crue type  $Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$

Avec dysfonctionnement, c'est-à-dire avec un pertuis de fond obstrué et une cote de remplissage à la cote de déversoir au début de la crue (20.60 mNGF) :

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Elévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
$Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$	38.5	38.4	21.07	0%	OUI	0.47	1.73

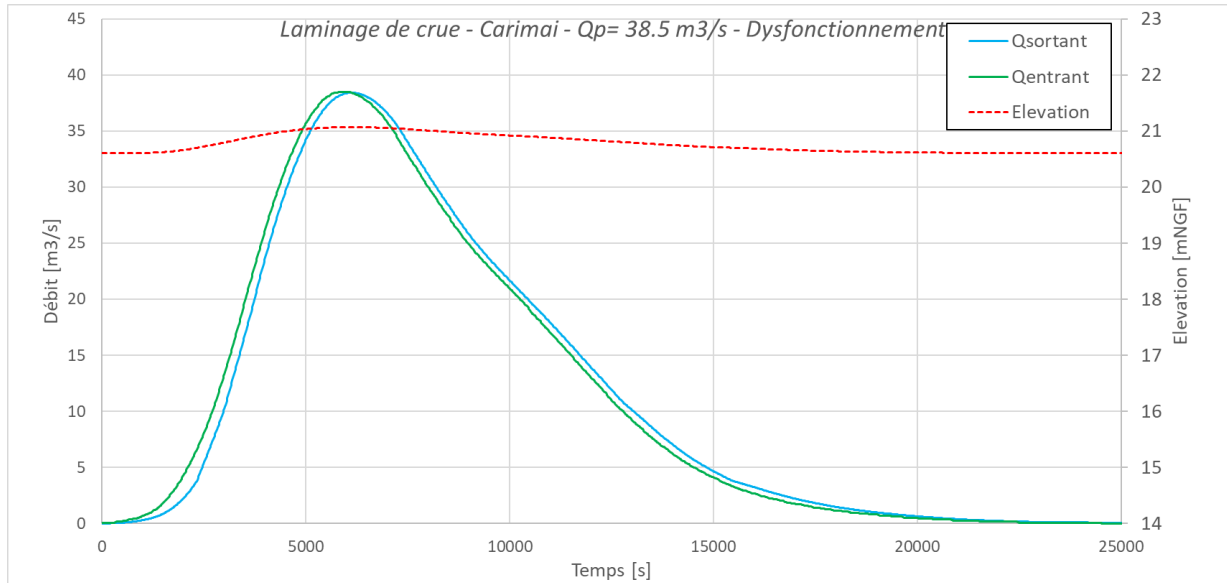


Figure 3-48 : Laminage de fonctionnel nominal avec dysfonctionnement pour une crue type  $Q_p = 38.5 \text{ m}^3/\text{s}$

**Fonctionnement crue  $Q_p = 45 \text{ m}^3/\text{s}$  – Volume de  $436\,000 \text{ m}^3$**

En fonctionnement nominal :

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
$Q_p = 45 \text{ m}^3/\text{s}$	45.0	39.4	20.83	12%	OUI	0.23	1.97

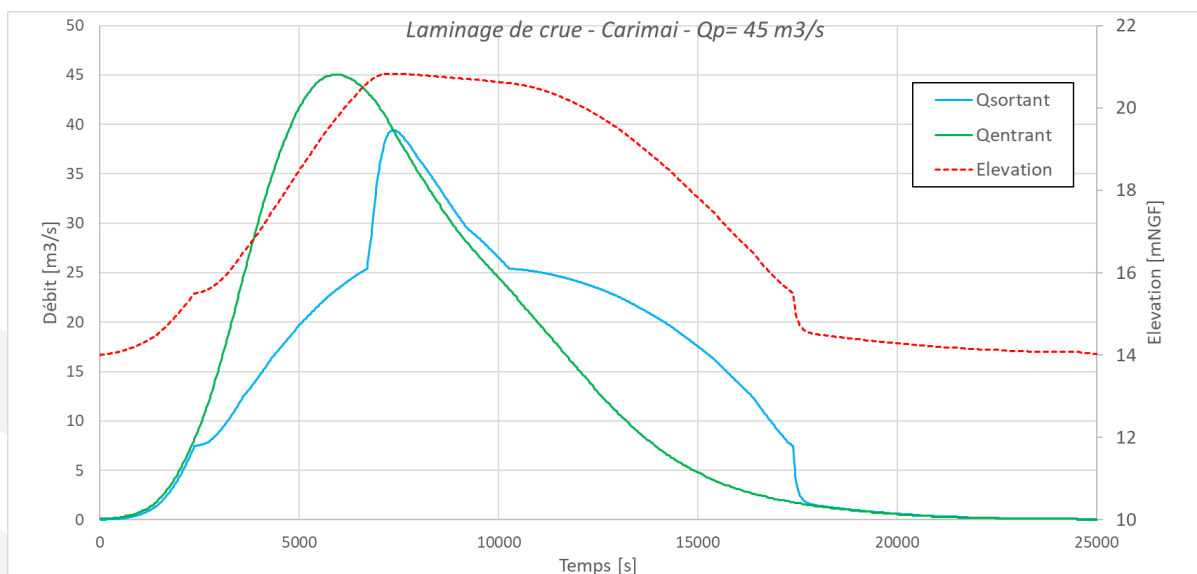


Figure 3-49 : Laminage en condition normale pour une crue type  $Q_p = 45 \text{ m}^3/\text{s}$

Avec dysfonctionnement, c'est-à-dire avec un pertuis de fond obstrué et une cote de remplissage à la cote du déversoir au début de la crue (20.60 mNGF) :

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	mNGF	-	-	m	m
Qp= 45 m <sup>3</sup> /s	45.0	44.9	21.12	0%	OUI	0.52	1.68

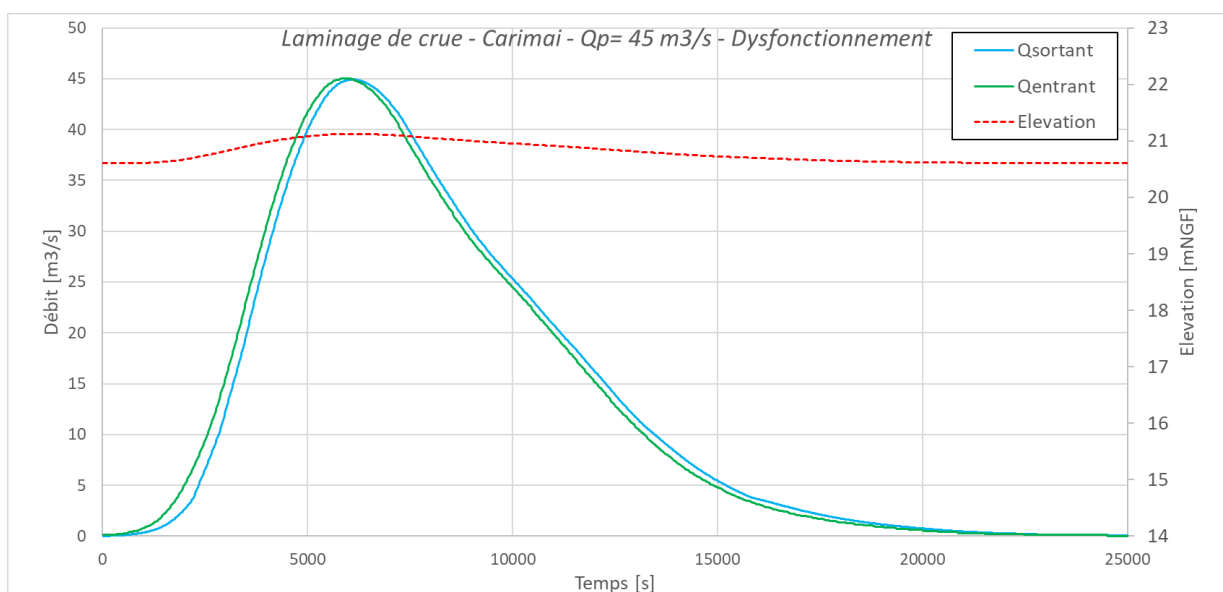


Figure 3-50 : Laminage avec dysfonctionnement pour une crue type Qp= 45 m<sup>3</sup>/s

### En synthèse :

Pour l'aménagement hydraulique de Carimaï, les résultats ci-dessus montrent :

- Lorsque le barrage est initialement plein, le barrage n'écrête pas les débits de pointe.
- Le niveau de la crête n'est jamais atteint pour les événements ci-dessus. La revanche minimale pour ces événements est de 1.68 m (Qp = 45m<sup>3</sup>/s). En effet le dispositif d'évacuation des crues est dimensionné pour des crues significativement plus importante que ses objectifs d'écrêtement.
- En fonctionnement nominal, l'aménagement hydraulique de Carimaï peut avoir un effet de réduction des débits de pointe notable, même lorsque le déversoir de sécurité est sollicité par la crue (Qp=45 m<sup>3</sup>/s).

Selon l'article 17 de l'arrêté du 07 avril 2017, modifié par l'arrêté du 30 septembre 2019, le niveau de protection est caractérisé par la transformation, en termes de débit, que connaît l'écoulement du cours d'eau considéré du fait de l'aménagement à l'occasion d'une crue.

Ainsi, on pourra considérer que l'ouvrage a un effet significatif pour des crues de la Grande Frayère en amont de l'ouvrage ayant un débit de pointe dans l'intervalle de 20 m<sup>3</sup>/s à 45 m<sup>3</sup>/s, et que cet intervalle **constitue le niveau de protection de l'aménagement**.

Comme démontré dans le chapitre 3.1.2.4, au regard de l'absence de donnée de mesure sur le bassin versant, de sa nature karstique et de l'absence de retour d'expérience sur ce type de crue, il n'y a aucune méthode qui permet de définir avec satisfaction les périodes de retour associés à ces débits de pointes sur la Grande Frayère.

Cependant, sur base de l'hydrologie révisée dans le cadre de la définition des cures rare et extrême, on peut associer les périodes de retour suivantes sur base d'une loi de Gumbel :

Crue	Débit max entrant	Occurrence de crue associée sur base de l'hydrologie révisée au chapitre 3.1.2.4
-	m <sup>3</sup> /s	ans
Qp amont = 45 m <sup>3</sup> /s	45.0	5.6
Qp amont = 38.5 m <sup>3</sup> /s	38.5	4.4
Qp amont = 30 m <sup>3</sup> /s	20.0	2.3

### 3.4.3.2 Scénario 2 : Simulation pour un aléa significativement plus important que celui pour lequel l'aménagement est conçu pour le laminage

Le scénario 2 suppose que l'aménagement hydraulique n'est plus efficace en raison de la saturation de sa capacité de stockage sous l'effet d'un aléa significativement plus important que ceux pour lesquels il a été conçu (du point de vue du laminage).

Ainsi, il est proposé de simuler les crues dimensionnantes vis-à-vis de la sécurisation d'un barrage de classe C, à savoir la crue exceptionnelle de période de retour 1 000 ans et la crue extrême de période de retour 10 000 ans.

Au final, trois crues sont simulées :

- La crue centennale : Q100 avec un débit de pointe de 115 m<sup>3</sup>/s et un volume de crue de 940 000 m<sup>3</sup>
- La crue millénaire : Q1 000 avec un débit de pointe de 207 m<sup>3</sup>/s et un volume de crue de 1 691 000 m<sup>3</sup>
- La crue décennale : Q10 000 avec un débit de pointe de 268 m<sup>3</sup>/s et un volume de crue de 2 190 000 m<sup>3</sup>

### 3.4.3.2.1 Scénario 2 : Fonctionnement pour une crue type Q100 – $Q_p = 115 \text{ m}^3/\text{s}$

Le fonctionnement pour une crue Q100, présentant un débit de pointe de  $115 \text{ m}^3/\text{s}$  et un volume de l'ordre de  $940\,000 \text{ m}^3$  est présenté ci-dessous.

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
100 ans	115.0	114.9	21.41	0%	OUI	0.81	1.39

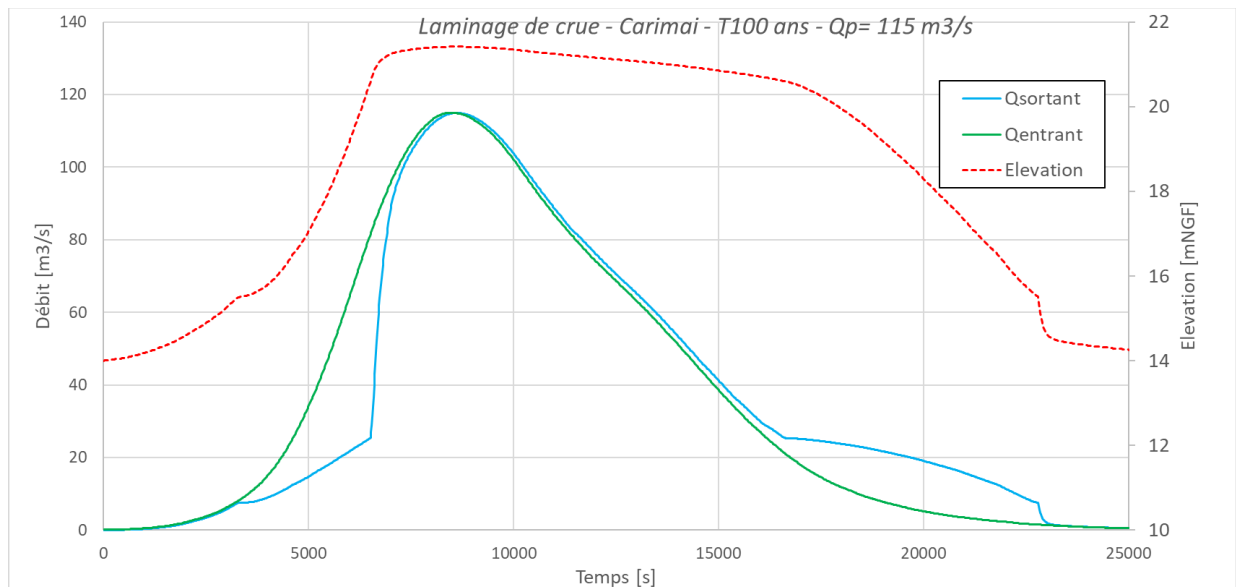


Figure 3-51 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q100 –  $Q_p = 115 \text{ m}^3/\text{s}$

### 3.4.3.2.2 Scénario 2 : Fonctionnement pour une crue type Q1 000 – $Q_p = 207 \text{ m}^3/\text{s}$

Le fonctionnement pour une crue Q1 000, présentant un débit de pointe de  $207 \text{ m}^3/\text{s}$  et un volume de l'ordre de  $1\,691\,000 \text{ m}^3$  est présenté ci-dessous.

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	$\text{m}^3/\text{s}$	$\text{m}^3/\text{s}$	mNGF	-	-	m	m
1 000 ans	207.0	206.8	22,11	0%	OUI	1.38	0.82

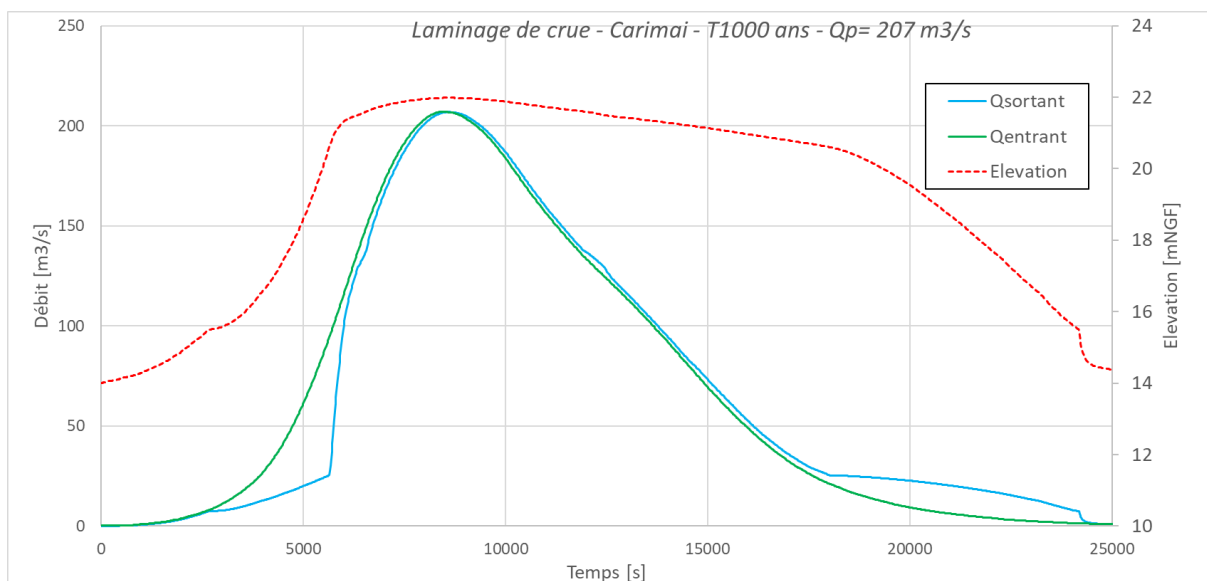


Figure 3-52 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q1 000 –  $Q_p = 207 \text{ m}^3/\text{s}$

### 3.4.3.2.3 Scénario 2 : Fonctionnement pour une crue type Q10 000 – $Q_p = 268 \text{ m}^3/\text{s}$

Le fonctionnement pour une crue Q10 000, présentant un débit de pointe de  $268 \text{ m}^3/\text{s}$  et un volume de l'ordre de  $2\,190\,000 \text{ m}^3$  est présenté ci-dessous.

Crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Élévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	mNGF	-	-	m	m
10 000 ans	268.0	266.6	22.76	0 %	OUI	1.94	0.26

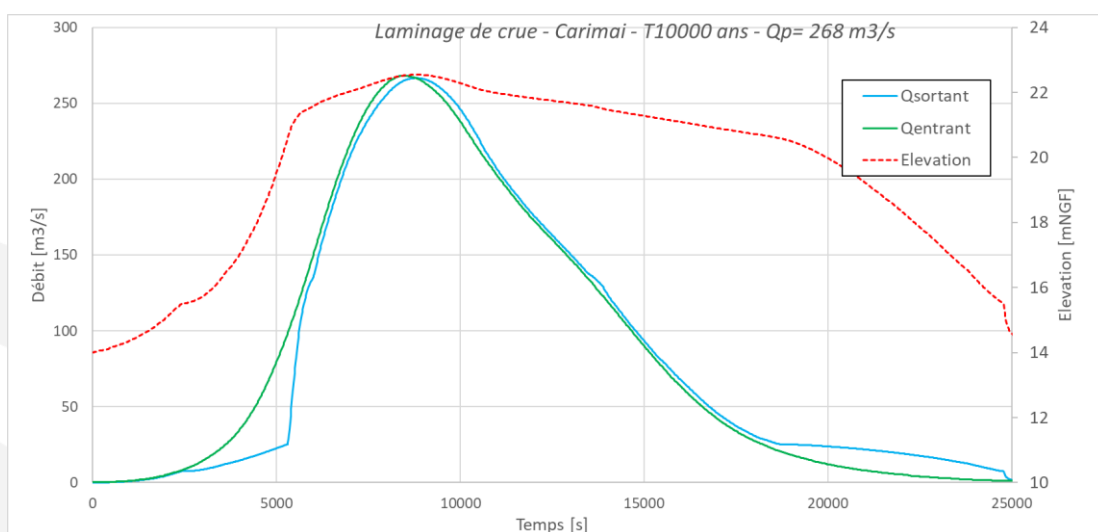


Figure 3-53 : Scénario 2 : Laminage en condition normale pour une crue type Q10 000 –  $Q_p = 268 \text{ m}^3/\text{s}$

### 3.4.3.3 Synthèse sur l'efficacité de l'aménagement hydraulique

Le tableau suivant synthétise les résultats du calcul de laminage de l'aménagement hydraulique de Carimaï pour un fonctionnement nominal et pour les différents événements simulés :

**Tableau 24 : Synthèse du laminage de crue de l'aménagements hydraulique de Carimaï des différents évènements simulés en fonctionnement nominal**

Crue	Volume de l'hydrogramme de crue	Débit max entrant	Débit max sortant	Elévation maximale dans la retenue	Ecrêtement du débit de pointe	Sollicitation du déversoir	Charge sur déversoir	Revanche/crête
-	1000 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	mNGF	-	-	m	m
Qp= 30 m <sup>3</sup> /s	224	30.0	21.6	19.14	28%	NON	NC	3.66
Qp= 38.5 m <sup>3</sup> /s	287	38.5	25.3	20.57	34%	NON	NC	2.23
Qp= 45 m <sup>3</sup> /s	436	45.0	39.4	20.83	12%	OUI	0.23	1.97
100 ans - Qp= 115 m <sup>3</sup> /s	940	115.0	114.9	21.41	0%	OUI	0.81	1.39
1 000 ans - Qp= 207 m <sup>3</sup> /s	1 691	207.0	206.8	22,11	0%	OUI	1.38	0.82
10 000 ans - Qp= 268 m <sup>3</sup> /s	2 190	268.0	266.6	22.76	1%	OUI	1.94	0.26