



COMMUNE DE PERTUIS (84)

**DIGUE DE PROTECTION CONTRE LES CRUES
DE LA DURANCE**

GRADINS STADE DE FOOT

ÉTUDE DE DIAGNOSTIQUE G5

A LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DU SMAVD

INGÉNIEURS-CONSEILS EN GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOTECHNIQUE

181, rue des bécasses - CIDEX 112F
38920 CROLLES - FRANCE

Tél. +33 (0)4 76 92 22 22
Fax. +33 (0)4 76 92 22 23

contact@geolithe.com
www.geolithe.com





LIEU :	DIGUES DE PERTUIS
COMMUNE :	PERTUIS (84)
OBJET :	DIGUES DE PROTECTION CONTRE LES CRUES DE LA DURANCE – GRADINS STADE DE FOOT
TYPE DE MISSION	Diagnostic géotechnique G5
CLIENT :	SMAVD
DOSSIER SUIVI PAR :	F. BERAİL

CHARGE D'AFFAIRE :	F. FONTAINE
CHEF DE PROJET :	C. MONCHAL
INTERVENANTS	A. FURET
NOMBRE DE PAGES	16 + ANNEXES

Dossier	22-0909_I_1_o	
Indice	Modifications	Date
o	Document initial	21/11/2022

Rédacteur : A. FURET
Visa :

Contrôle : C. MONCHAL
Visa :

SOMMAIRE

1	PRESENTATION.....	4
1.1	Introduction.....	4
1.2	Localisation de la zone d'étude :	4
1.3	Présentation du projet	4
1.4	Objectifs de l'étude G5	5
1.5	Documents de référence	6
2	HYPOTHESES GENERALES DE CALCUL.....	7
2.1	Données de calcul	7
2.1.1	Données des études antérieures	7
2.1.2	Caractéristiques géotechniques	7
2.1.3	Profil de calcul	8
2.1.4	Surcharge	8
2.1.5	Sismicité	8
2.2	Méthode de calcul	9
2.2.1	Modélisation des écoulements internes aux ouvrages.....	9
2.2.2	Calculs de stabilité.....	10
2.2.3	Vérification des digues et des sols d'assise sous rupture hydraulique.....	10
3	RESULTATS DES CALCULS	12
3.1	Modèle de calcul.....	12
3.2	Résultats des modélisations hydrauliques	12
3.3	Vérification des ruptures d'origine hydraulique	13
3.3.1	Suffusion.....	13
3.3.2	Phénomène de boulangue	14
3.3.3	Érosion de contact.....	15
3.3.4	Soulèvement du sol en pied de digue	15
3.4	Vérification de la stabilité globale des talus	15
4	AVIS SUR LA STABILITE DE LA DIGUE ET L'INFLUENCE DES TRAVAUX.....	16
4.1	Synthèse des résultats	16
4.2	Avis sur l'influence des travaux projetés sur la stabilité de la digue	16

ANNEXES

Annexe n°1 : Extrait de la classification des missions géotechniques selon NF P 94-500

Annexe n°2 : Résultats des modélisations numériques avec le logiciel Plaxis

Annexe n°3 : Résultats des calculs de stabilité de talus avec le logiciel Talren

1 PRÉSENTATION

1.1 INTRODUCTION

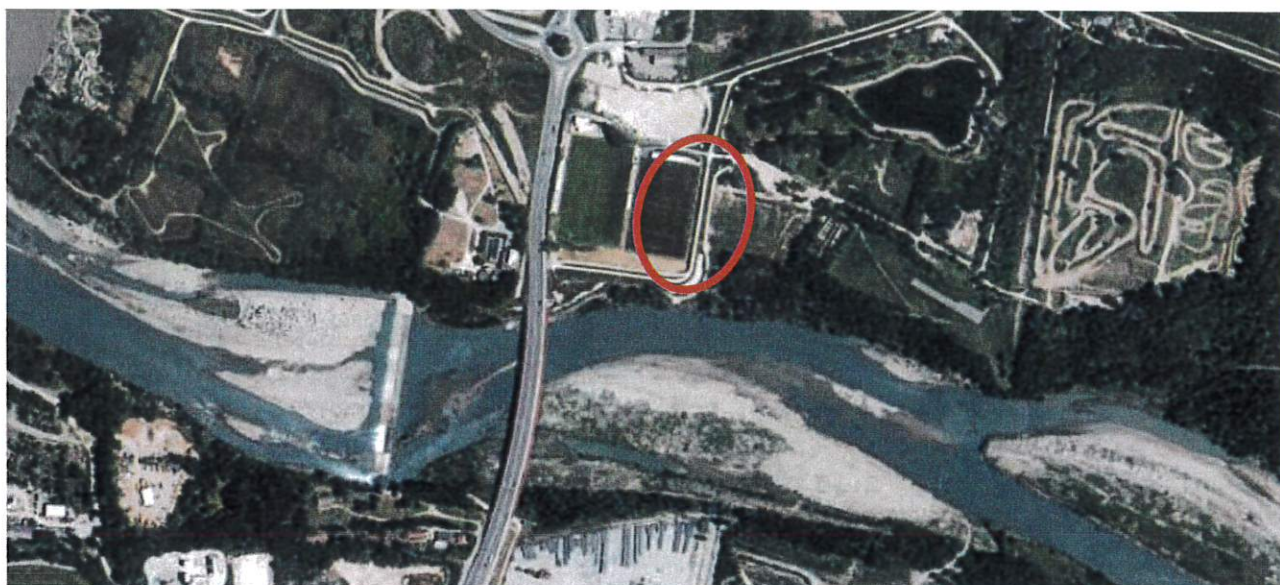
Le présent rapport d'étude a été réalisé par le Bureau d'Ingénieurs - Conseils GEOLITHE à la demande et pour le compte du Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance (SMAVD).

Il s'agit d'une mission de type G5 (Diagnostic Géotechnique) portant sur l'ouvrage existant, au sens de la norme NF P 94-500 (« Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications » - Novembre 2013).

Le rapport concerne le diagnostic géotechnique du système d'endiguement de Pertuis (84) et plus particulièrement l'étude de l'impact de la réalisation de gradins (déblai et ouvrage béton) sur la stabilité hydraulique et la stabilité des talus de la digue du Père Grand Aval.

1.2 LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE :

La zone d'étude se situe sur la commune de Pertuis (84), au niveau d'une digue réalisée auprès d'un stade de foot.



Situation de la zone d'étude (envoi par SMAVD)

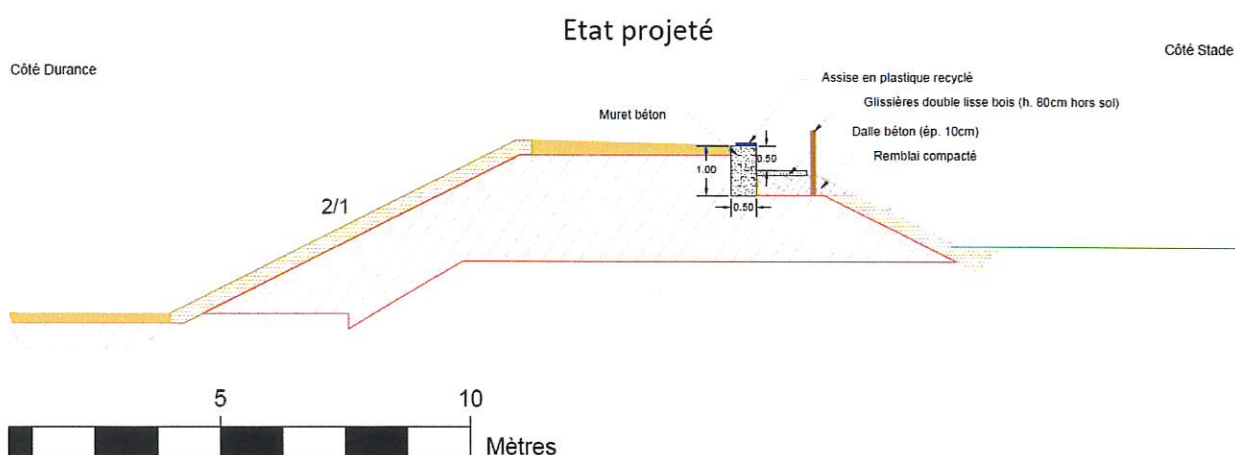
1.3 PRÉSENTATION DU PROJET

Le projet consiste en la réalisation d'une banquettes béton dans la digue au droit du stade de football, comprenant :

- Des terrassements sur la crête de la digue actuelle, coté terre
- La réalisation d'un ouvrage en béton : muret et assise en remblai compacté



Photographie de la digue actuelle au droit du projet



Schématization de la digue actuelle et du projet d'aménagement

1.4 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE G5

L'étude a pour objectifs :

- Préciser le modèle géologique de la zone d'étude et de la digue existante
- Établir les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade G5 :
 - Modèle géométrique géologique
 - Caractéristiques mécaniques et hydrauliques des terrains
- Exposer les méthodes de calcul ;
- Vérifier la stabilité hydro-mécanique de la digue après travaux, avec comparaison avec l'état avant travaux en situation normale d'exploitation, de séisme et de crue exceptionnelle et extrême :
 - Estimer la stabilité interne (calculs hydrauliques) : suffusion, boulangerie, érosion de contact, soulèvement du pied aval
 - Vérifier la stabilité des talus de la digue après travaux
- Établir les conclusions du diagnostic sur la stabilité de la digue après les travaux projetés

1.5 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Les documents disponibles pour notre étude sont :

- Un plan de situation et des photos du site (ainsi qu'une visite le 17/11/2022)
- Coupe de la digue à l'état actuel et à l'état projeté (gradins)
- Étude géotechnique d'exécution G3- Travaux de restructuration des ouvrages de protection contre les crues de la Durance entre Pertuis et Villelaure -Note de calculs, Secteur Père Grand - RP.6837-1-NdC_indF du 23/02/2016
- Plans et profils du projet lors de la réalisation de la digue (2016)

Contexte réglementaire :

- Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais – CFBR, octobre 2015
- Recommandations "risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques - rapport à la demande du MEDDE-DGPR version d'octobre 2014
- Kenney T.C. & Lau D. (1985). - Internal stability of granular filters, Canadian Geotechnical Journal et Kenney T.C. & Lau D. (1986). - Internal stability of granular filters: reply, Canadian Geotechnical Journal
- Skempton A.W., Brogan J.M. - Experiments on piping in sandy gravels. Geotechnique, n° 3, p. 440-460, 1994
- Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques" – rapport MEDDE/DGPR d'octobre 2014
- Guide international sur les digues – The International Levee Handbook (2013) version française, 2019 (ISBN 978-2-37180-403-6)
- 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
- Article D. 563-8-1 du code de l'environnement, 1^{er} 2011, Zonage sismique de la France

2 HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE CALCUL

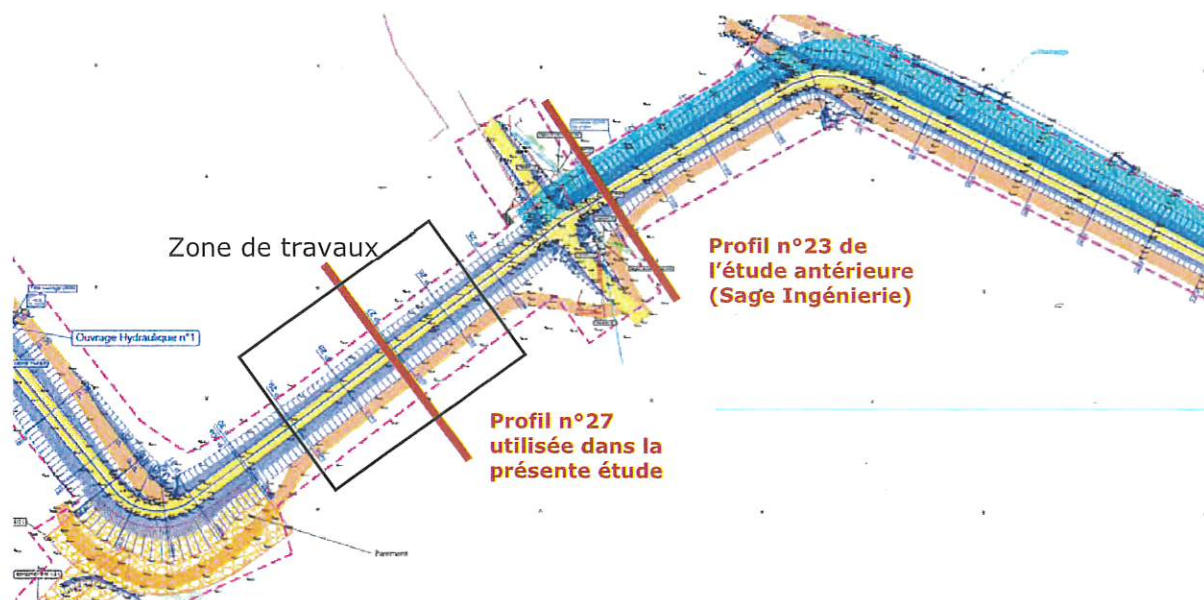
2.1 DONNÉES DE CALCUL

2.1.1 Données des études antérieures

Une étude d'exécution a été réalisée en 2016 avant la réalisation de la digue.

Les données de calcul, présentées dans le paragraphe suivant, sont basées sur les données du profil de calcul n°23 de l'étude antérieure se trouvant sur le secteur du projet étudié ici.

Il est rappelé ici qu'aucun sondage et essai géotechnique complémentaires n'ont été réalisés ou étudiés pour redéfinir les paramètres présentés ci-dessous.



Vue en plan du secteur d'étude : profil de calcul de l'étude antérieure et profil choisi pour la présente étude

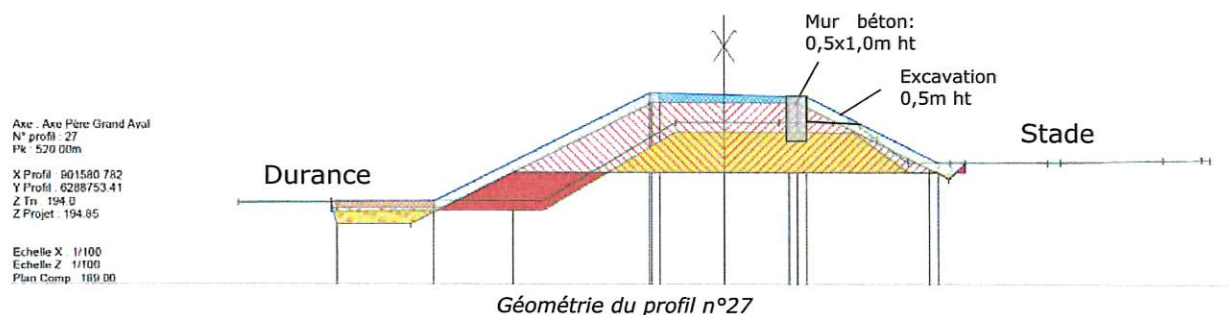
2.1.2 Caractéristiques géotechniques

Sur la base de l'étude d'exécution, il est retenu pour les modélisations les caractéristiques de sol suivantes :

Horizon	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	Perméabilité k (m.s ⁻¹)
Corps de digue en remblai	19	34	4	5.10^{-5}
Limons de surface	19	32	1	5.10^{-5}
Sables et graviers	20	35	0	1.10^{-4}
Béton	22	50	50	1.10^{-7}

2.1.3 Profil de calcul

Le profil n°27 suivant a été utilisé pour les calculs, et projet :



Les notations suivantes sont utilisées :

- Q_{exc} = crue exceptionnelle
- Q_{ext} = crue extrême
- Talus côté rivière = talus côté Durance
- Talus côté terre = talus côté Plaine
- NNE = niveau normal des eaux
- TN = niveau « terrain naturel » pied de digue

Les cotes de référence (données SMAVD et données de l'étude d'exécution) sont données ci-après :

Profil n°	H _{max} digue (m)	Z pied digue eau (m NGF)	Z pied digue terre (m NGF)	Z crête de digue (m NGF)	Z nappe NNE (m NGF)	Z Q_{exc} (m NGF)	Z Q_{ext} (m NGF)
27	3,3	191,55	192,75	194,85	187,00	194,24	194,54

2.1.4 Surcharge

Une surcharge de 10 kPa, correspondant à une circulation d'engins pour l'entretien et la réparation des digues est prise en compte sur la crête de digue en situation normale uniquement.

2.1.5 Sismicité

Le calcul de stabilité de talus en situation sismique est réalisé par la méthode pseudo-statique sous Talren. D'après le zonage sismique de la France, la zone d'étude est située en zone de sismicité 4 (moyenne).

En l'absence de mesure du paramètre $V_{s,30}$, il est considéré un sol de **classe B** conformément à l'Eurocode 8 : *Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécanique avec la profondeur.*

Il est considéré un ouvrage de **classe B** (population protégée comprise entre 3 000 et 30 000 personnes). **La classe d'ouvrage est à valider par le MOE.**

Les paramètres pris en compte pour les vérifications aux séismes sont résumés ci-dessous :

Paramètre	Référence	Valeur
Zone de sismicité	Code de l'environnement art. D 563-8-1	4
Classe d'ouvrage	Code de l'environnement article R 214-113	B
Accélération horizontale de calcul : a_{gh} (m/s²)	Tableau 7.5.2.1 des recommandations du MEDDL-DGPR	1,2
Classe de sol	Tableau 3.1 Eurocode 8 : NF EN 1998-1	B
Coefficient S	Tableau 3.2 Eurocode 8 : NF EN 1998-1	1,35
Coefficient k_h (Talren5) : $k_h = 2/3 a_{gh}/g \cdot S$	§6.2 des recommandations du MEDDL-DGPR	0,110

NB : La prise en compte d'une accélération verticale est en général un raffinement qui ne modifie pas le diagnostic (Sarma, 1975 et Matsumoto, 2010).

2.2 MÉTHODE DE CALCUL

Les situations de calcul sont les suivantes :

1 : Talus côté terre

1.1 : Niveau NNE sans gradient hydraulique

- 1.1.1 : Situation normale d'exploitation
- 1.1.2 : Situation accidentelle de séisme

1.2 : Situation de crue exceptionnelle

- 1.2.1 : Écoulement permanent avec $h_{\text{amont}} = Q_{\text{exc}}$; prise en compte du régime permanent* pour les calculs de stabilité

1.3 : Situation de crue extrême

- 1.3.1 : Écoulement permanent avec $h_{\text{amont}} = Q_{\text{ext}}$; prise en compte du régime permanent* pour les calculs de stabilité

Les situations de décrues sur le talus côté terre ne sont pas calculées car elles ne sont pas défavorables.

2 : Talus côté rivière (côté Durance - pas de calcul hydraulique interne)

2.1 : Niveau NNE sans gradient hydraulique

- 2.1.1 : Situation normale d'exploitation
- 2.1.2 : Situation accidentelle de séisme

2.2 : Situation de décrue exceptionnelle

- 2.2.1 : Régime transitoire** avec h_{amont} variable de Q_{exc} au TN

2.3 : Situation de décrue extrême

- 2.3.1 : Régime transitoire** avec h_{amont} variable de Q_{ext} au TN

Les situations de crue sur le talus côté rivière ne sont pas calculées car elles ne sont pas défavorables.

* dans les calculs de stabilité de talus, le régime permanent de crue est défini par une ligne de saturation droite, joignant le niveau d'eau de la Durance et le niveau NNE de la nappe à une distance de l'ordre de 50m du pied de digue. Dans les calculs de stabilité « hydraulique », la ligne de saturation considérée est issue du calcul d'écoulement interne selon ce régime permanent.

** Dans les calculs de stabilité hydraulique, le régime transitoire de décrue est défini par le retour du niveau d'eau au niveau du TN sur 24h sur toutes les zones de digue immergées.

Profil n°	Crue	Delta Décrue au TN (m)	Durée décrue (s)
27	Q_{exc}	2,69	86 400 = 24h
	Q_{ext}	2,99	43 200

2.2.1 Modélisation des écoulements internes aux ouvrages

2.2.1.1 Méthode de calculs

Les écoulements au sein des ouvrages lors des écoulements transitoires et permanents au cours de la crue de référence et de la décrue associée sont modélisés au moyen du logiciel de calcul aux éléments finis PLAXIS.

2.2.1.2 Conditions aux limites hydrauliques

Les conditions aux limites sont définies en hauteurs d'eau. La hauteur d'eau côté Durance est définie soit :

- Par le niveau de crue du côté rivière (Durance),
- Par la saturation au niveau NNE sur du côté terre du modèle.

La hauteur d'eau côté terre est définie par la saturation au niveau NNE+1.6 m à une distance de l'ordre de 50m du pied de digue en phase de crue.

2.2.2 Calculs de stabilité

Les calculs de stabilité générale sont réalisés sous le logiciel de calcul TALREN par la méthode de Bishop. Les cercles de peau ne sont pas pris en compte.

Les calculs sont réalisés aux ELU en prenant en compte des coefficients partiels sur les actions et résistances. Conformément aux recommandations du CFBR pour la vérification de la stabilité des barrages et des digues en remblai, les coefficients partiels associés à ces situations de calculs sont les suivants :

Situation	Coef. partiel γ_m sur ϕ' et c'	Coef. partiel γ_m sur le poids volumique	Coef. partiel γ_q sur la surcharge	Coef. partiel γ_d de modèle
Normale d'exploitation	1,25	1	1,3	1,2
Rare	1,2	1	1	1,2
Exceptionnelle (Q_{ex})	1,1	1	1	1,2
Extrême (Q_{ext}) et de séisme	1	1	-	1,1

La stabilité est assurée pour un coefficient de sécurité $F_{min} \geq 1,0$.

À noter que les sorties graphiques présentent des artéfacts avec des lignes d'eau non linéaires. Toutefois, les valeurs des pressions interstitielles prises en compte dans les calculs sont issues d'un maillage fin. La représentation graphique de la ligne d'eau n'est pas représentative des pressions interstitielles prises en compte dans les calculs et n'a pas d'influence sur les résultats des calculs.

2.2.3 Vérification des digues et des sols d'assise sous rupture hydraulique

La vérification de ces états limites est réalisée directement à partir des résultats extraits de Plaxis.

2.2.3.1 Susceptibilité à la suffusion

L'étude de susceptibilité à la suffusion consiste à vérifier si les particules fines du sol peuvent passer ou non entre les particules les plus grossières. La susceptibilité à la suffusion s'intéresse à la granulométrie du sol considéré et aux écoulements hydrauliques. Le projet n'ayant pas d'impact sur les sols en place, les sols sont jugés potentiellement sujets à la suffusion comme présentés dans l'étude G3 antérieure.

De même que dans l'étude G3 antérieure, les gradients critiques proposés par retenus sont retenus par Skempton et Brogan, à savoir $icr=0,35$ pour les sols instables selon Kenley et Lau. La modélisation hydraulique permettra d'estimer les gradients à partir des écoulements internes et par comparaison de statuer quant à l'aléa de suffusion.

2.2.3.2 Critère lié à l'aléa de boulangerie

Pour les sols pulvérulents soumis à des écoulements ascendants, la rupture est observée pour un gradient hydraulique égal au gradient critique appelé gradient de Terzaghi ou boulangerie :

$$i_{critique, Terzaghi} = (1 - n) * \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)$$

Avec :

- n : la porosité ;
- γ_s : poids volumique des grains (kN/m^3) ;
- γ_w : poids volumique de l'eau (kN/m^3).

La modélisation hydraulique permettra d'estimer les gradients à partir des écoulements internes et par comparaison de statuer quant à l'aléa de boulangerie.

2.2.3.3 Critères liés à l'aléa à l'érosion de contact

L'érosion de contact correspond au détachement de particules fines à l'interface entre deux matériaux distincts de granulométrie différente, sous l'effet d'un courant. Par conséquent, le phénomène d'érosion de contact se produit si deux critères sont remplis :

- Granulométrique : le diamètre des grains du matériau le plus fin est inférieur à l'espace entre les grains du matériau le plus grossier ;
- Hydraulique : la vitesse d'écoulement est suffisante pour détacher les particules fines et les emporter

D'après le **critère granulométrique** Terzaghi, l'aléa d'érosion de contact peut être écarté si :

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} < 4 \text{ à } 5$$

Avec :

D_{15} : diamètre des grains du sol grossier pour 15% de passant (mm) ;

d_{85} : diamètre des grains du sol fin pour 85% de passant (mm).

Le **critère hydraulique** peut s'exprimer avec la vitesse de Darcy ou par des valeurs empiriques sont souvent utilisées. Malgré les différences existantes entre auteurs sur les protocoles expérimentaux et sur la méthode de détection de l'initiation de l'érosion de contact, l'ensemble des seuils hydrauliques d'érosion se situe entre 1cm/s et 10 cm/s (soit 0,01 et 0,1m/s) pour les sols fins.

Si le premier critère hydraulique, évaluer à partir des vitesses obtenues dans les calcul PLAXIS est dépassé, le critère granulométrique sera étudié

2.2.3.4 Soulèvement

Au niveau du pied de digue aval :

En présence d'une couche imperméable (type argile, limon argileux ou argile limoneuse) au niveau de l'assise de l'ouvrage, il convient de vérifier qu'à la base de la couche imperméable superficielle, la contrainte effective verticale due au poids des terres soit supérieure à la contrainte verticale ascendante dû à la pression interstitielle sous la couche.

Le coefficient de sécurité est calculé de la manière suivante : $F = \frac{\gamma_m * \sigma_v}{\gamma_u * u}$

Avec u : la pression interstitielle sous la couche, et σ_v : la contrainte verticale due au poids des terres.

La stabilité est assurée pour un coefficient de sécurité $F \geq 1,0$.

Les coefficients partiels appliqués sont les suivants :

Situation	Coef. partiel γ_m Sur la contrainte verticale σ_v	Coef. partiel γ_u Sur la pression interstitielle u
Rare (5000/4000 m³/s)	0,9	1,2
Exceptionnelle	0,9	1,2
Extrême (séisme)	1	1,1

Dans le contexte présent, les limons de surface seront considérés comme suffisamment perméable pour considérer le risque de soulèvement comme nul.

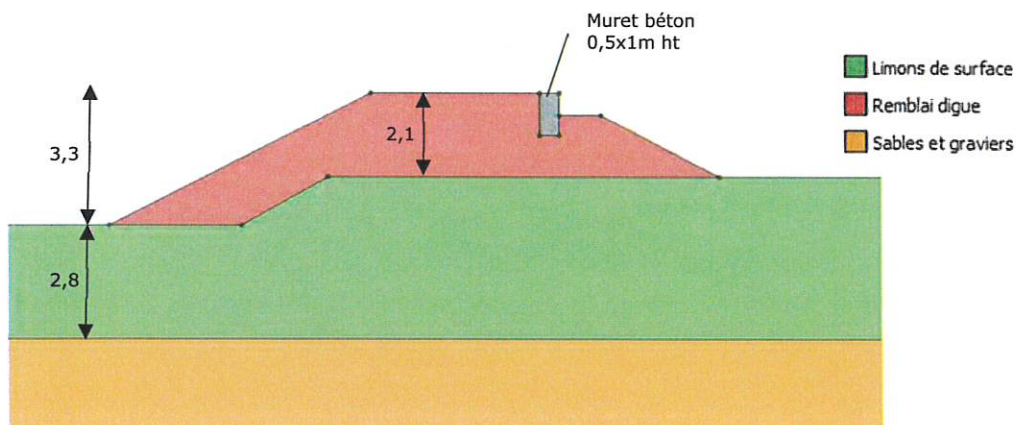
Mur :

De la même manière le soulèvement du mur doit être vérifié par comparaison de son poids avec les pressions hydrauliques

3 RÉSULTATS DES CALCULS

3.1 MODÈLE DE CALCUL

Le modèle de calcul du profil PR23, après travaux du projet est le suivant :

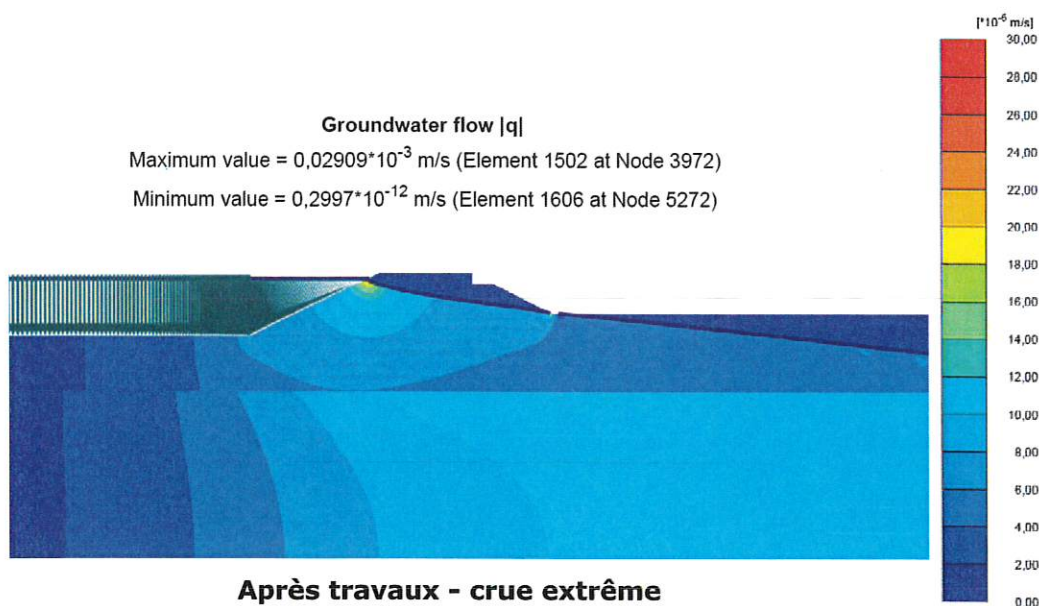
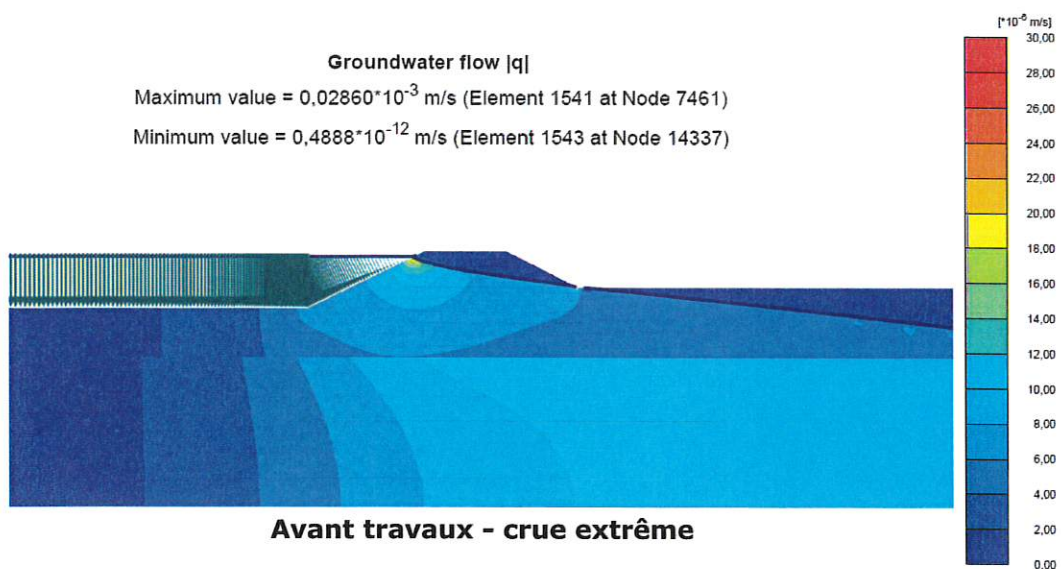


Profil de calcul PR23 : état projeté

3.2 RESULTATS DES MODELISATIONS HYDRAULIQUES

Les calculs hydrauliques sont réalisés sur le profil avant travaux et après travaux de réalisation des gradins. Les résultats hydrauliques sont très peu modifiés par la réalisation des gradins en crête de digue. En effet, les calculs sur le profil avant travaux montrent que la zone de travaux (déblais et mur) se trouve à l'arrière de la ligne de saturation, même dans le cas de la crue extrême la plus défavorable.

Les résultats montrent l'absence de flux résurgent en situation de crue exceptionnelle et de décrues. Pour la situation de crue extrême, un flux résurgent en pied de digue coté terre apparaît, comme le montre les résultats suivants :



Flux hydraulique dans la digue en crue extrême : résultat avant travaux et après travaux

3.3 VÉRIFICATION DES RUPTURES D'ORIGINE HYDRAULIQUE

3.3.1 Suffusion

Les vérifications sont effectuées en pied de digue pour la situation de crue extrême, seule situation qui provoque une saturation de la digue et un écoulement en pied.

Avant travaux

Après travaux



Groundwater flow $|q|$ (scaled up $200 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $0,01932 \cdot 10^{-3}$ m/s

Minimum value = $1,245 \cdot 10^{-6}$ m/s

Total discharge is $4,014 \cdot 10^{-6}$ m³/s/m



Groundwater flow $|q|$ (scaled up $200 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $0,01939 \cdot 10^{-3}$ m/s

Minimum value = $1,064 \cdot 10^{-6}$ m/s

Total discharge is $4,474 \cdot 10^{-6}$ m³/s/m

Détail du flux en pied de digue coté eau en crue extrême : résultat avant travaux et après travaux

	Avant travaux	Après travaux
$V_{\max}$ (m/s)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Perméabilité k (m/s)	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$
$i_{\max} = V/k$	0,38	0,38
i_{cr}	0,35	0,35
Résultat	Faible	Faible

Les travaux ne modifient pas les écoulements résurgeants en pied de digue et ne modifient pas l'aléa vis-à-vis de la suffusion, qui est faible avant et après travaux.

Le conclusion du Rapport G3 restent inchangées :

➤ Père Grand Aval :

○ **P23 :**

$v = 4,17 \cdot 10^{-5}$ m/s et $k = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s soit le rapport $i_e = v/k = 0,834$

donc $F = i_{CTS}/i_e = 0,42$

→ on considère le risque acceptable compte tenu de la présence du système de drainage en place (tapis drainant) permettant de s'affranchir du risque d'érosion interne.

3.3.2 Phénomène de boulangerie

En l'absence de données sur la porosité des sols, le gradient critique de Terzaghi utilisé dans l'étude antérieure G3 est conservé, à savoir $i_{cr, \text{Terzaghi}} = 0,8$.

Le sol d'assise n'est soumis à un écoulement vertical que lors de la crue extrême. Les résultats sont les suivants :

	Avant travaux	Après travaux
$V_{\text{verticale}}$ (m/s)	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Perméabilité k (m/s)	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$
$i = V/k$	0,30	0,32
$i_{cr, \text{Terzaghi}}$	0,80	0,80
Résultat	Ok	Ok

Les travaux modifient peu les écoulements en pied de digue coté terre.

Il n'y a pas de risque de boulangerie.

3.3.3 Érosion de contact

De manière prudente, une vitesse critique de 0,01 m/s est considérée concernant l'aléa d'érosion de contact. La vitesse d'écoulement atteint $2,9 \cdot 10^{-3}$ m/s au maximum en cas de crue extrême. **L'aléa d'érosion est écarté.**

3.3.4 Soulèvement du sol en pied de digue

Au niveau du pied de digue aval :

Les écoulements en pied étant inchangés.

En considérant l'horizon de limons de surface comme peu perméable (par rapport graves sous-jacente), le risque de soulèvement de pied de digue côté terre au niveau de la base de cet horizon lors des différents événements de crue est évalué comme suit :

- La force verticale hydraulique équivalente maximale calculée pour 1 ml vaut $F_w = 40$ kN/m²/ml en situation de crue extrême Q_{ext}
- La contrainte verticale totale (côté stade) est de $\sigma_v = \sum (\gamma_i \times h_i) = 19 \text{ kN/m}^3 \times 4 \text{ m} = 76$ kPa
- Soit $F = 1,1 \times 40 / 0,9 \times 76 = 1,5 \rightarrow$ pas de risque de soulèvement.

L'aléa n'est pas modifié par les travaux prévus.

Mur :

Le niveau de saturation n'atteint pas le mur en béton ; ainsi il n'est pas soumis au soulèvement.

3.4 VÉRIFICATION DE LA STABILITÉ GLOBALE DES TALUS

Les résultats de calculs de stabilité sous TALREN sont synthétisés ci-dessous :

	Talus côté terre	Talus côté rivière
Situation normale d'exploitation	F = 1,43	F = 1,20
Situation extrême de séisme	F = 1,77	F = 1,39
Situation de crue exceptionnelle (Q_{exc})	F = 1,65	-
Situation de décrue après crue exceptionnelle (Q_{exc})	-	F = 1,36
Situation de crue extrême (Q_{ext})	F = 1,79	-
Situation de décrue après crue extrême (Q_{ext})	-	F = 1,64

La stabilité des talus côté terre et côté rivière est garantie pour toutes les situations.

4 AVIS SUR LA STABILITE DE LA DIGUE ET L'INFLUENCE DES TRAVAUX

4.1 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les résultats des calculs menés pour un profil étudié sont résumés dans le tableau suivant :

PR14 - Secteur RFE2	Exploitation normale	Séisme	Qexc/DQexc	Qext/DQext
Suffusion	-	-	Faible Pas d'influence des travaux	Faible Pas d'influence des travaux
Boulanges	-	-	OK	OK
Érosion de contact	-	-	OK	OK
Soulèvement du mur	-	-	OK	OK
Stabilité - Talus côté terre (plaine)	OK	OK	OK	OK
Stabilité - Talus côté rivière (Durance)	OK	OK	OK	OK

4.2 AVIS SUR L'INFLUENCE DES TRAVAUX PROJETES SUR LA STABILITÉ DE LA DIGUE

Concernant la stabilité hydraulique, un faible aléa de suffusion est identifié en pied de digue. De même que dans l'étude G3, l'aléa de suffusion faible est jugé acceptable compte tenu de la présence du système de drainage (géodrain + drain) dans la digue existante.

Globalement les travaux de réalisation de gradins dans la digue tel que présenté dans projet ne modifie que très peu à pas son comportement hydraulique.

Concernant la stabilité de la digue, seule la géométrie après travaux est vérifiée. La stabilité de la digue est satisfaisante dans toutes les situations :

- Talus coté terre : situation normale d'exploitation, séisme, situation de crues exceptionnelle et extrême
- Talus coté terre : situation normale d'exploitation, séisme, situation de décrues exceptionnelle et extrême

A noter que l'ensemble de l'étude a été mené sans reconnaissance des sols et repose sur l'étude de l'étude d'exécution G3 réalisée sur ce secteur de digue.

Dans le cas de réalisation de terrassements en pied de digue (modification du projet par exemple), les conséquences sur l'efficacité du système d'endiguement est évidente.

Une surveillance assidue des travaux de terrassement pour la réalisation de cette banquette en partie haute de la digue est nécessaire. En aucun cas, les terrassements devront descendre en deçà du niveau de banquette prévu.

Les terrains excavés à l'arrière ou en pied du muret pour la réalisation de celui-ci devront être remis en couche de 20 à 30cm maximum et compactée selon le GTR afin de retrouver les caractéristiques de sols initiales de la digue.