

Protection contre les érosions à mettre en place à l'aval du barrage de Donzère

Barrage de retenue de Donzère

Barrages de garde

Canal de Donzère-Mondragon

Vers usine-écluse de Bollène (située au km 17 du canal de dérivation)



AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON
BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVAL DU BARRAGE DE DONZERE: AVANT-PROJET

PLAN DE SITUATION 1 / 25 000

COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE

DATE : 06/02/2019
DESS : A.FERNANDEZ
ECHELLE : 1 / 25 000
Ing : Z.LAURENT

Ancienne immatriculation:

Système de référence: Lambert III

X.00523PLDM0001

IND. FOLIO
B0 1/1

Annexe 3 : Reportage photos



Localisation des photos



Photo 1 : Amont du barrage de retenue de Donzère



Entrée passe à
poissons et débit
d'attrait

Photo 2 : Aval du barrage de retenue de Donzère depuis la rive droite
Conditions hydrauliques lors du passage du débit réservé par sousverse de la passe 1



Photo 3 : Aval du barrage de retenue de Donzère depuis la rive droite
Conditions hydrauliques lors du passage du débit réservé par sousverse de la passe 6



Photo 4 : Aval du barrage depuis la rive droite – Vue sur les affleurements rocheux derrière les passes 1 et 2 ne nécessitant pas de travaux de protection



Photo 5 : Aval du barrage depuis la rive droite – vue sur la piste d'accès

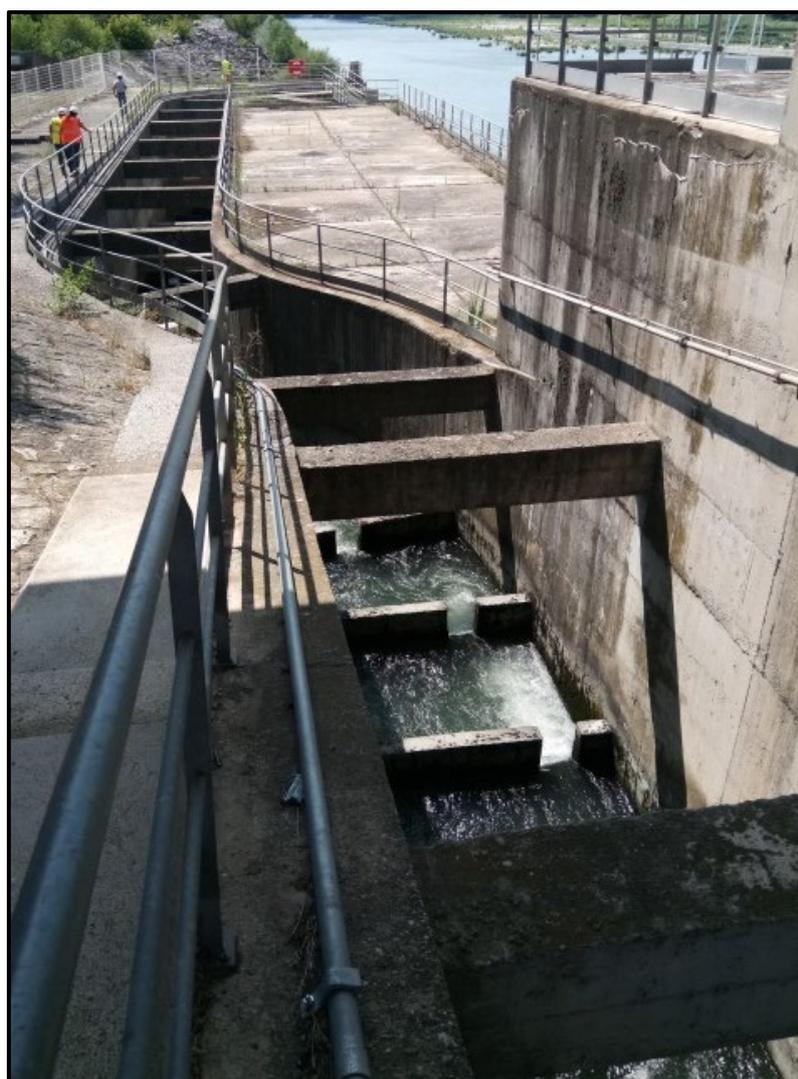


Photo 6 : Passe à poissons – vue des bassins



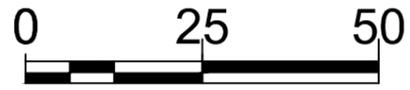
Photo 7 : Piste en rive gauche, à l'aval du barrage



Photo 8 : Aval du barrage depuis la rive gauche

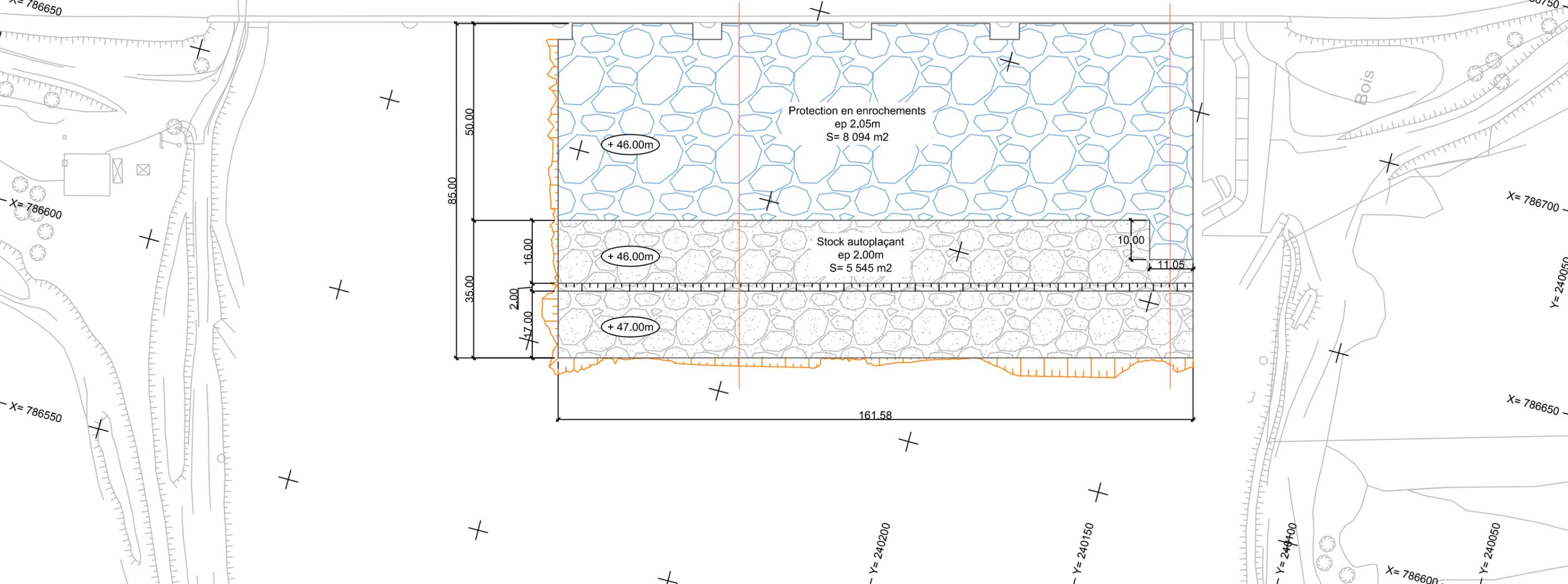
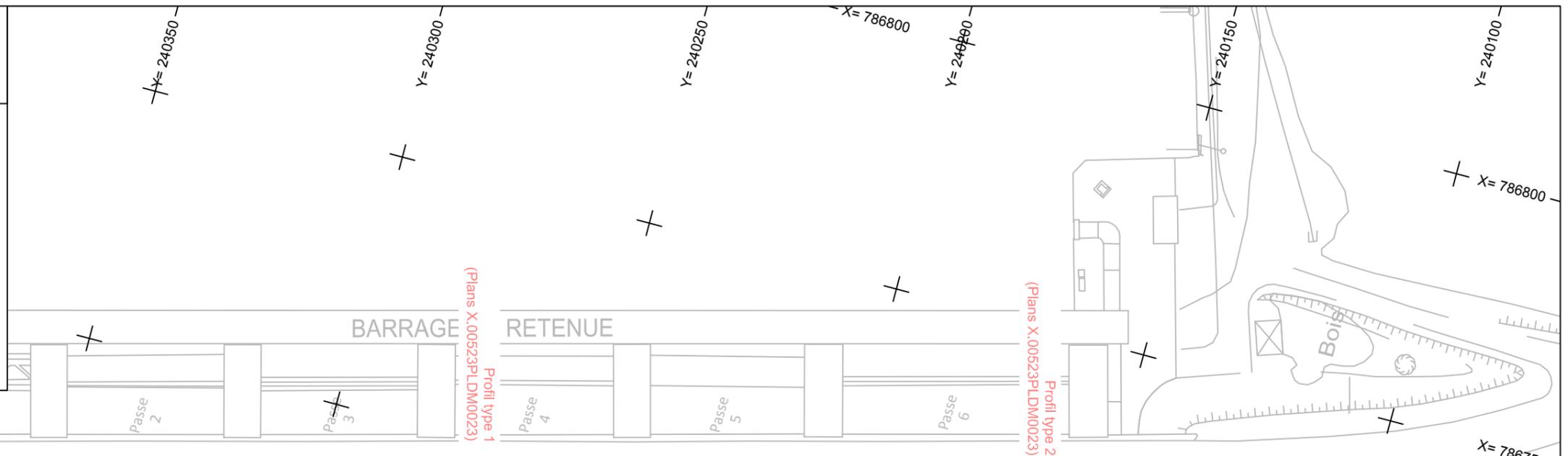


Photo 9 : Aval du barrage – vue de la zone à conforter (passe 3 à 6)



VOLUMES MATERIAUX

Protection en enrochements	
Enrochements 1000/3000 kg	12 527 m3
Enrochements 5/40 kg	3 469 m3
Graviers 1/5 cm	1 283 m3
Stock autoplaçant	
	9 757 m3



AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON
BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVANT DU BARRAGE DE DONZERE: AVANT-PROJET

Solution haute (46-46-47)
Vue en plan: projet

DATE : 06/02/2019	DESS : A.FERNANDEZ	Ancienne immatriculation:	Système de référence: Lambert III / NGFO	IND.	FOLIO
ECHELLE : 1 / 1000	Ing. : Z.LAURENT			B0	1/1
			X.00523PLDM0021		

AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON

BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVAL DU BARRAGE DE DONZERE
AVANT-PROJET

SOLUTION HAUTE (46-46-47)
PROFILS TYPES

BO	06/02/2019	AFE	ZLA	FMO	Mises à jour
A0	06/08/2018	AFE	ZLA	FMO	Création du plan
IND.	DATE	DESSINE PAR	CONTROLE PAR	VALIDE PAR	MODIFICATIONS

REFERENCES :



COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE

DESSINE PAR : A.FERNANDEZ	CONTROLE PAR : Z.LAURENT	VALIDE PAR : F.MOUCHEROUD	CHARGE D'AFF : F.MOUCHEROUD	Nivellement en système :
DATE : 06/08/2018	DATE : 06/08/2018	DATE : 06/08/2018	N° D'AFFAIRE : x.00523.001	NGFO
AUTOCAD V2013 Copyright CNR. Ce document est la propriété de CNR. Toute communication, reproduction, même partielle, est interdite sauf autorisation écrite.			Système de référence : Lambert III Méthode de levé : Référence connue :	ECHELLE :
Ancienne immatriculation:				IND.
X.00523PLDM0023				A

Sommaire:

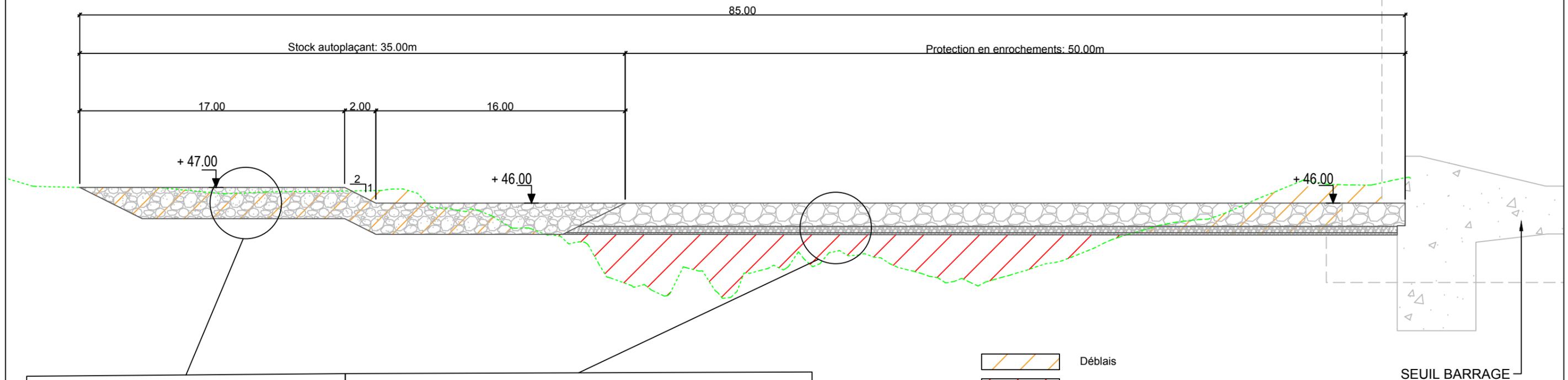
n°de folio	Description folio
1	Page de garde
2	Profil type 1
3	Profil type 2

Solution haute (46-46-47) Profil type 1

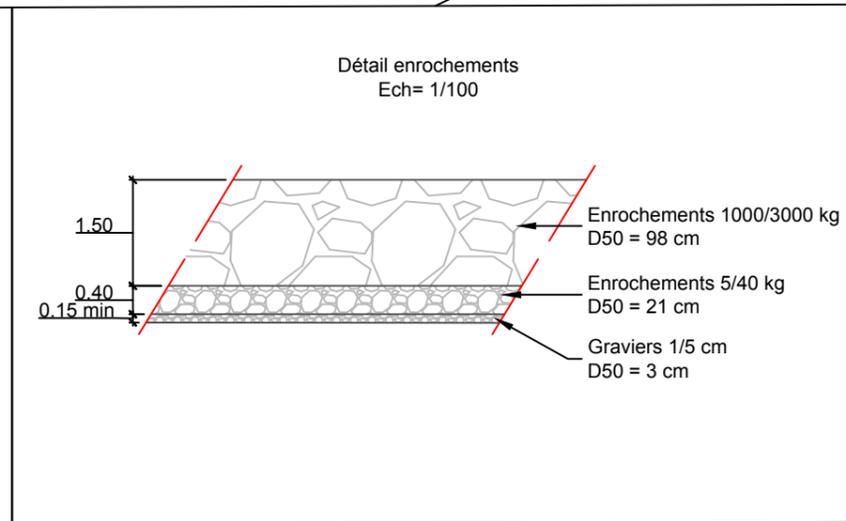
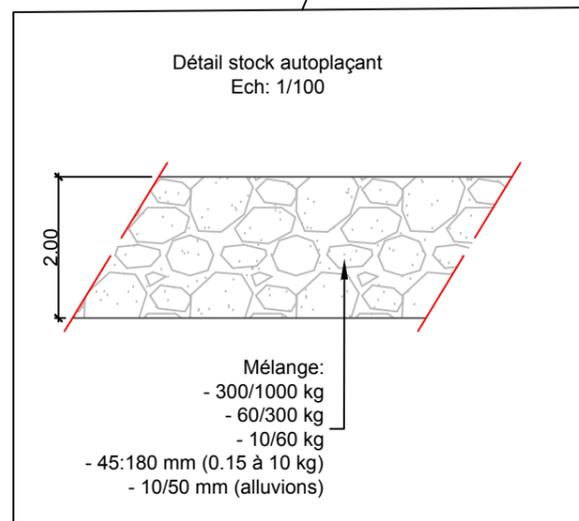
Ech: 1/250

AVAL

PILE



- Déblais
- Remblais
- Bathymétrie d'Avril 2018



AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON
BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVAL DU BARRAGE DE DONZERE: AVANT-PROJET

Solution haute (46-46-47)
Profil type 1

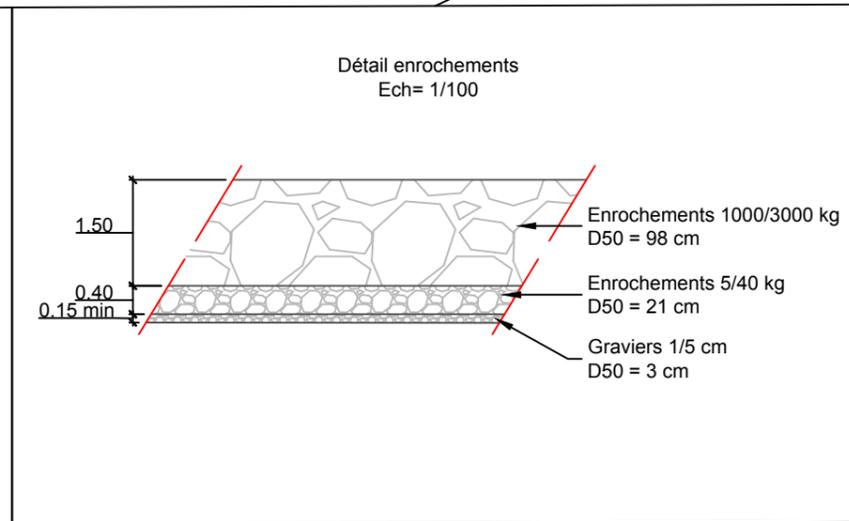
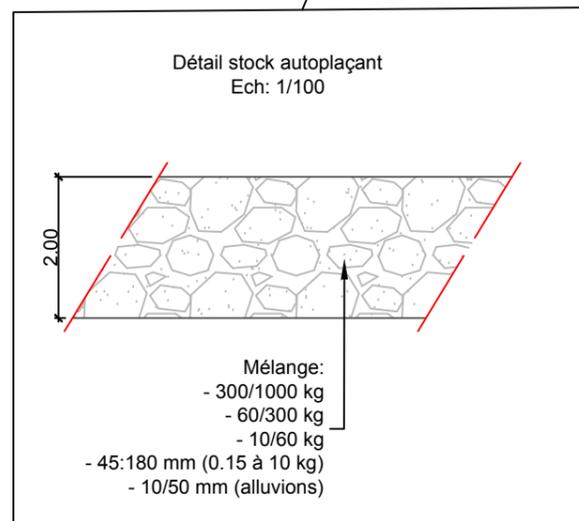
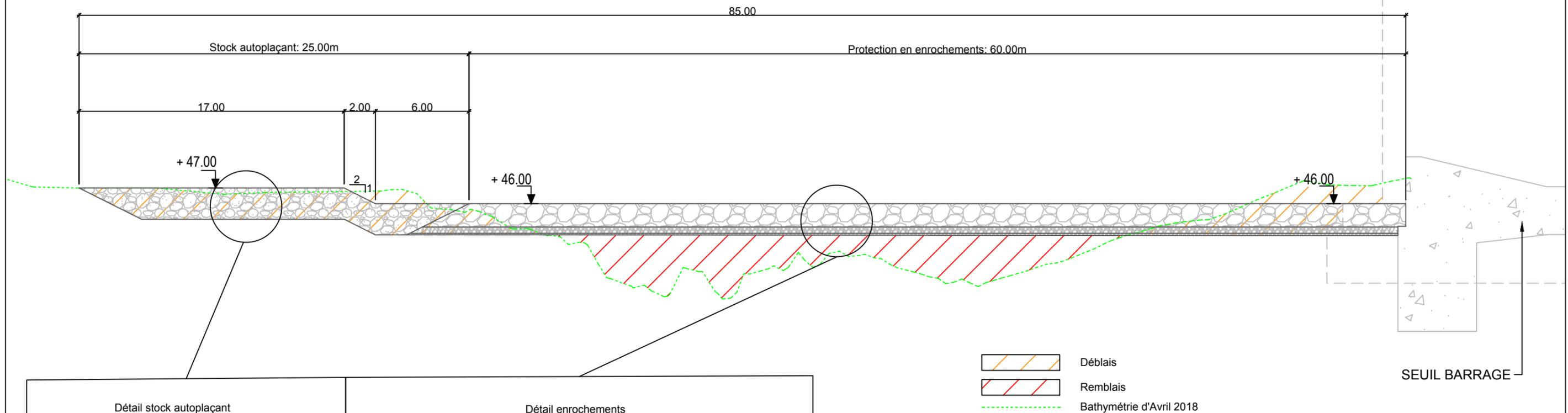
DATE : 06/02/2019	DESS : A.FERNANDEZ	Ancienne immatriculation:	Système de référence: Lambert III	IND.	FOLIO
ECHELLE : 1 / 250	Ing. : Z.LAURENT	X.00523PLDM0023		A	2/3

Solution haute (46-46-47) Profil type 2

Ech: 1/250

AVAL

PILE





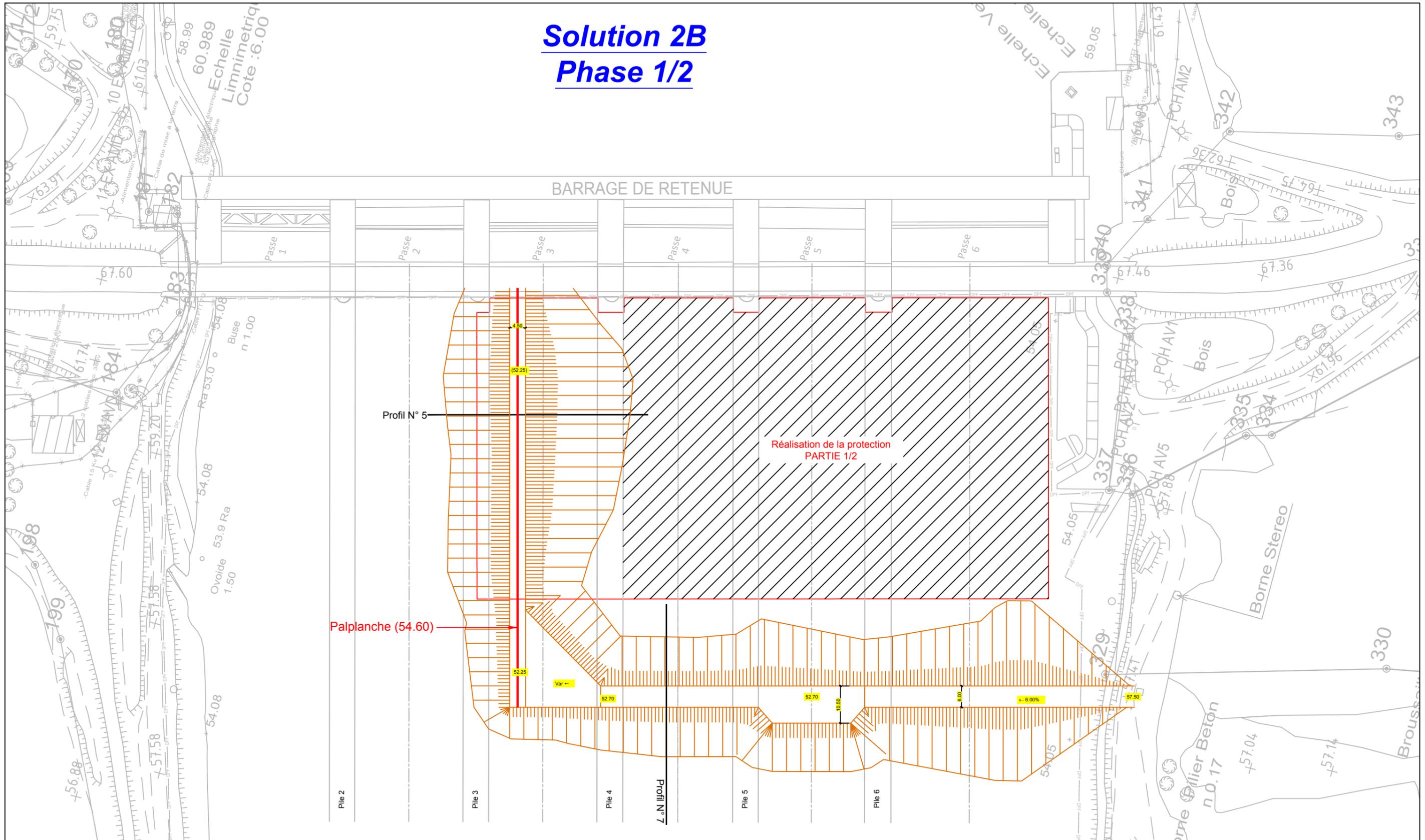
AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON
BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVAL DU BARRAGE DE DONZERE: AVANT-PROJET

Solution haute (46-46-47)
Profil type 2

DATE : 06/02/2019	DESS : A.FERNANDEZ	Ancienne immatriculation:	Système de référence: Lambert III	IND.	FOLIO
ECHELLE : 1 / 250	Ing. : Z.LAURENT	X.00523PLDM0023		A	3/3

Solution 2B Phase 1/2



Volume batardeau = 41 000 m³



COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE

AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON
BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVANT DU BARRAGE DE DONZERE: AVANT-PROJET

Mise en oeuvre à sec
Solution 2-b

DATE : 23/09/2019

DESS : A.FERNANDEZ

Ancienne immatriculation:

Système de référence: Lambert III / NGFO

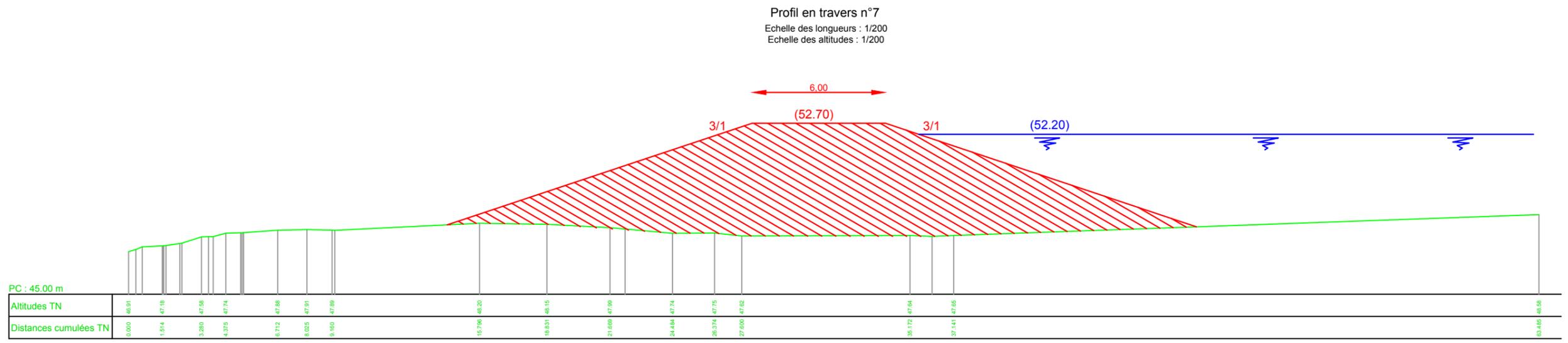
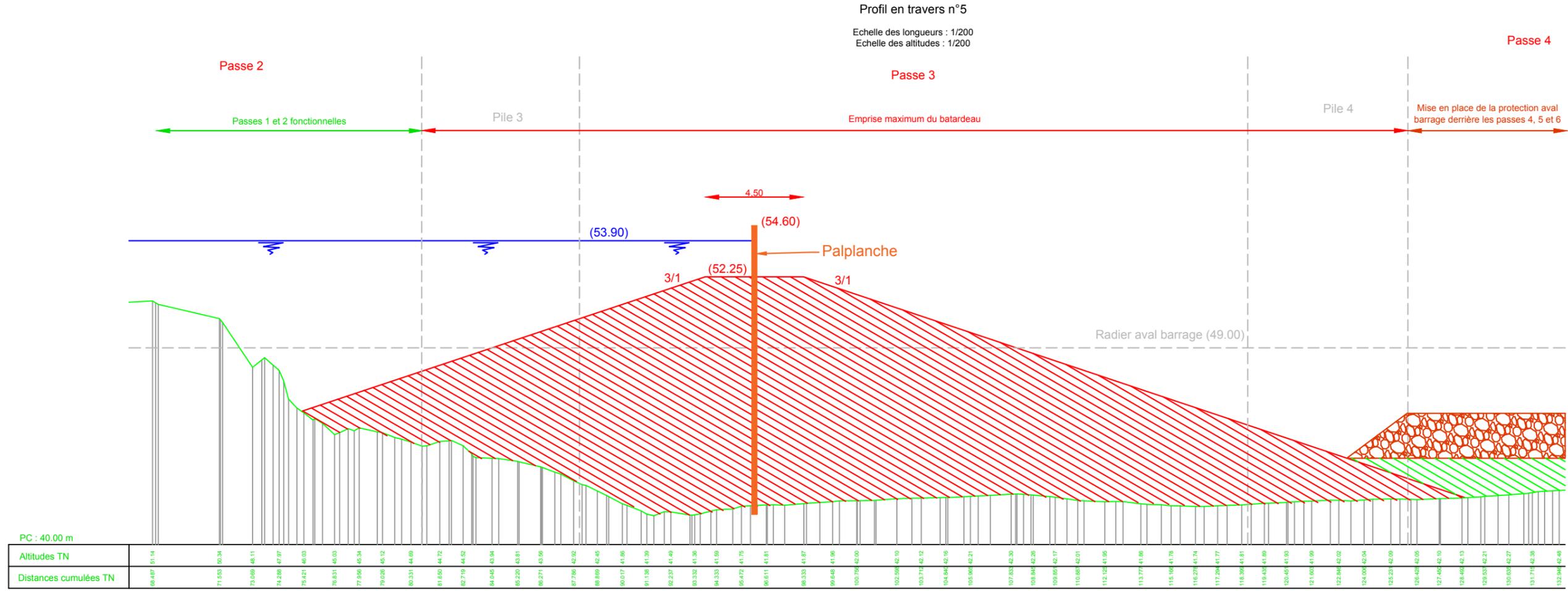
ECHELLE : 1 / 1000

Ing. : Z.LAURENT

X.00523PLDM0032

IND.
CO

FOLIO
1/4



Solution 2B - Phase 1/2 - Profils en travers



AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVANT DU BARRAGE DE DONZERE: AVANT-PROJET

Mise en oeuvre à sec
Solution 2-b

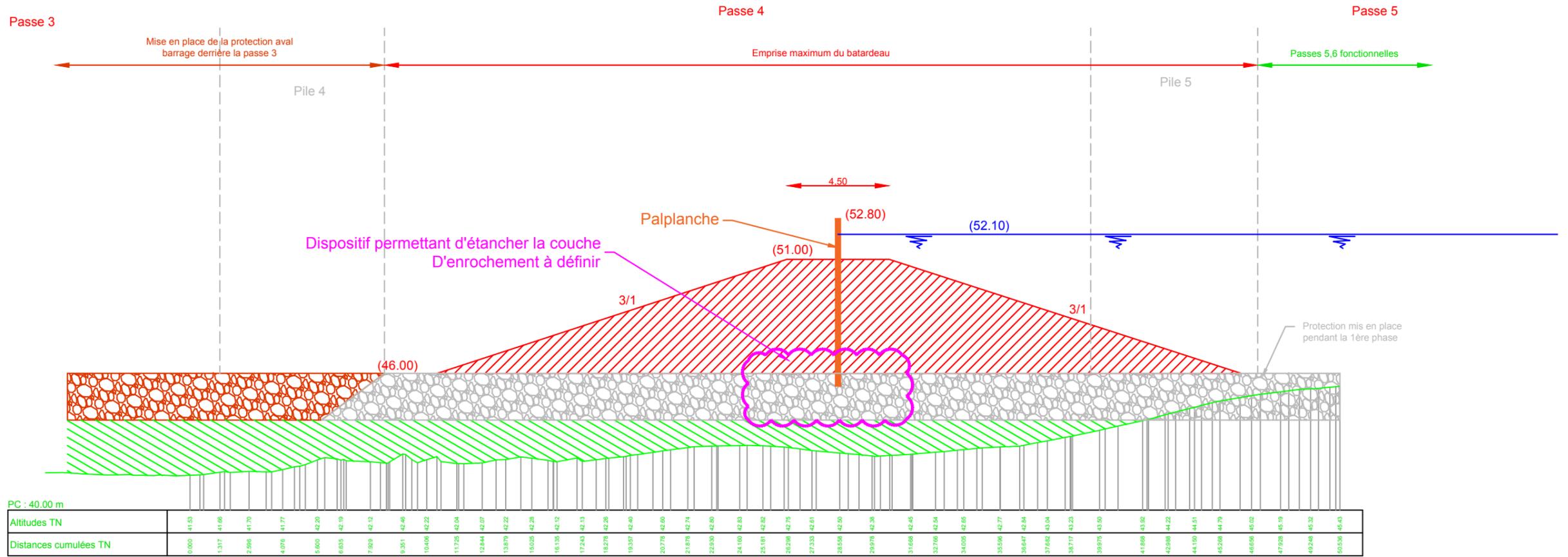
DATE : 23/09/2019
DESS : A.FERNANDEZ
ECHELLE : 1/200
Ing. : Z.LAURENT

Ancienne immatriculation: Système de référence: Lambert III / NGFO

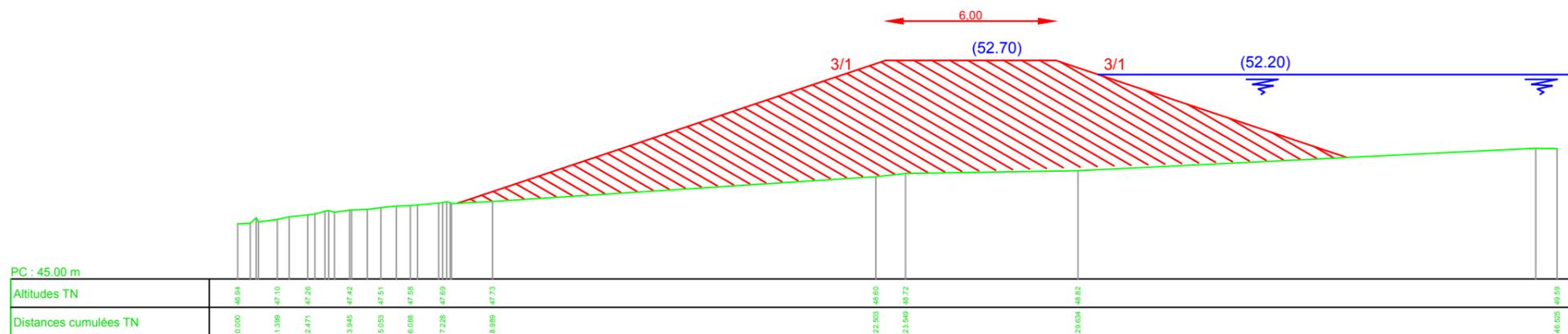
X.00523PLDM0032

IND. FOLIO
CO 2/4

Profil en travers n°6
Echelle des longueurs : 1/200
Echelle des altitudes : 1/200



Profil en travers n°8
Echelle des longueurs : 1/200
Echelle des altitudes : 1/200



Solution 2B - Phase 2/2 - Profils en travers



COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE

AMENAGEMENT de DONZERE-MONDRAGON BARRAGE DE RETENUE DE DONZERE

ETUDES DES PROTECTIONS A L'AVANT DU BARRAGE DE DONZERE: AVANT-PROJET

Mise en oeuvre à sec
Solution 2-b

DATE : 23/09/2019

DESS : A.FERNANDEZ

Ancienne immatriculation:

Système de référence: Lambert III / NGFO

ECHELLE : 1/200

Ing. : Z.LAURENT

X.00523PLDM0032

IND.
C0

FOLIO
4/4

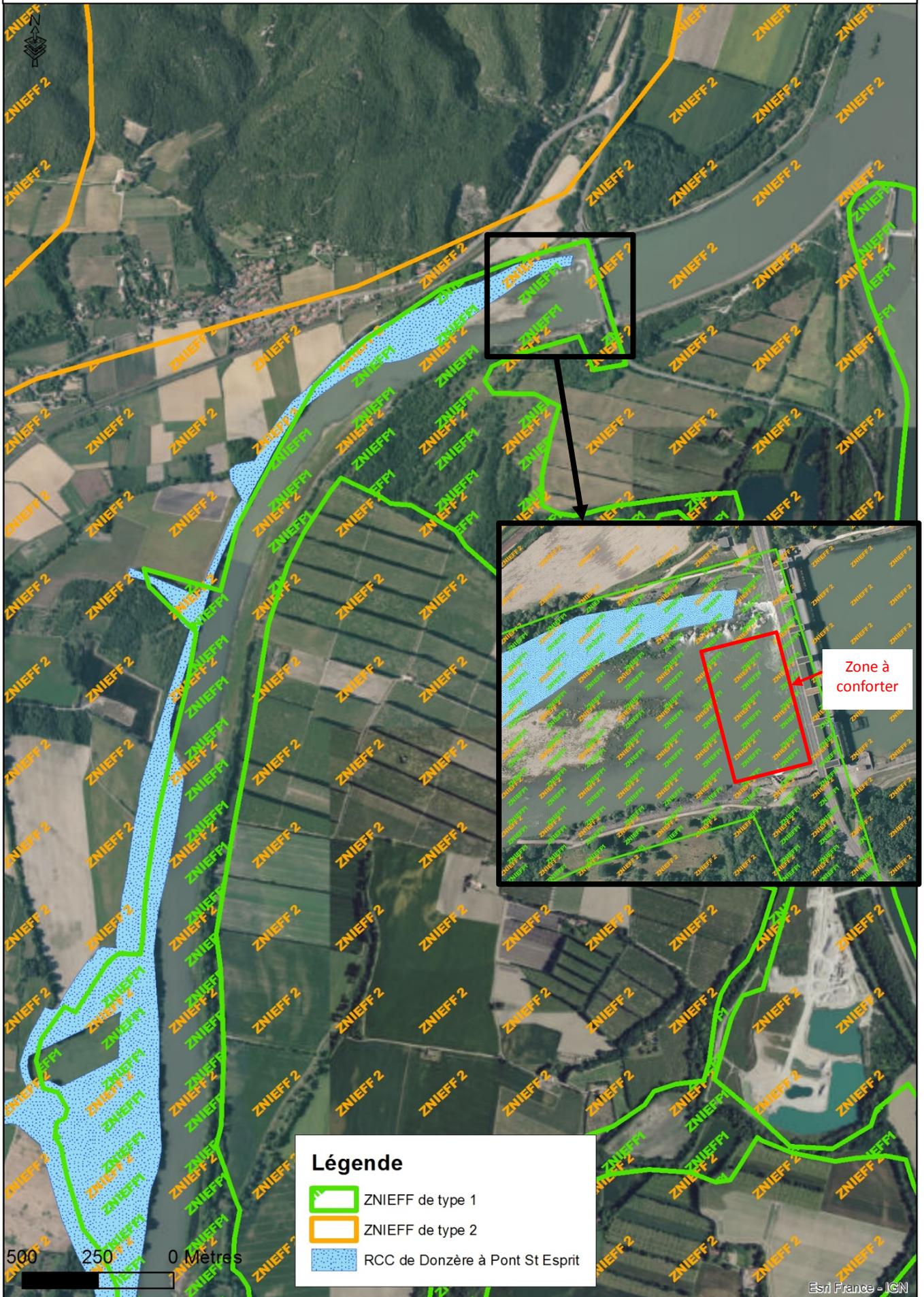
Annexe 6 : Localisation du site Natura 2000 par rapport au projet de protection



Annexe 7 : Catégorie(s) applicable(s) du tableau des seuils et critères annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement et dimensionnement correspondant du projet

N° de catégorie et sous-catégorie	Caractéristiques du projet au regard des seuils et critères de la catégorie (Préciser les éventuelles rubriques issues d'autres nomenclatures (ICP, IOTA, etc.))
<p>10. Canalisation et régularisation des cours d'eau</p> <p>Ouvrages de canalisation, de reprofilage et de régularisation des cours d'eau s'ils entraînent une artificialisation du milieu sous les conditions de respecter les critères et seuils suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m ; - Consolidation ou protection des berges, par des techniques autres que végétales vivantes sur une longueur supérieure ou égale à 200 m ; - Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet pour la destruction de plus de 200 m² de frayères ; - Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à la dérivation d'un cours d'eau sur une longueur supérieure ou égale à 100 m. 	<p>Le projet consiste à réaliser une protection contre l'érosion et entraîne la modification de 85 mètres de linéaire du cours d'eau impactant le profil en long et le profil en travers du fleuve Rhône.</p> <p>→ sous catégorie non concernée car la longueur de cours d'eau modifié est inférieur à 100 m.</p> <p>Pas de consolidation ou de protection de berge prévu au projet.</p> <p>→ sous catégorie non concernée.</p> <p>Présence d'une frayère forcée (ou de substitution) à Alose feinte en aval de la passe 6 du barrage et dans le chenal principal du Vieux-Rhône. la localisation de la zone d'observation est consignée en annexe 9. Les rapports de suivis de MRM, notamment celui de 2018, montrent une très faible fonctionnalité de cette frayère. Malgré le caractère atypique de celle-ci, il faut souligner la possibilité d'un impact potentiel.</p> <p>Il est aussi difficile d'indiquer une superficie en terme de destruction de frayère car les caractéristiques ne correspondent pas à celles des frayères naturelles. En l'absence de données précises, la zone de confortement mise à sec fera référence pour une surface supérieure à 200m².</p> <p>Par ailleurs, à l'état final après travaux, l'Alose viendra se reproduire sur le secteur, comme c'est le cas actuellement. La frayère retrouvera son fonctionnement actuel. En effet, l'espèce est actuellement bloquée au cours de sa migration à l'aval du barrage malgré la présence d'une passe à poissons car celle-ci n'est pas adaptée à son passage (diagnostic de la passe par vidéocompatge et Rfid en cours) et comme les individus sont à maturité sexuelle, ils restent sur place afin d'accomplir leur cycle de reproduction.</p> <p>Pour mémoire, les arrêtés préfectoraux de la Drôme et de l'Ardèche publiant les inventaires des frayères ou des zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole ne permettent pas plus de préciser les surfaces concernées. Le Vieux-Rhône de Donzère Mondragon et ses îlons depuis le barrage de Donzère jusqu'à la confluence avec l'Ardèche font partie de cet inventaire sur lequel a été observé la dépose et la fixation d'œufs ou la présence d'alevins d'Alose feinte sans plus de précision géographique.</p> <p>→ sous catégorie concernée.</p> <p>Pas de dérivation du cours d'eau prévu au projet.</p> <p>→ sous catégorie non concernée.</p>

Annexe 8 : Localisation du projet par rapport au contexte environnemental



Cette annexe dresse un état des connaissances sur l'Alose feinte présente sur le Rhône. Elle est issue de rapports écrits par MRM (Association Migrateurs Rhône Méditerranée), qui réalise des suivis de cette espèce :

- Actualisation des connaissances sur les habitats favorables à la reproduction de l'Alose sur le bassin Rhône – Méditerranée - Campagne d'études 2017 – MRM – juin 2018,
- Suivi quantitatif des frayères d'Aloses du bassin Rhodanien - Campagne d'études 2017 – MRM – mars 2018.

L'Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis*, Roule 1924), poisson migrateur amphihalien de la famille des clupéidés endémique au bassin méditerranéen, vit sur le plateau continental et en zone littorale et se reproduit en eau douce, potentiellement à plusieurs centaines de kilomètres de la mer. Historiquement, l'Alose était présente sur la Saône et le Rhône jusqu'au lac du Bourget, soit à plus de 650 km de la mer.

Les géniteurs retournent en eau douce (Figure 1) au printemps (mars à juin) pour se reproduire après 2 à 5 ans en mer pour les mâles, généralement un an de plus pour les femelles (Le Corre et al., 1997). Le rhéotactisme très marqué leur permet de trouver l'embouchure des fleuves et d'être « guidés » vers les zones de frayères (Baglinière et Elie, 2000).

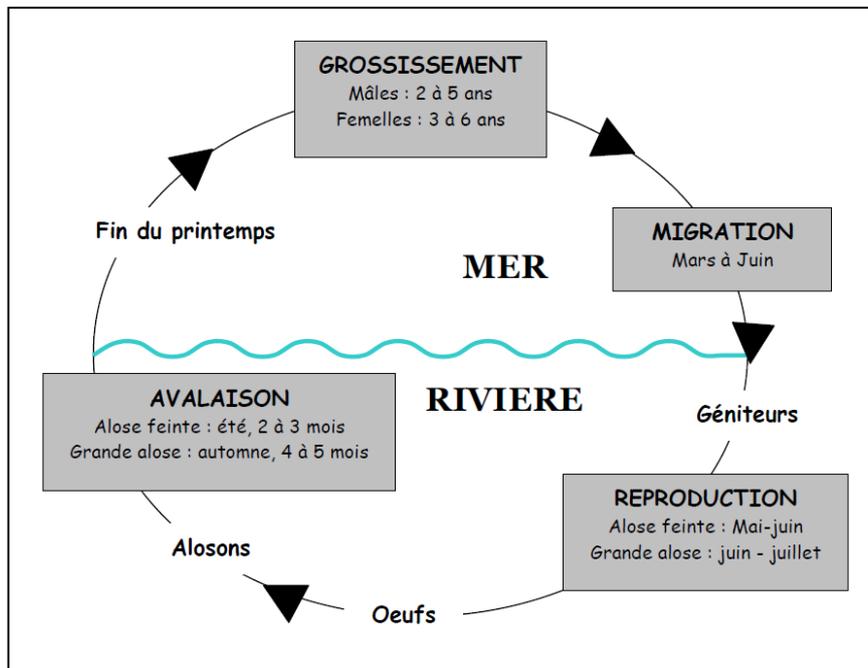


Figure 1 : Cycle de vie des aloses (Migado)

Les caractéristiques d'une frayère naturelle pour l'Alose sont considérées comme ayant une profondeur de 0,8 à 1,6 m, une vitesse de courant d'environ 0,5 à 2 m/s et une granulométrie grossière composée de cailloux voire de pierres fines (Figure 2). La température influence le métabolisme du poisson et un seuil de migration à 11°C et de reproduction à 16°C ont été avancés (Aprahamian et al., 2002 ; Baglinière et Elie, 2000 ; Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981).

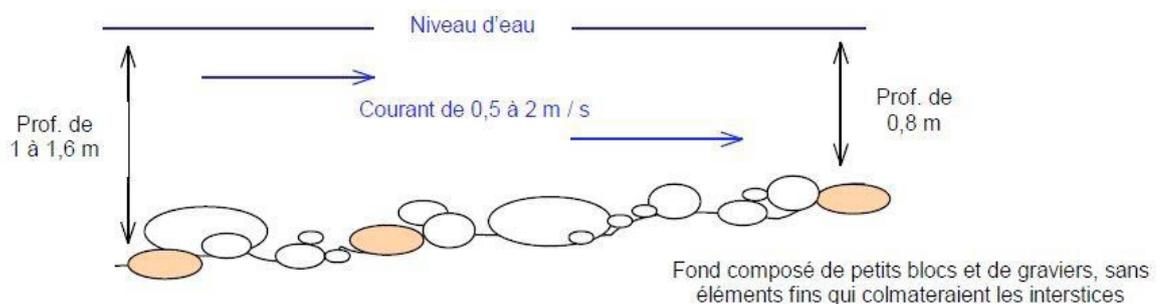


Figure 2 : Schéma d'une frayère à Alose (MRM)

Ces connaissances sont issues des observations de la grande alose sur la façade atlantique. Sur le bassin méditerranéen, l'Alose feinte constitue une métapopulation génétiquement proche de l'Alose feinte atlantique, mais dont le comportement est proche de la grande alose (Le Corre et al., 2005). Du fait de la présence d'obstacles à la migration qui ont réduit son aire de répartition sur le bassin, la connaissance du comportement et des exigences pour la reproduction sont moins bien appréhendées d'un point de vue scientifique. Cependant, depuis près de 20 ans de suivis, les observations permettent de dire que les exigences pour l'Alose feinte du Rhône sont très proches de celles de la grande Alose (*Alosa alosa*).

Lors de l'acte de reproduction (Figure 3), les aloses se manifestent en surface en effectuant des déplacements circulaires et en frappant l'eau de leur nageoire caudale afin de créer un tourbillon qui favorise la fécondation des œufs (Baglinière et Elie, 2000). Cette phase exclusivement nocturne est appelée « bull ». Elle peut être particulièrement bruyante jusqu'à 50dB (Cassou-Leins et al., 2000) et peut durer jusqu'à dix secondes ce qui permet de repérer facilement les zones de frai.

Les œufs pondus en grand nombre (90 000 à 300 000 / kg, Cassou-Leins et Panisello, données non publiées) sont de très petite taille (Hoestlandt, 1958), et présentent un temps d'incubation très court (3 à 5 jours pour une température de l'eau de 18 à 20°C). Les juvéniles rejoignent la mer 2 à 4 mois après l'éclosion (Figure 1), période pendant lesquels ceux-ci connaissent une croissance importante (Arahamian et Aprahamian, 2001 ; Crivelli et Poizat, 2001 ; Gendre et al., 1997 ; Leguen et al., 2007).

La phase de croissance marine est relativement peu connue pour l'Alose (Baglinière et Elie, 2000).

L'Alose feinte du Rhône est capable de se reproduire plusieurs fois au cours de sa vie (itéroparité) et les adultes qui survivent à la reproduction rejoignent la mer dès le début de l'été.



Figure 3 : Acte de ponte ou « Bull » chez l'aloise feinte du Rhône (©Gardin - MRM)

Sur le Vieux-Rhône de Donzère, la frayère de substitution située en aval du barrage de Donzère est connue et suivie depuis 1998. La zone d'observation est illustrée ci-dessous (Figure 4). Il s'agit d'une frayère forcée car l'espèce est bloquée par le barrage de Donzère, et malgré la passe à poissons, ne remonte pas en amont. Cette dernière n'est à priori pas adaptée à son passage et comme les individus sont à maturité sexuelle ils restent sur place pour accomplir leur cycle biologique. Cette cartographie est réalisée par MRM. La zone d'observation de l'activité de ponte se situe en aval de la passe 6 du barrage à proximité de l'entrée de la passe à poissons et sur une distance d'une centaine de mètres en aval. Les œufs de très petites tailles tombent sur le fond en se logeant dans les interstices du substrat. Le temps d'incubation est court (4 à 8 jours). Après éclosion, les larves restent localisées sur le fond à proximité de la frayère. Sur le secteur de Donzère, les larves sont observés dans le chenal principal du Rhône localisé en rive gauche et à une distance de 150 m du barrage environ.

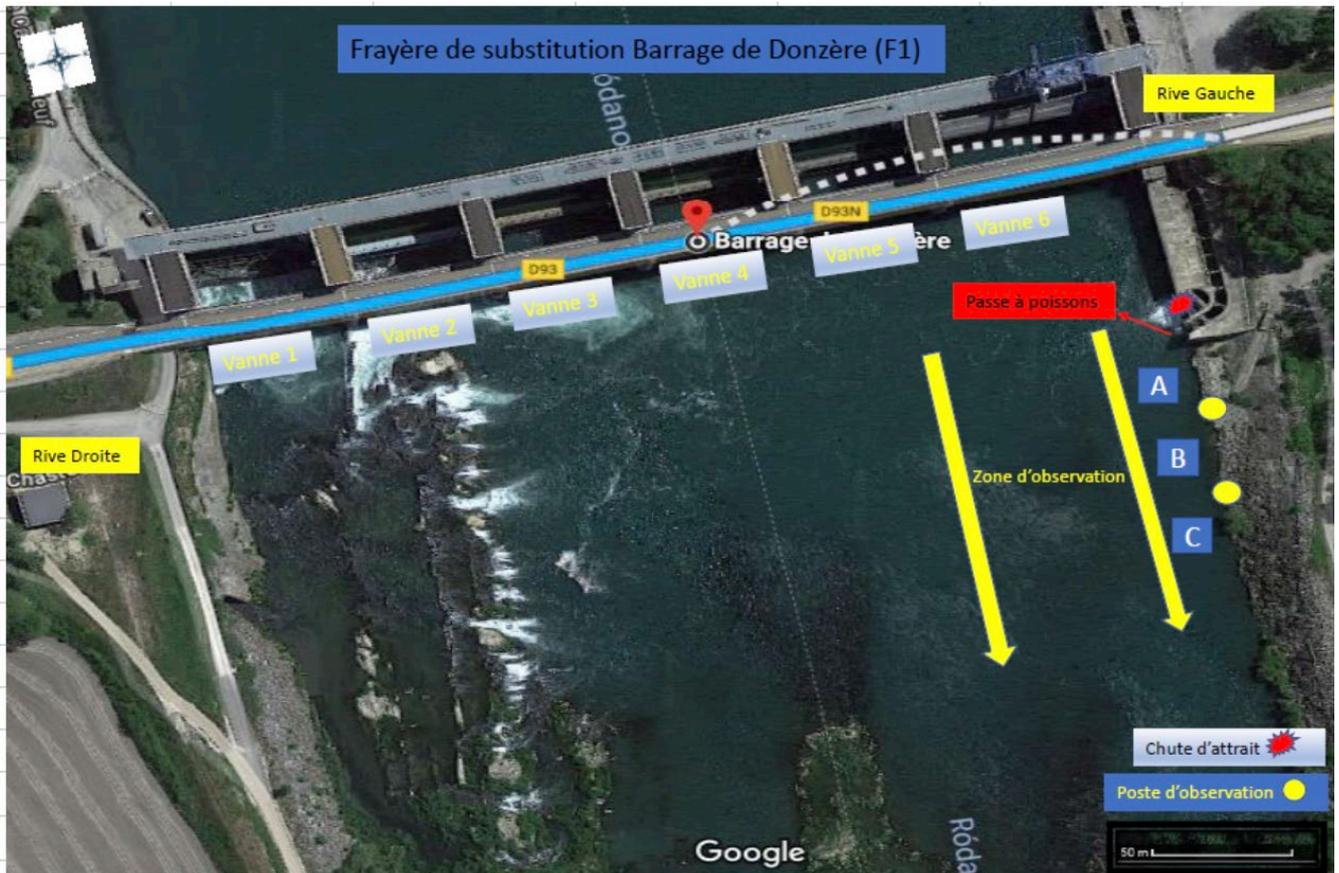


Figure 4 : Localisation de la frayère à Alose à Alose au barrage de Donzère (Source MRM)

Depuis 2007, MRM indique que très peu de reproduction sur la frayère de substitution a été observée. Ainsi, les derniers résultats publiés datent de 2017. En 2017, un seul bull a été comptabilisé le 25 mai sur une période d'observation comprise entre le 9 mai et le 28 juin.

La figure 5 présente les résultats des suivis quantitatifs sur les différentes frayères suivies depuis 2004.

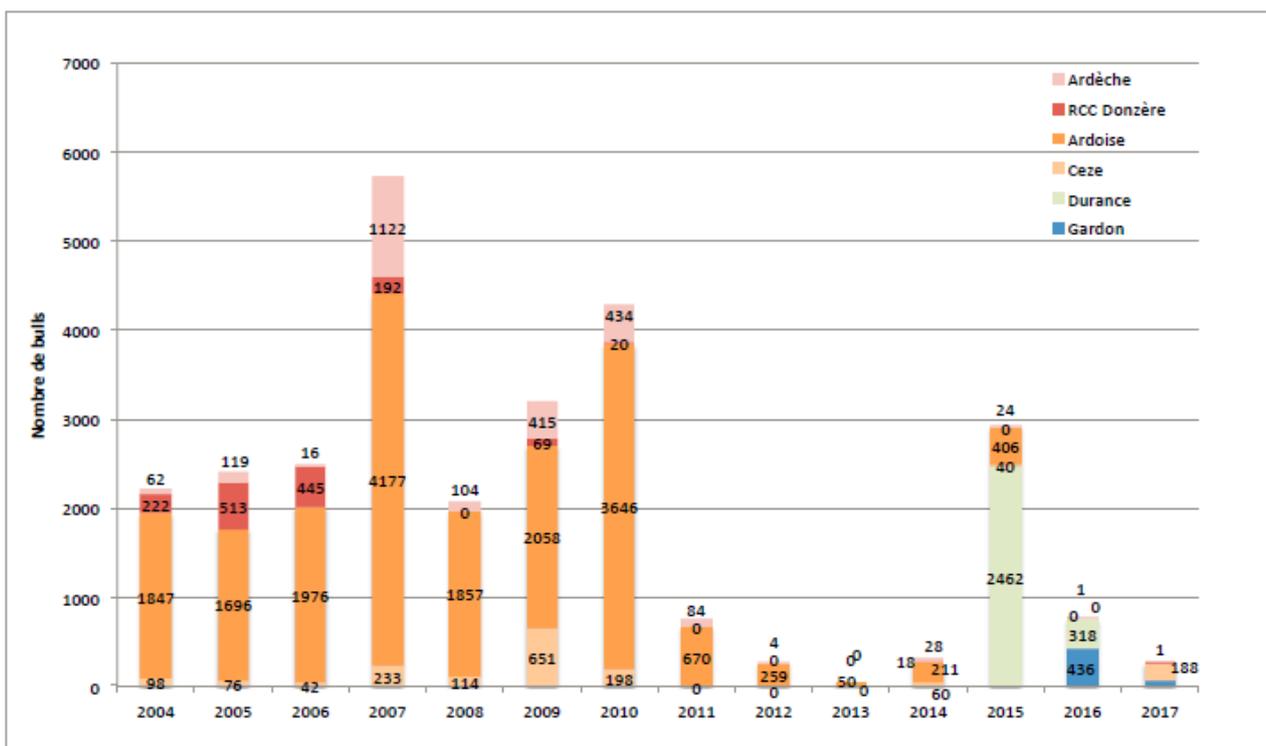


Figure 5 : Nombre de bulls sur l'ensemble des sites de suivis sur le bassin Rhodanien depuis 2004. La frayère de substitution du barrage de Donzère est désignée par l'abréviation RCC Donzère (Source MRM)

On constate une activité de bull entre 2004 et 2007 de plusieurs centaines de bulls, puis 2009, mais aucune observation en 2008, mais surtout entre 2010 et 2016. L'enjeu de l'activité de reproduction de l'Alose feinte est faible voir nul. D'une manière générale, une baisse générale des observations est effective depuis les années 2011 (hormis 2015). Les raisons ne sont pas connues.

Les conditions d'habitats en aval du barrage, peuvent peut-être expliquer ce constat, à savoir que les caractéristiques d'une frayère naturelle telle que présentée sur la figure 2 ne sont pas présentes en aval du barrage de Donzère.

La carte suivante illustre la bathymétrie en aval du barrage au 25/04/2018.

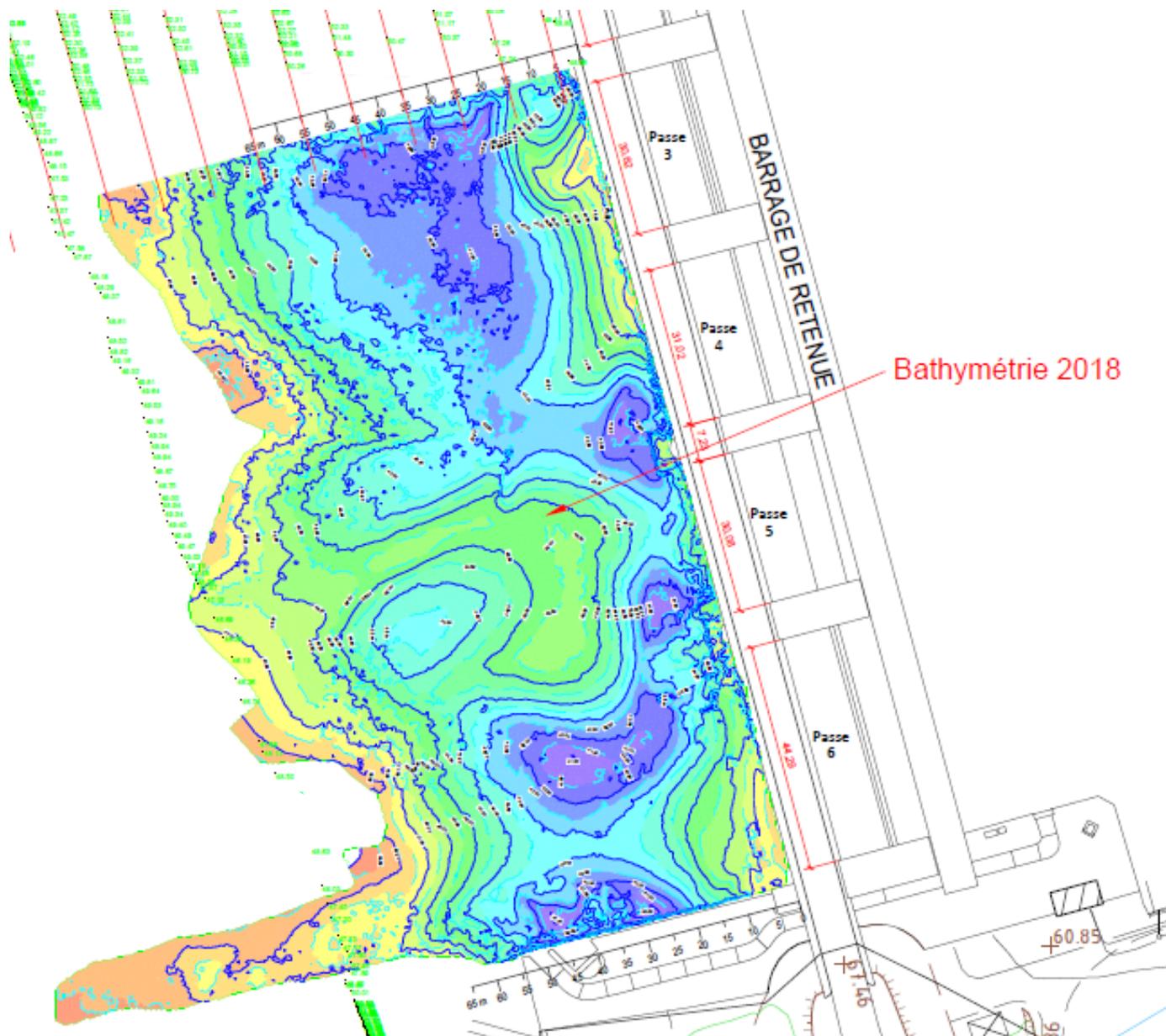


Figure 6 : Vue en plan de la bathymétrie de la zone à conforter

Il apparait que les fosses d'érosion situées derrière les passes 5 et 6 se trouvent entre 8 et 10 m de profondeur, puis le fond du lit fluctue entre 4 et 5 m de profondeur au-delà de 65 m de distance des passes du barrage, puis moins de 3m de profondeur dans le chenal principal du vieux-Rhône. Les hauteurs d'eau sont importantes par rapport au critère biologique de l'Alose. Les conditions d'habitats ne sont donc pas optimales pour l'espèce. Le rechargement avec des déblais excédentaires (issus d'une partie des batardeaux) est de nature à rehausser les fonds et améliorer l'attrait de la passe à poissons.



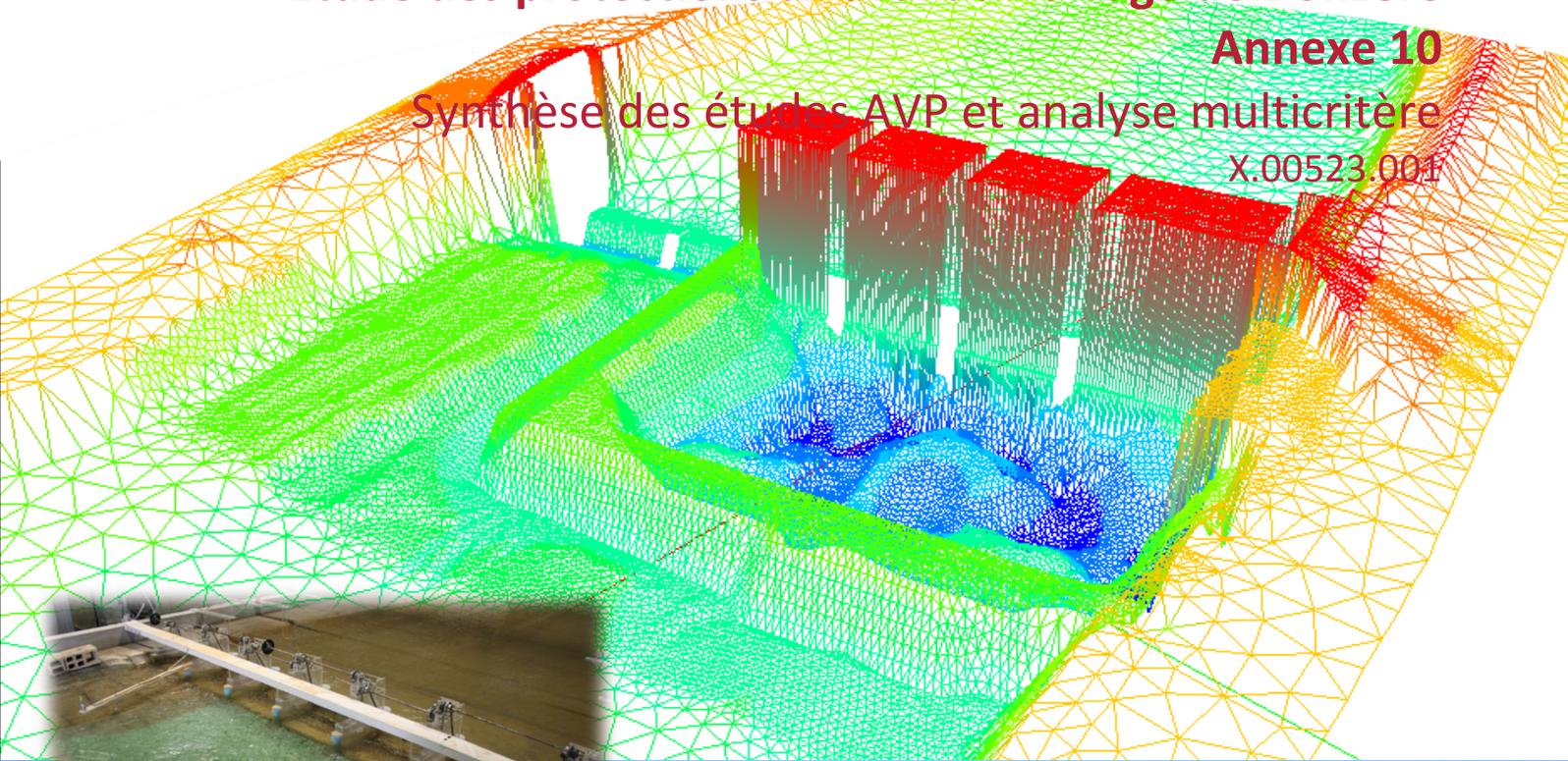
DIGP

Etude des protections à l'aval du Barrage de Donzère

Annexe 10

Synthèse des études AVP et analyse multicritère

X.00523.001



Etude des protections à l'aval du Barrage de Donzère

Synthèse des études AVP et analyse multicritère

X.00523.001

DIGP 19-1245-00

Octobre 2019

MAÎTRE D'ŒUVRE	CNR Ingénierie, DIGP 2 rue André Bonin, 69316 Lyon cedex 04
INTERLOCUTEUR	Fabrice MOUCHEROUD - 04.26.23.19.06

MAÎTRE D'OUVRAGE	DIGP 2, rue André Bonin 69004 Lyon		
INTERLOCUTEUR	Fabrice MOUCHEROUD		
RÉFÉRENCE DU CONTRAT	EOTP X.00523.001		
NIVEAU DE CONFIDENTIALITÉ	<input type="checkbox"/> CONFIDENTIEL	<input type="checkbox"/> INTERNE	<input checked="" type="checkbox"/> PUBLIC

CONTRÔLE QUALITÉ	NOM	DATE	SIGNATURE
RÉALISÉ PAR	Fabrice MOUCHEROUD	7/10/2019	
VÉRIFIÉ PAR	Anne-Laure MASSON	7/10/2019	
APPROUVÉ PAR	Fabrice MOUCHEROUD	7/10/2019	

INDICE DU DOCUMENT	DATE	DÉSIGNATION DE LA RÉVISION
-00	07/10/2019	Version initiale

Sommaire

1	Rappel des objectifs du projet	5
2	Contraintes de site et principaux enjeux environnementaux	6
2.1	Contraintes de site	6
2.2	Principaux enjeux environnementaux	6
2.2.1	<i>Situation vis-à-vis des périmètres d'inventaires et de protections</i>	6
2.2.2	<i>Passe à poissons</i>	8
2.2.3	<i>Débit réservé</i>	9
3	Description de la protection	10
3.1	Dimensionnement des couches d'encrochements	10
3.2	Profil en long	11
3.3	Vue en plan	12
3.4	Principales quantités et incidence hydraulique	12
4	Résumé des trois solutions de mise en œuvre étudiées	13
5	Description de la solution 1	15
5.1	Ouvrages provisoires : chenal d'accès, quai de chargement, installations de chantier	15
5.1.1	<i>Chenal d'accès et quai de chargement</i>	15
5.1.2	<i>Installations de chantier et circulations</i>	17
5.2	Vérification de la commandabilité du barrage	18
5.3	Vérification concernant la sécurité des personnes	19
5.3.1	<i>Dispositions en phase chantier</i>	19
5.3.2	<i>Transfert de débit usine barrage</i>	19
5.3.3	<i>Analyse de l'hydrogramme du lâcher d'alerte</i>	20
5.3.4	<i>Synthèse</i>	21
5.4	Durée des travaux et période des travaux	21
5.4.1	<i>Durée des travaux</i>	21
5.4.2	<i>Période des travaux</i>	21
5.5	Principaux impacts sur l'environnement	22
6	Description de la solution 2a	22
6.1	Ouvrages provisoires : batardeaux, installations de chantier	22
6.1.1	<i>Batardeau latéral en big-bags</i>	22
6.1.2	<i>Batardeau aval en graviers</i>	23
6.1.3	<i>Sensibilité aux paramètres de calcul</i>	24
6.1.4	<i>Installations de chantier et circulations</i>	24
6.2	Vérification de la commandabilité du barrage	26
6.3	Vérification concernant la sécurité des personnes	26
6.3.1	<i>Transfert de débit usine barrage</i>	26
6.3.2	<i>Analyse de l'hydrogramme du lâcher d'alerte</i>	27
6.3.3	<i>Synthèse</i>	27
6.4	Durée des travaux et période des travaux	28
6.4.1	<i>Durée des travaux</i>	28
6.4.2	<i>Période des travaux</i>	28
6.5	Principaux impacts sur l'environnement	29
7	Description de la solution 2b	29
7.1	Ouvrages provisoires : batardeaux	30
7.1.1	<i>Phase 1/2</i>	30
7.1.2	<i>Phase 2/2</i>	31
7.1.3	<i>Sensibilité aux paramètres de calcul</i>	33
7.1.4	<i>Installations de chantier et circulations</i>	33
7.2	Vérification de la commandabilité du barrage	34
7.3	Vérification concernant la sécurité des personnes	35
7.3.1	<i>Transfert de débit usine barrage</i>	35
7.3.2	<i>Analyse de l'hydrogramme du lâcher d'alerte</i>	36
7.3.3	<i>Synthèse</i>	36
7.4	Durée des travaux et période des travaux	37

7.4.1	<i>Durée des travaux</i>	37
7.4.2	<i>Période des travaux</i>	37
7.5	Principaux impacts sur l'environnement.....	38
8	Interfaces avec opérations de maintenance EM ou GC sur l'aménagement de Donzère	39
9	Analyse multicritère	39
9.1	Méthode.....	39
9.2	Présentation de l'analyse multicritères.....	40
9.2.1	<i>Scores bruts</i>	40
9.2.2	<i>Simulation du cas de base : tous les critères ont le même poids</i>	44
9.2.3	<i>Analyse de sensibilité</i>	44
9.3	Conclusion : solution de mise en œuvre retenue.....	48

1 Rappel des objectifs du projet

Historique du projet

Dans ce rapport sont présentées les études de niveau Avant-Projet pour la réalisation d'une protection contre l'érosion à l'aval du barrage de Donzère-Mondragon.

En effet, depuis la mise en service du barrage en 1952, les fonds à l'aval ont évolué. Des protections légères étaient présentes mais ont disparu durant les quelques années qui ont suivi la mise en service. Un suivi bathymétrique de l'aval barrage a été réalisé depuis 1955 et on constate au fil des ans un approfondissement régulier des fonds.

Ces dernières années (depuis 2011 environ), la couche sous-jacente de marnes a été atteinte. Il a été mis en évidence que ce substratum est érodable. La DREAL a été informée en 2011 de la présence des fosses d'érosion, avec indication de la surveillance bathymétrique déjà en place. En parallèle, la Direction Régionale d'Avignon avait lancé un certain nombre d'études pour évaluer le risque pour le barrage (étude de stabilité, reconnaissances géotechniques et géophysiques, étude des conditions d'érosion sur modèle physique, étude de l'érodabilité des marnes...).

Ainsi, la Direction de l'Ingénierie a réalisé en 2016 un diagnostic synthétisant ces nombreuses études et faisant des recommandations pour le traitement de cette problématique. Les principales conclusions de ce diagnostic sont les suivantes :

- La stabilité du barrage n'est pas remise en cause par la présence des fosses d'érosion.
- Si les fosses d'érosion s'approchent trop du barrage et s'approfondissent encore, cela pourrait entraîner des dégradations au niveau des parements aval des radiers.
- Le substratum marneux est érodable.
- Certaines conditions d'exploitation provoquent plus spécifiquement l'approfondissement des fosses et leur déplacement vers le barrage. Ces phénomènes apparaissent si une crue d'un débit de l'ordre de 2000 m³/s au barrage (ou supérieur) survient alors qu'une des passes 3 à 6 du barrage est batardée pour maintenance (débit proche de celui de la crue annuelle). L'occurrence de ces conditions est aléatoire.
- Ainsi, il est préconisé de mettre en place une protection au droit des passes 3 à 6 du barrage.

Les objectifs du projet sont les suivants :

- Supprimer les phénomènes d'érosion du fond du lit. Les fosses d'érosion à l'aval du barrage s'approfondissent et pourraient à terme être à l'origine de dégradations au barrage,
- Réaliser une protection globale sans impact hydraulique par rapport à la situation actuelle. On a notamment vérifié que les fonds ne sont pas rehaussés par rapport à la bathymétrie d'origine. Ainsi, le nouveau fond sera en moyenne plus bas que les fonds d'origine. La différence en volume est d'environ 8000 m³ en moins,
- Concilier les enjeux environnementaux dans la mesure du possible (plusieurs variantes ont été étudiées et comparées via une analyse multicritère).

Synthèse des études réalisées en phase AVP

Pour la constitution du dossier d'Avant-Projet, les études suivantes ont été menées, en s'appuyant sur les données d'entrée mentionnées ci-dessous :

- Campagnes géotechnique et géophysique de 2011 et 2014 et essais d'érodabilité des marnes : ces campagnes ont permis d'identifier la position du toit des marnes, de réaliser des prélèvements et de montrer que les marnes sont un matériau érodable,
- Campagnes inventaires faune-flore de 2018-2019 : ces campagnes ont permis de réaliser l'état initial de l'environnement ainsi qu'une première analyse des impacts du projet et d'initier la réflexion sur les mesures ERC envisageables,
- Suivi bathymétrique (et archives) : relevés de l'aval barrage réalisés en 1953 (partiel), 1955, 1960, 1962, 1964, 1967, 1968, 1998, 2009, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019,
- Autres données d'entrée : étude de stabilité du mur de rive gauche, archives CNR, diagnostic CNR de 2016, données hydrologiques du Rhône,
- Modèle hydraulique physique du barrage et de l'aval barrage (modèle à fond mobile à l'échelle 1/60) : plusieurs phases d'études des fosses d'érosion et de leur dynamique ont été réalisées entre 2013 et 2015 puis étude de la protection en enrochements en 2016 et 2017,

- Modèles hydrauliques mathématiques 1D et 2D : le modèle 1D a permis de déterminer les capacités de débitance du barrage dans diverses configurations (avec des passes consignées). Le modèle 2D a permis de déterminer les conditions hydrauliques (vitesses et niveaux d'eau) en phase chantier pour différentes configurations de chantier,
- Modélisations des batardeaux : dimensionnement géotechnique et génie civil des batardeaux en gravier et palplanches pour les conditions de chantier calculées sur le modèle hydraulique, pour différents scénarios
- Prospection des carrières autour du site du barrage, analyse des contraintes d'exploitation et autres projets CNR sur l'aménagement de Donzère-Mondragon pouvant être en interface.

2 Contraintes de site et principaux enjeux environnementaux

2.1 Contraintes de site

Les principales contraintes de site liées aux ouvrages présents sont les suivantes :

- Passe à poissons en rive gauche
- Rampes à canoës en rive gauche
- Deux exutoires du contre-canal amont RD au niveau de la rive droite
- Véloroute ViaRhôna en rive droite
- RD 93n passant sur le barrage

2.2 Principaux enjeux environnementaux

2.2.1 Situation vis-à-vis des périmètres d'inventaires et de protections

Parmi les périmètres d'inventaires ou de protection des milieux, le site d'étude est concerné par plusieurs zonages décrits ci-après.

L'amont et l'aval du barrage sont classés en Zone Natura 2000 (Directive Habitats) ainsi qu'en ZNIEFF de type II. L'aval du barrage est également classé en ZNIEFF de type I :

- La ZNIEFF de type I « Vieux-Rhône et îles du Rhône de Viviers à Pont St Esprit » n°820030254 (identifiant national) d'une surface de l'ordre de 870 ha couvre l'ensemble de l'emprise projet. Il en est de même pour la ZNIEFF de type II « Ensemble fonctionnel formé par le moyen Rhône et ses annexes fluviales » n°820000351 qui couvre un vaste territoire (23 000 ha) compris entre le sud de Lyon et le sud des départements de l'Ardèche et de la Drôme. Ces milieux sont remarquables à plusieurs titres compte tenu de la mosaïque de formations végétales aquatiques, semi-aquatiques et de boisements alluviaux abritant de nombreuses espèces faunistiques et floristiques. L'emprise du projet ne concerne qu'une toute petite section de ces 2 périmètres.
- La zone d'étude est comprise dans le site Natura 2000 « Milieux alluviaux du Rhône aval » (site FR 820 1677) qui s'étend sur 2 112 ha et correspond à un chapelet de sites dispersés dans la vallée du Rhône entre St Vallier et Donzère dont l'entité Donzère comprise entre Viviers et la confluence de l'Ardèche. La gestion du site Natura 2000 est assurée par le CEN Isère Antenne Platière. La dernière version du DOCOB date de 2007.

Type de zone	Identifiant	Nom	Localisation
Natura 2000 Directive Habitats	FR8201677	Milieux alluviaux du Rhône aval	Amont et aval barrage
ZNIEFF Type I	820030254	Vieux Rhône et îles du Rhône de Viviers à Pont-Saint-Esprit	Aval barrage
ZNIEFF Type II	820000351	Ensemble fonctionnel formé par le Moyen-Rhône et ses annexes fluviales	Amont et aval barrage

Tableau 1 : espace réglementé identifiés

Les espaces réglementés sont illustrés sur les figures suivantes.



Figures 1 : emprise des zones environnementales remarquables : Zone Natura 2000 – ZNIEFF Type I – ZNIEFF Type II

La zone d'étude élargie est également concernée par les inventaires des zones humides :

- Le plan d'eau situé en rive gauche du Rhône en amont du barrage et ses abords sont compris dans la zone humide « Amont du barrage de Donzère » n°26SOBENV0066 d'une surface de 12.19 ha,
- Les terrains situés en rive gauche du Vieux-Rhône, en aval du barrage sont compris dans la zone humide « Ile de Malaubert » d'une surface de 623.61 ha qui couvre plus particulièrement un ensemble de îlons et d'annexes hydrauliques situé au sud du barrage dans la plaine de Donzère et Pierrelatte,
- Les abords du Vieux-Rhône rive droite en aval du barrage sont situés dans la zone humide « RCC de Donzère à Pont St Esprit » 07DDAF0143 d'une surface de 300.58 ha qui comprend un complexe de milieux répartis sur un linéaire de plus de 20 km.

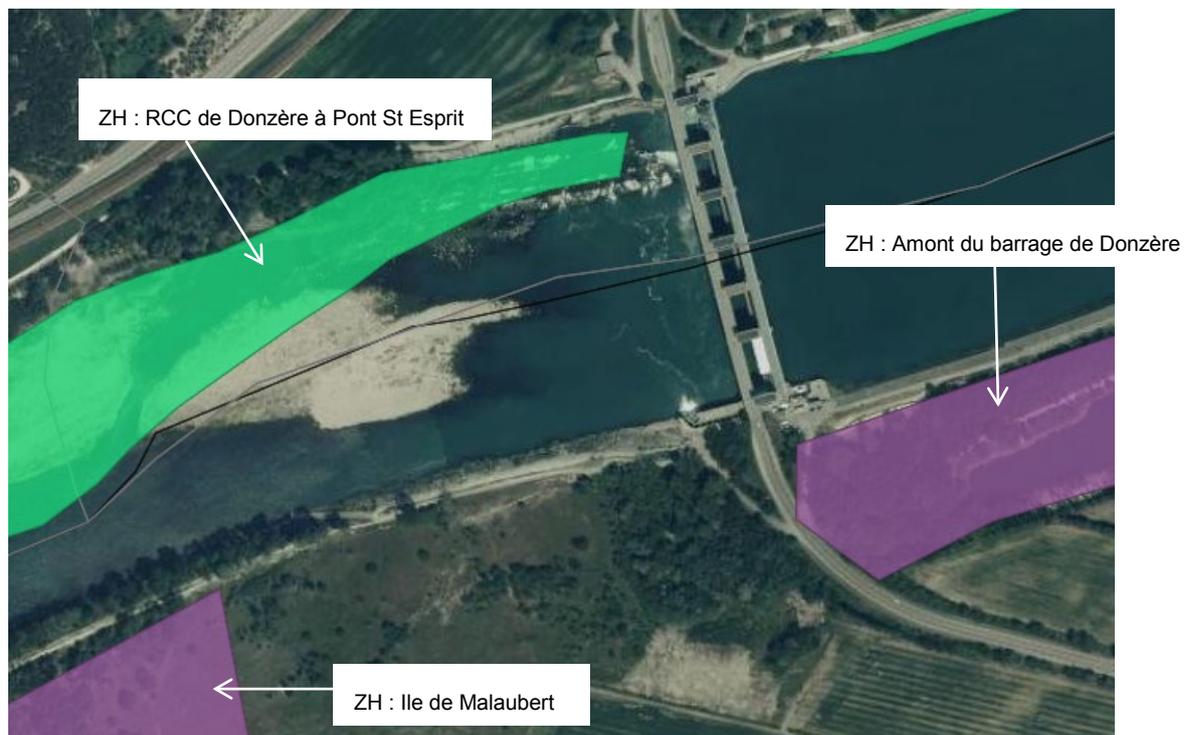


Figure 2 : localisation des zones humides par rapport à la zone d'étude (ZH : Zone Humide)

Les bureaux d'études Ecosphère et Hydrosphère sont chargés de réaliser des reconnaissances naturalistes sur une emprise élargie autour de la zone de travaux (Cf. carte suivante). En préalable, un recueil de données existantes auprès des structures naturalistes a été effectué par des prises de contacts afin d'évaluer les enjeux présents, d'identifier les méconnaissances et orienter les campagnes de terrain.

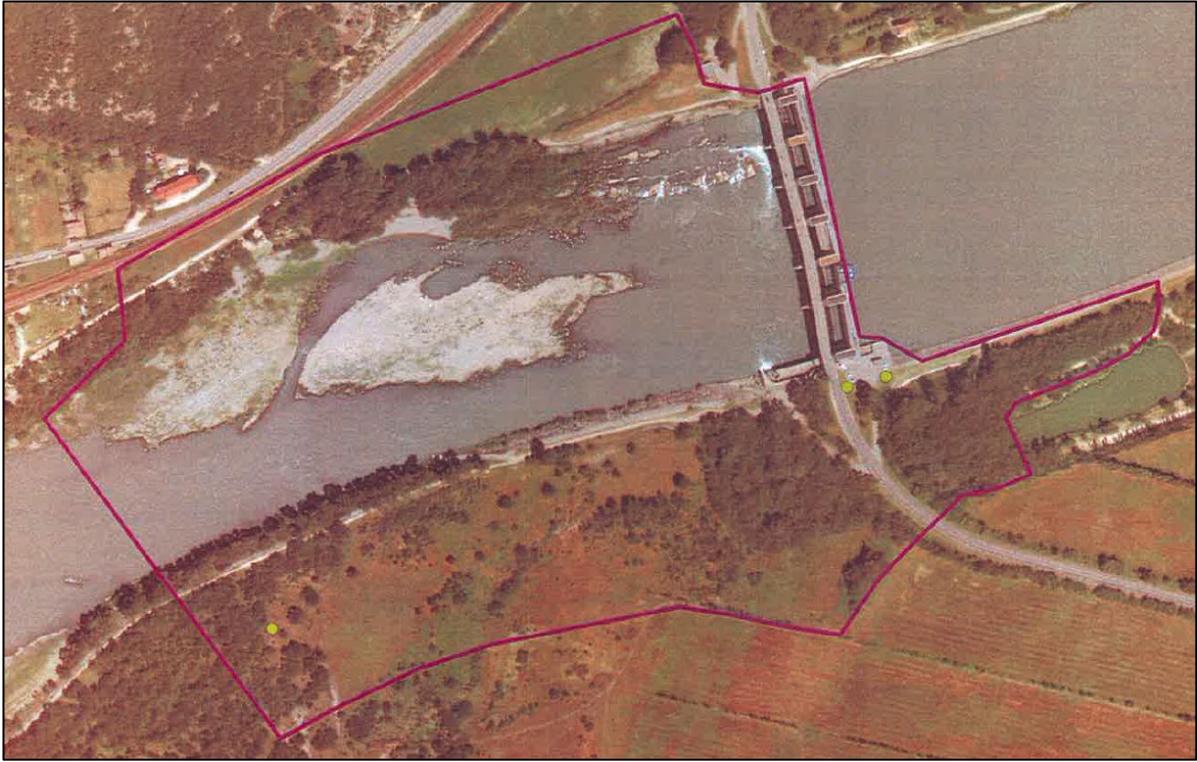


Figure 3 : emprise élargie dans le cadre des reconnaissances naturalistes (source : Ecosphère)

2.2.2 Passe à poissons

Afin d'assurer le transit des poissons au niveau du barrage de retenue, une passe à bassins successifs est implantée en rive gauche et a été intégrée lors de la construction de l'aménagement. La prise d'eau est située en rive gauche à l'amont de la passe 6. Un débit d'attrait de $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ est injecté à l'amont immédiat de l'entrée de la passe. Le dénivelé est divisé en 40 chutes créées par des cloisons à échancrures et orifices de fond.



Figure 4 : prise d'eau et passe à poissons à bassins en fonctionnement

Au vu des nouveaux enjeux relatifs à la restauration de la continuité écologique (évaluation de l'efficacité de la passe), CNR a missionné un bureau d'études pour définir la faisabilité d'un suivi piscicole de l'ouvrage. Un suivi piscicole a été engagé courant 2019 afin de mieux cerner l'efficacité de cette passe et les mesures correctives qu'il conviendrait d'apporter pour améliorer son fonctionnement. Les résultats de cette étude devraient être disponibles début 2020.

La question du maintien fonctionnel de la passe pendant les travaux doit être posée, puisque la période de migration des espèces risque d'interférer avec la période des travaux.

2.2.3 Débit réservé

Le barrage de Donzère assure continuellement le passage d'un débit réservé réglementé de 75,4 m³/s dans le Vieux Rhône, réparti entre les différents organes comme suivant :

- Le débit d'attrait de la passe à poissons d'environ 7.5 m³/s injecté à l'amont immédiat de l'entrée de la passe ;
- Le barrage fait transiter 75 m³/s par sousverse soit par la vanne 1 soit par la vanne 6. Le passage du débit réservé par surverse est difficile à maintenir, ce dernier étant plus sensible aux oscillations du niveau amont. Etant donné que l'ouverture des vannes 2, 3, 4, 5 est assujettie à l'abaissement total des volets, le débit réservé est assuré uniquement par la vanne 1 ou 6 ;
- Les contre-canaux font transiter environ 2.5 m³/s.

Le débit réservé est assuré par sousverse de la vanne 1 ou la vanne 6. Cependant, du fait de la bathymétrie particulière à l'aval du barrage, son passage par la vanne 1 provoque des écoulements traversiers très importants de la rive droite vers la rive gauche, notamment sur la pile 3.



Figure 5 : conditions hydrauliques lors du passage du débit réservé par sousverse de la passe 6, vue depuis la rive droite



Figure 6 : conditions hydrauliques à l'aval du barrage lors du passage du débit réservé par sousverse de la passe 1, vue depuis la rive droite



Figure 7 : conditions hydraulique et courants traversiers au droit de la passe 2 lors du passage du débit réservé par sousverse de la passe 1

Le débit réservé devra être maintenu pendant le chantier.

3 Description de la protection

La protection à mettre en place a été dimensionnée sur le modèle physique.

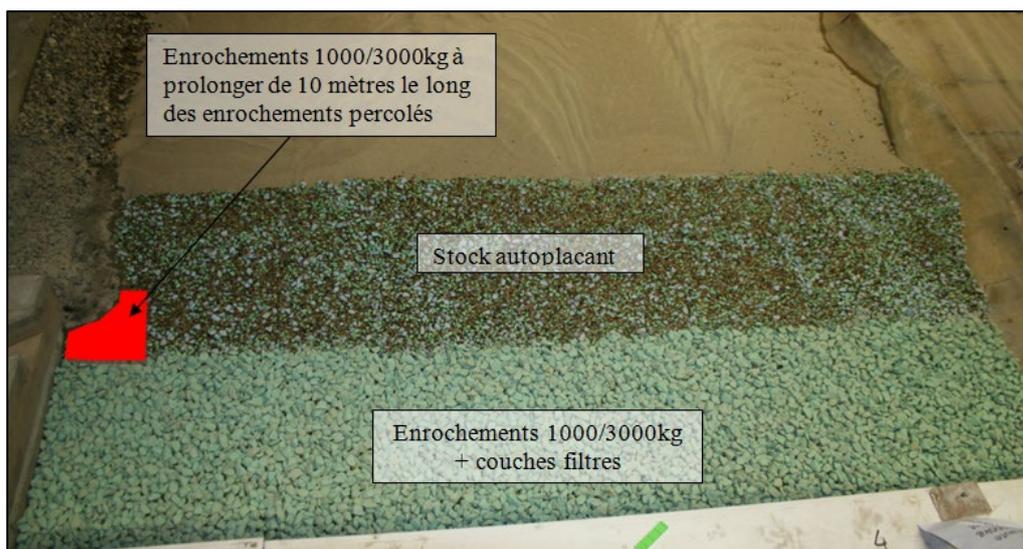


Figure 8 : protection aval envisagée après les essais réalisés sur modèle physique

3.1 Dimensionnement des couches d'enrochements

L'étude réalisée en juillet 2016 a montré que la vitesse maximale atteinte à l'aval est de l'ordre de 4,5 m/s. La protection en enrochements sur les 50 premiers mètres sera composée comme suit :

- Enrochements libres 1000/3000kg sur une épaisseur de 1.5 m ;
- Matériaux de carrière 5/40 kg sur une épaisseur de 40 cm ;
- Une couche filtre de graviers 1/5 cm sur une épaisseur de 15 cm.

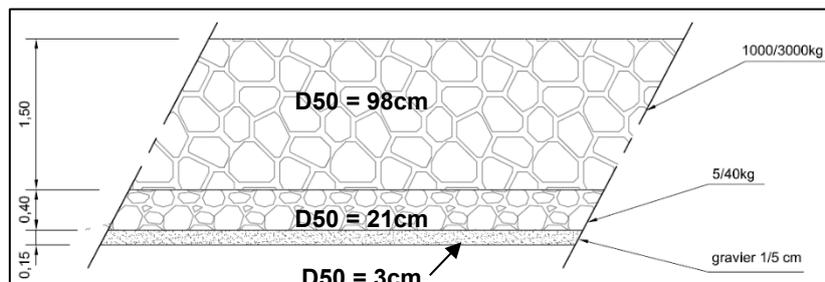


Figure 9 : composition de la protection en enrochements

La blocométrie des couches filtres du dessous est déterminée par application des règles de Terzaghi.

Un stock autoplaçant sera mis en place sur les 35 derniers mètres de la protection afin de stabiliser la formation d'éventuelles fosses et ainsi empêcher le phénomène d'érosion régressive (résultat observé sur le modèle physique). Il sera donc composé des blocométries suivantes :

- 300-1000 kg ;
- 60-300 kg ;
- 10-60 kg ;
- 45-180 mm ;
- 10-50 mm (classe correspondant aux alluvions présentes sur site).

Ce mélange a pour but de former un ensemble continu de blocométries entre chaque couche, de sorte que lorsque la fosse aval se creuse les enrochements puissent se répandre et s'organiser les uns par rapport aux autres de façon à protéger au mieux les alluvions.



Figure 10 : composition du stock autoplaçant

Les résultats du modèle hydraulique ont également montré que le décrochement de la digue en rive gauche perturbait l'écoulement. Par précaution, les enrochements 1000/3000 kg seront prolongés de 10 m en rive gauche afin de protéger les fonds entre le mur et les enrochements percolés.

3.2 Profil en long

Concernant la géométrie de la protection, on a réalisé un retour d'expérience sur les protections aval des autres barrages du Rhône. Il a ainsi été décidé d'adopter un profil de protection avec la forme d'une fosse de dissipation d'énergie. Cela permet :

- Une dissipation d'énergie et un volume d'eau important au niveau de l'impact du jet en aval du barrage ;
- De s'adapter à la topographie actuelle présente déjà une fosse de dissipation ;
- De caler la protection à un niveau proche des fosses actuelles, et donc de ne pas augmenter les niveaux amont pour les écoulements en régime noyé.

La longueur de la protection sera de 85 m. En effet, le modèle physique a montré qu'une protection plus courte (55 m) provoquerait un affouillement important atteignant les marnes en aval de la protection.

La fosse de dissipation est à la cote 46.00 m NGF. La cote au niveau du stock autoplaçant est 47.00 m NGF, afin de donner la forme de fosse. Une protection positionnée 1 m plus bas, accentuant la forme de fosse, a été également étudiée. Cependant, il a été décidé de ne pas approfondir davantage la fosse de dissipation afin de limiter le risque de rencontrer la couche de marnes, difficile à terrasser, au niveau du fond de fouille (à la cote 44 m NGF).

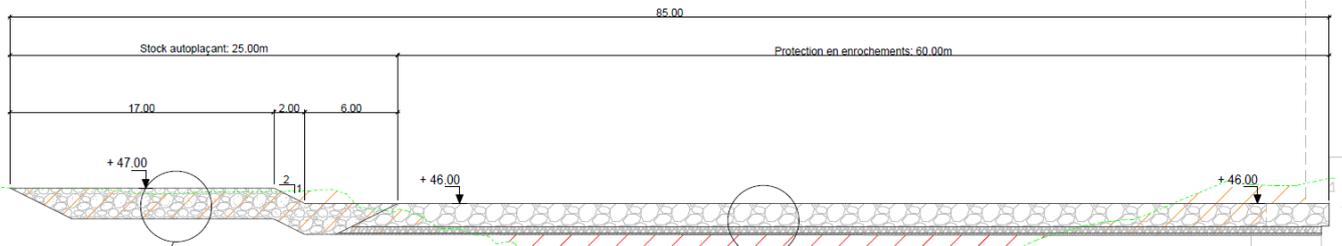


Figure 11 : profil en long de la protection haute 46-46-47

3.3 Vue en plan

La protection sera disposée au droit des passes 3 à 6 du barrage. Le lit du Rhône à l'aval des passes 1 et 2 est constitué par l'affleurement rocheux en calcaire et ne nécessite pas de protection supplémentaire (zone non soumise aux érosions observées).

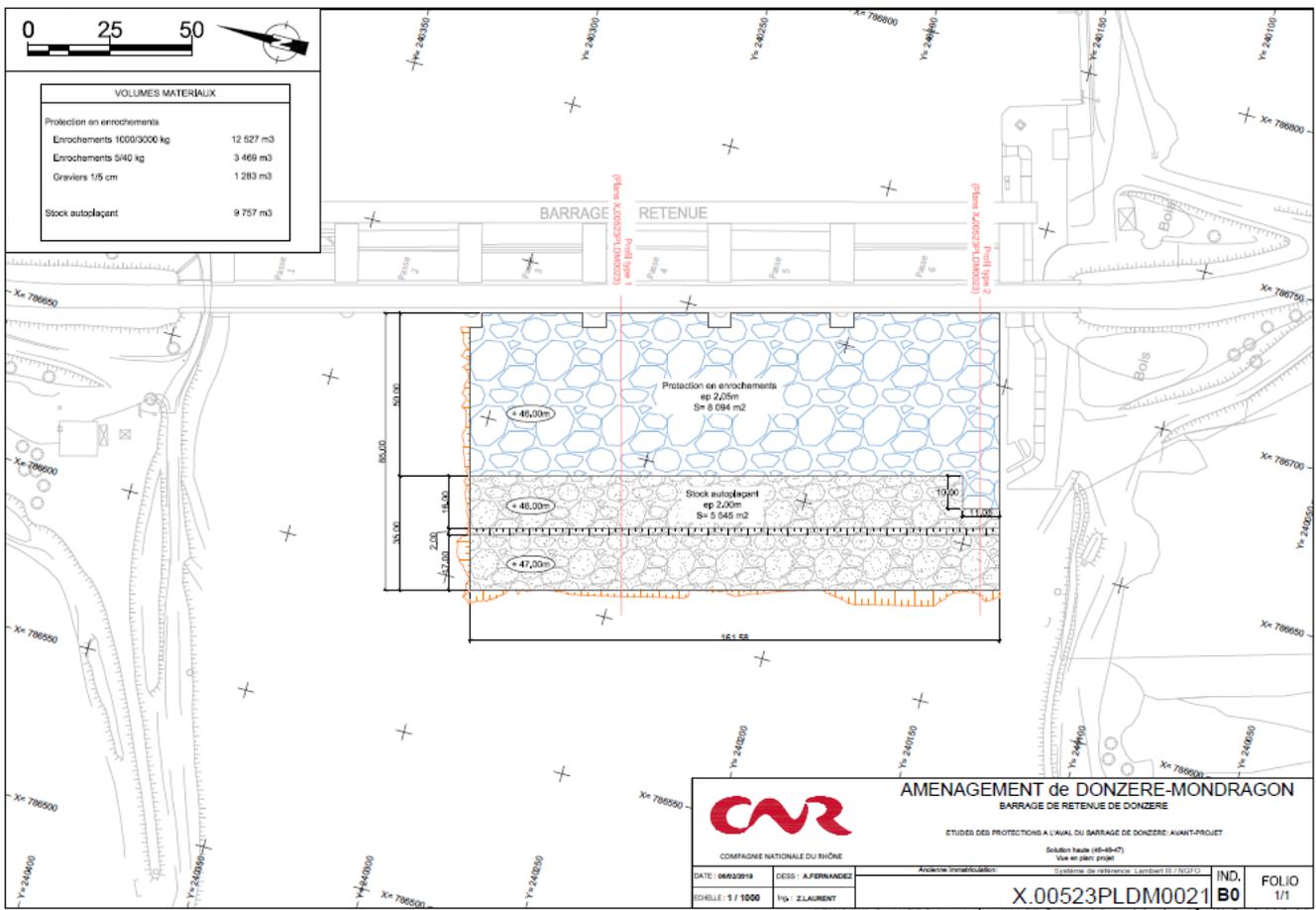


Figure 12 : Vue en plan de la protection

3.4 Principales quantités et incidence hydraulique

Pour la mise en place de cette protection, le terrassement mobilisera les quantités de terres suivantes :

- Déblais : 10 700 m³ ;
- Remblais : 7 600 m³.

Ces travaux de déblais-remblais pour régler le fond de fouille consteront essentiellement à combler les fosses avec les « bosses » en alluvions. Il restera environ 3 000 m³ de déblais excédentaires d'alluvions après travaux, à laisser sur place ou à évacuer.

Cette solution présente l'avantage de réduire la profondeur de terrassement et ainsi limiter la quantité de déblais et la durée des travaux (par rapport à une solution plus profonde accentuant la forme de fosse). De plus, en cas de travail en eau, la profondeur de travail serait réduite d'1m, facilitant la manipulation des blocs et leur mise en place.

Les quantités d'enrochements estimées sont les suivantes :

- Enrochements 1000/3000 kg : 12 500 m³ ;
- Enrochements 5/40 kg : 3 500 m³ ;
- Graviers 1/5 cm : 1 300 m³. Cette couche sera mise en œuvre par le réglage des alluvions du Rhône présentes
- Stock autoplaçant : 9 800 m³.

Afin d'estimer l'incidence hydraulique de la mise en place de la protection, les fonds de la bathymétrie de 1955, (date du plus ancien relevé bathymétrique complet disponible – on rappelle que la mise en service du barrage date de 1952), ont été comparés avec les fonds après mise en place de la future protection, afin d'estimer la différence de volume dans le lit majeur une fois le projet fini.

Les calculs effectués montrent que le fond fini du projet sera de **8 000 m³ inférieur aux fonds de 1955** (voir figure 6). La protection envisagée ne provoquera donc pas d'augmentation du volume dans le lit par rapport à la date de création de l'ouvrage.



Figure 13 : comparaison du niveau final de la protection par rapport à la bathymétrie de 1955

4 Résumé des trois solutions de mise en œuvre étudiées

Pour mettre en œuvre la protection en enrochement envisagée, trois solutions ont été étudiées :

- « Solution 1 » : Mise en œuvre en eau,
- « Solution 2a » : mise en œuvre à sec en une phase, avec un unique batardeau fusible en cas de crue,
- « Solution 2b » : mise en œuvre à sec en deux phases, donc avec deux batardeaux fusibles en cas de crue.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques de chaque solution en termes de durée, impact sur le barrage (consignation de passes), niveau de protection du chantier, montant.

Solution	1 – en eau	2a – à sec 1 batardeau	2b – à sec 2 batardeaux
Durée travaux nécessitant des passes consignées (*)	212 jours (11 mois) en continu	69 jours (3.5 mois) en continu	141 jours (soit env. 7 mois) en 2 phases (environ 98 jours phase 1, 43 jours phase 2)
Nombre de passes du barrage devant être consignées pour réaliser les travaux	3 passes (2 passes pour les travaux au droit de la passe 6)	5 passes	4 passes pour chaque phase
Capacité d'évacuation du barrage avec des passes consignées	4300 m3/s (3 passes consignées)	1600 m3/s (5 passes consignées)	3100 m3/s (4 passes consignées)
Débit maxi au barrage obligeant à interrompre les travaux car conditions hydrauliques trop fortes	600 m3/s (à cause de la vitesse d'écoulement supérieure à 2.3 m/s)	200 m3/s (à cause de la hauteur du plan d'eau supérieure à la cote du batardeau calculé)	600 m3/s (phase 1) et 600 m3/s (phase 2) (à cause de la hauteur du plan d'eau supérieure à la cote du batardeau calculé)
Compatible avec contraintes d'exploitation (lâcher d'alerte, commandabilité du barrage)	oui	Nécessité d'un exploitant sur place 24h/24 ou en 2x8 pendant toute la durée du chantier	oui
Principal impact environnemental	Travaux en continu dans le cours d'eau pendant au moins 11 mois (MES), et chevauchant les périodes sensibles pour les poissons sur une année entière. Impact sur la ripisylve de rive gauche pour construction du quai de chargement et rampe à canoës. Interruption passe à poissons pendant 2 mois. Frayère de substitution Alose et nursery des juvéniles détruites pour 1 saison	Travaux chevauchant en partie les périodes sensibles pour les poissons (travaux de juin à septembre) sur une seule saison de reproduction. Passe à poisson interrompue sur 1 cycle (3.5 mois). Durée des travaux dans le cours d'eau (MES) réduite au temps de pose du batardeau (3 semaines) Frayère en partie détruite pour 1 saison	Travaux chevauchant en partie les périodes sensibles pour les poissons sur deux années (travaux de juin à novembre et de juin à septembre) mais en alternant les rives. Passe à poisson interrompue sur 1 cycle (5 mois). Durée des travaux dans le cours d'eau (MES) réduite au temps de pose des batardeaux (4.5 mois) Frayère en partie détruite pour 1 saison
Montant (P+SAV+PRI)	6.910 M€HT	5.590 M€HT	7.570 M€HT

(*) les durées indiquées en mois prennent en compte 20 jours par mois, soit des travaux du lundi au vendredi. En travaillant le samedi on pourrait raccourcir un peu le délai global. Les durées indiquées ne comprennent pas d'aléas hydraulique. Selon la solution, le risque est plus ou moins élevé que cette durée soit allongée.

Le chapitre suivant présente les détails concernant les trois solutions.

5 Description de la solution 1 – en eau

Cette solution consiste à réaliser les travaux en conservant l'aval du barrage en eau. Le terrassement et la mise en place des blocs se font depuis un ponton équipé d'une pelle à bras long. Les blocs sont chargés sur 2 chalands depuis un quai provisoire installé en rive gauche, et sont amenés par un chenal de navigation jusqu'au ponton grâce à un bateau pousseur.

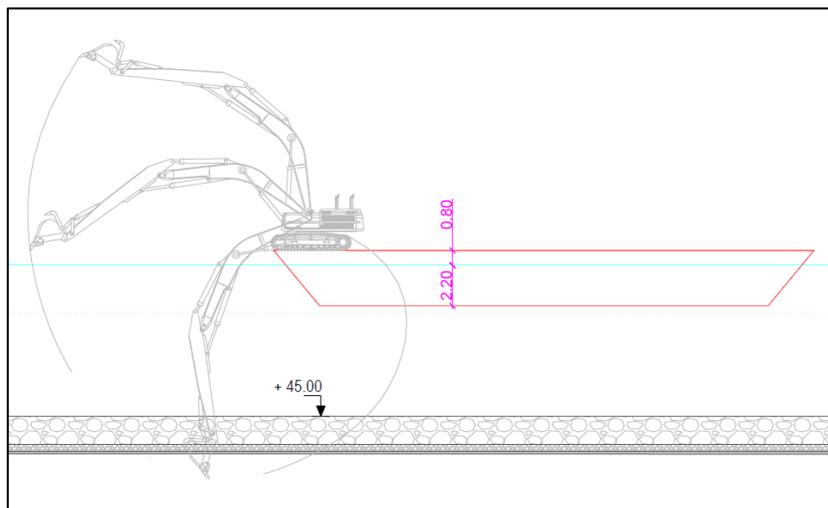


Figure 14 : schématisation d'une pelle travaillant sur un ponton pour déposer les blocs



Figure 15 : exemple de chargement d'un chaland à l'aide d'une pelle à bras long installée sur un ponton

5.1 Ouvrages provisoires : chenal d'accès, quai de chargement, installations de chantier

5.1.1 Chenal d'accès et quai de chargement

La mise en œuvre de cette solution nécessite la construction d'ouvrages provisoires. Une plateforme de chargement/déchargement des chalands avec en extrémité un quai en palplanches en emprise sur le Rhône devra être construite. Deux ducs d'Albe provisoires espacés seront implantés en amont et dans l'alignement du quai de façon à constituer un front d'accostage sur lequel l'ensemble du matériel nautique pourra venir s'amarrer en toute sécurité, quel que soient les conditions hydrauliques.

Un chenal de navigation comprenant une zone de retournement au niveau du quai de chargement et permettant d'accéder au droit de la zone de chantier devra également être créé en rive gauche. En effet, il est aujourd'hui impossible de naviguer à l'aval du barrage, le tirant d'eau étant insuffisant. Ce chenal, d'une largeur minimale de 20 mètres et d'une longueur d'environ 300 mètres, devra assurer une profondeur minimale de 2 mètres quel que soit le débit transitant par le barrage. Il devra être balisé. Il sera à remettre en état après chaque crue afin de garantir les conditions de navigation pendant toute la durée du chantier. A la fin du chantier, il sera remis dans sa

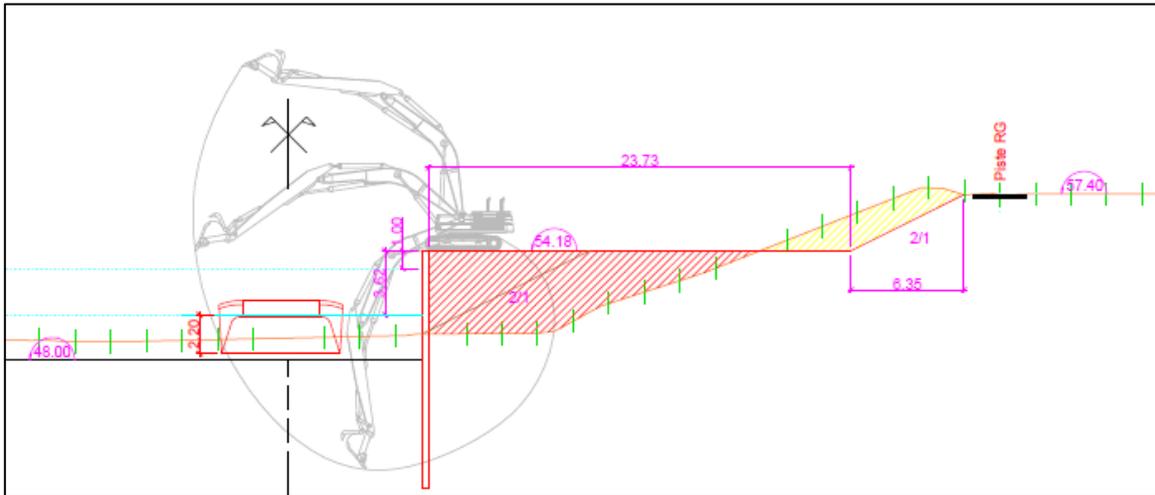


Figure 18 : plateforme de chargement installée en rive gauche pour le chargement des chalands

5.1.2 Installations de chantier et circulations

A ce stade, les installations de chantier et la zone de stockage des enrochements sont envisagés en rive droite, sur la parcelle agricole (voir figure 19), sous réserve de l'accord du propriétaire. L'accès à cette zone se fera par le nord via une route existante débouchant sur la route D93 dans une ligne droite, pour une meilleure visibilité et donc une meilleure sécurité. Cela évite également de couper la ViaRhôna qui passe en rive droite du Rhône.

Les cadences estimées de production des enrochements et de mise en œuvre conduisent à envisager une zone de stockage d'environ 3000 m². Le stock d'enrochement occupera un volume d'environ 3000 m³ pendant la durée du chantier, soit 11 à 12 mois, hors aléas.

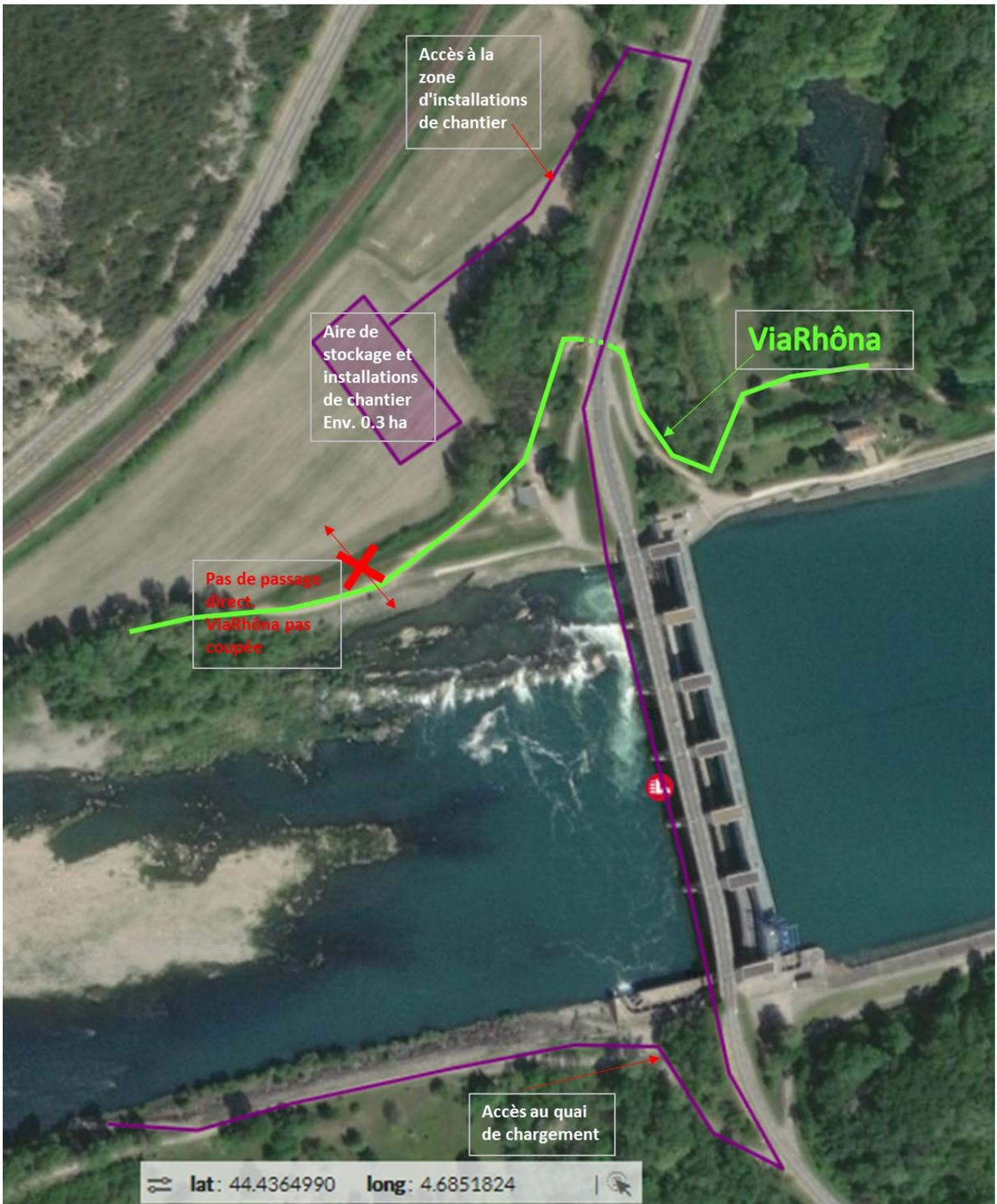


Figure 19 : Zone envisagée pour les installations de chantier et le stockage des enrochements – solution 1

5.2 Vérification de la commandabilité du barrage

Cette solution de mise en œuvre nécessite la consignation de 3 passes : celle au droit de laquelle les engins sont en train de travailler et les deux passes situées de part et d'autre.

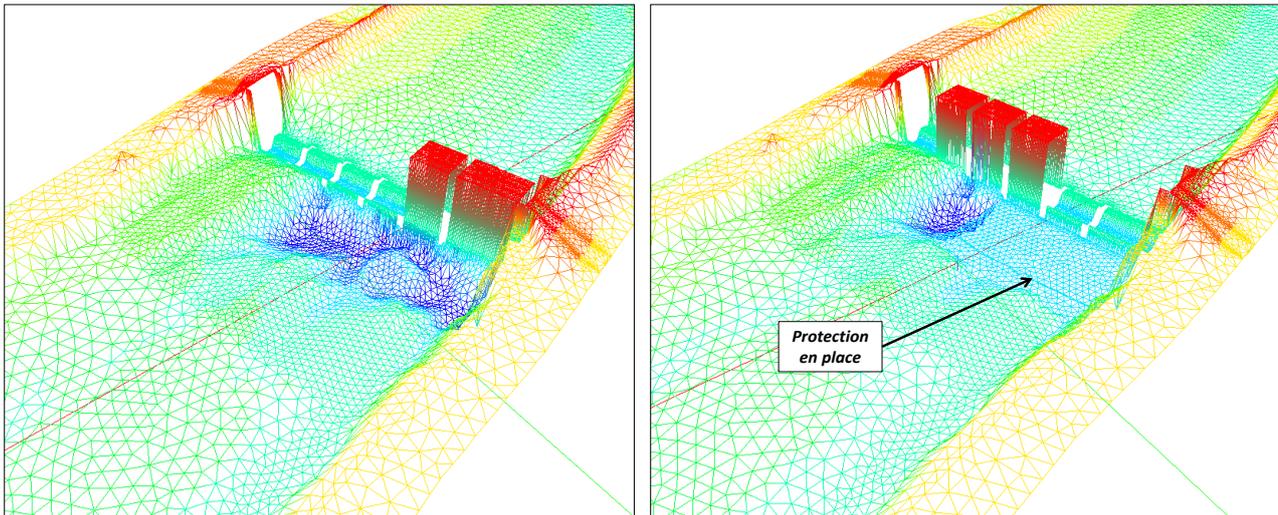


Figure 20 : Deux configurations de travaux : vannes 5&6 consignées (à gauche) et vannes 2,3&4 consignées (après la mise en place de la protection derrière les passes 4,5 et 6 – à droite)

Dans ces conditions, l'Exploitant sait respecter les contraintes d'exploitation suivantes :

- Passage du débit réservé : celui-ci pourra être évacué par la passe 1 ou la passe 6 (sauf pendant les travaux au droit des passes 5 et 6)
- Possibilité de réaliser le lâcher d'alerte : oui, par la passe 2 (par le volet de la vanne)
- Commandabilité du barrage depuis l'usine pour évacuer les « petits » débits : oui, par les passes non consignées.
- Fonctionnement de la sécurité intrinsèque du barrage : oui (la SI fonctionne sur les vannes non consignées et non commandées en local, donc dans ce cas sur deux vannes).
- Evacuation de la crue de projet : oui car le chantier est évacué et mis en attente dès que le débit au barrage est supérieur à 600 m³/s. L'ensemble du barrage est alors « rendu » à l'Exploitant.

5.3 Vérification concernant la sécurité des personnes

5.3.1 Dispositions en phase chantier

Tous les matériels flottants devront être efficacement amarrés et posséder un moteur de secours afin de ne pas dériver. Ils devront être également équipés d'une ancre et adaptés à la vitesse de courant fournie par les études hydrauliques 2D.

En cas d'ouverture du barrage, l'entreprise devra pouvoir évacuer son matériel flottant et son personnel en un temps précisé par l'exploitant. Une zone de sécurité à l'aval du barrage située à distance du barrage devra être définie. Cette zone sera située à au moins 300 m du barrage.

Le chef de chantier devra être joignable en permanence sur le chantier par l'exploitant de l'usine.

Il sera demandé aux entreprises de prendre les dispositions pour qu'un repli de chantier puisse se faire en 30 minutes et ce quel que soit le débit.

Un système d'alerte (sirène, gyrophare...) pourra être mis en place afin de permettre aux entreprises d'enclencher la mise en sécurité du matériel et des personnes.

En cas de crue ou en cas de disjonction généralisée des groupes, une consigne d'ouverture des différents organes sera mise en place en fonction de la zone traitée lors de l'évènement.

5.3.2 Transfert de débit usine barrage

On cherche à vérifier l'ordre de grandeur du temps dont disposera l'entreprise de travaux pour évacuer le chantier dans un cas où un transfert de débit de l'usine vers le barrage a lieu. Un tel évènement peu avoir lieu dans les deux situations suivantes :

1. Augmentation du débit entrant de l'aménagement si bien que le canal usinier se retrouve saturé et que le surplus de débit doit être évacué au barrage
2. Déclenchement à l'usine sans compensation

Les échanges avec l'exploitant ont apporté les réponses suivantes :

1. Dans le premier cas, l'ouverture au barrage est commandée par l'automate de régulation de l'aménagement. La procédure du lâcher d'alerte est appliquée. Pour une gestion optimisée du chantier, il faudrait connaître le débit qui passera au barrage. Cela semble possible en utilisant les prévisions de débit du CGPM mais devra être approfondi en phase PRO.
2. En cas de déclenchement non compensé à l'usine, l'ouverture au barrage est commandée par la montée du niveau amont barrage. Le scénario d'un déclenchement complet de l'usine (6 groupes) avec demi-compensation par les déchargeurs a été simulé par le modèle hydraulique 1D. L'onde de disjonction met environ 40 minutes pour arriver au barrage. Par ailleurs, à l'ouverture du barrage, la procédure de lâcher d'alerte est respectée.

5.3.3 Analyse de l'hydrogramme du lâcher d'alerte

La figure suivante présente l'hydrogramme du lâcher d'alerte au barrage, issu de la procédure P438 « AMENAGEMENT DONZERE-MONDRAGON : DIRECTIVE PERMANENTE D'EXPLOITATION NORMALE ET EN CRUE ».

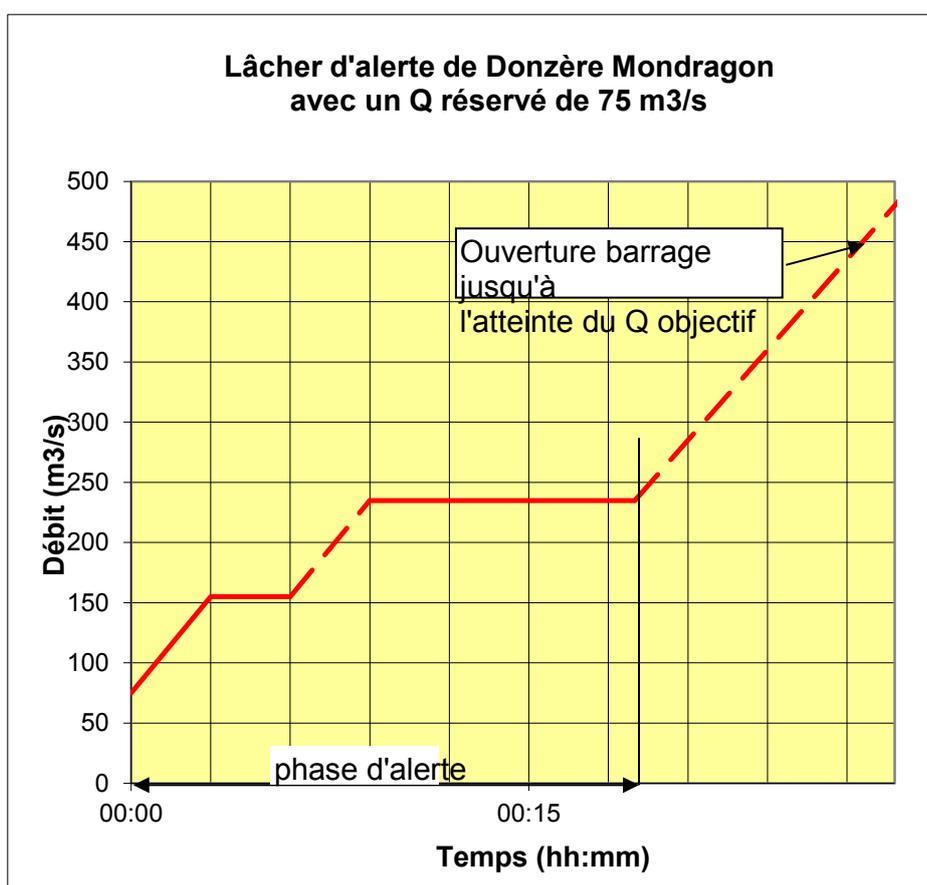


Figure 21 : Chronogramme du lâcher d'alerte du barrage de retenue

T0 (hh:mm:ss)	00:00:00	00:03:00	00:06:00	00:09:00	00:19:00	Puis gradient De 1600 m ³ /s/h jusqu'à 355 m ³ /s
Q0 (m3/s)	75	155	155	235	235	

L'analyse de cet hydrogramme montre qu'en cas d'ouverture du barrage pour un lâcher d'alerte, le débit de 600 m³/s, débit pour lequel ont été dimensionnés les batardeaux, est atteint au bout d'un temps supérieur à 30 minutes.

5.3.4 Synthèse

Dans une gestion courante des débits (cas 1 du § 5.3.1), le chantier a au moins 30 minutes pour évacuer avec l'information préalable quotidienne que le risque d'ouverture du barrage est réel ou non.

En cas de déclenchement usine, dans le cas le plus défavorable (déclenchement de 6 groupes semi-compensé), le chantier a environ 70 minutes pour évacuer.

Les différents scénarios devront être précisés et étudiés en phase PRO.

5.4 Durée des travaux et période des travaux

5.4.1 Durée des travaux

La durée des travaux a été estimée grâce aux cadences issues du dossier de récolement d'un chantier similaire réalisé par la CNR à Seyssel. Les cadences et durées suivantes ont été retenues :

- Dragage du chenal de navigation (en mètre linéaire) : 20 ml/jour
- Terrassement (2 postes) : 665 m³/jour
- Mise en place de la couche filtre : 233 m³/jour
- Mise en place des enrochements 1/3 tonnes (2 postes) : 350 m³/jour
- Mise en place d'un duc d'albe : 3 jours

Les temps de chantier estimés sont les suivants, ces durées étant indicatives, en jours ouvrés, et hors aléas de chantier :

	Solution 1
	2 postes
Réalisation du chenal navigable	39 j
Pontons et ducs d'albe	40 j
Installations de chantier	20 j
Protections	133 j
Repli de chantier	15 j
Durée totale du chantier	247 j
Durée de chantier dans l'eau	212 j

5.4.2 Période des travaux

Le tableau ci-dessous indique les occurrences des débits du Rhône à Viviers (en amont de l'aménagement de Donzère) et des débits théoriques au barrage calculés à partir de la consigne d'exploitation de l'aménagement. Ces occurrences sont basées sur des données hydrologiques des 98 dernières années.

Données par mois - occurrence													
Pourcentage d'occurrence où le débit a été <u>au-dessus</u> de la valeur seuil													
Débit barrage (m3/s)	Débit Rhône (m3/s)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octobre	Novembre	Décembre
>76	>1916	36.3%	37.3%	32.8%	32.7%	28.3%	25.6%	11.0%	5.1%	8.8%	14.7%	27.4%	30.3%
>200	>2040	31.9%	33.9%	29.1%	28.5%	23.3%	20.6%	8.0%	4.2%	7.5%	12.8%	25.2%	26.9%
>400	>2240	25.6%	28.4%	24.1%	21.5%	16.9%	14.5%	3.8%	2.9%	6.1%	10.3%	21.0%	21.7%
>600	>2440	21.0%	22.8%	19.3%	16.2%	12.8%	10.1%	2.2%	2.1%	4.8%	8.3%	17.6%	16.8%
>800	>2640	15.6%	18.4%	15.4%	11.6%	9.4%	6.6%	1.4%	1.2%	3.5%	6.4%	14.4%	13.5%
>1000	>2840	11.9%	14.2%	11.5%	8.7%	6.9%	3.9%	0.5%	0.7%	2.7%	4.8%	11.8%	10.7%
>1200	>3040	9.0%	10.3%	8.6%	6.5%	5.5%	2.7%	0.3%	0.5%	2.0%	3.8%	9.2%	8.3%
>1400	>3240	6.5%	7.4%	6.3%	4.6%	3.8%	1.8%	0.2%	0.3%	1.4%	2.9%	7.4%	6.8%
>1600	>3440	5.1%	5.8%	4.6%	3.5%	2.7%	1.3%	0.1%	0.2%	0.9%	2.1%	6.0%	5.3%
>1800	>3640	4.3%	4.4%	3.1%	2.4%	1.9%	1.0%	0.1%	0.2%	0.8%	1.5%	4.9%	3.8%
>2000	>3840	3.3%	3.0%	2.2%	1.5%	1.4%	0.9%	0.0%	0.1%	0.5%	1.3%	3.9%	2.9%

Légende*
<5%
<10%
<15%
>15%

Exemple : sur les 3069 jours de janvier des 98 années observées, le débit moyen journalier référent a dépassé le débit seuil 1 113 fois, d'où $P = \frac{1113}{3069} = 36.3\%$

Tableau 2 : pourcentage d'occurrence par mois des jours où le débit moyen journalier référence est au-dessus d'une valeur seuil pendant les 98 années observées

Ainsi le débit contre lequel le chantier sera protégé (600 m3/s) a une occurrence allant de 2.1% (août) à 22.8% (février). Il est donc très probable que sur les 11 mois du chantier, ce débit soit atteint. Ainsi la maîtrise de la durée du chantier pour cette solution de mise en œuvre n'est pas très bonne.

A ce stade, on prévoit la réalisation du chantier sur au moins 11 mois entre juillet en 2021 et juin 2022 (hors aléas, notamment de type hydrologique).

5.5 Principaux impacts sur l'environnement

Les principaux impacts de cette solution sont les suivants :

- Travaux chevauchant les périodes sensibles pour les poissons sur une année entière
- Travaux générant des MES de manière intermittente (1 ou 2 jours par semaine) pendant une année entière au moins
- Frayère à Alose de substitution et nursery des juvéniles détruites sur 1 saison (chenal d'accès des barges)
- Interruption de la passe à poissons pendant environ 2 mois durant les travaux au droit de la passe 6
- Impact sur la ripisylve de rive gauche pour construction du quai de chargement
- Blocage de la rampe à canoës de rive gauche pendant toute la durée des travaux

6 Description de la solution 2a

6.1 Ouvrages provisoires : batardeaux, installations de chantier

6.1.1 Batardeau latéral en big-bags

Pour optimiser le batardeau latéral qui sera dans le prolongement de la passe 2, sur l'affleurement calcaire, il est proposé de réaliser un batardeau provisoire avec des big-bags remplis de matériaux sablo-limoneux.

Deux profils types ont été étudiés :

- le profil 1 situé à l'aval et représentatif de la plus grande partie du batardeau (85 m de long sur 115 m au total), pour lequel le rocher est à la cote (52.45) m NGF environ
- le profil 3, situé à l'amont (vers le barrage), représentant environ 30 m linéaires, pour lequel le rocher est à la cote (48.50) m NGF environ

Le calcul au niveau du profil 1 montre qu'on sait justifier un batardeau pouvant mesurer jusqu'à 5 m de hauteur, permettant de protéger le chantier contre un débit de 600 m³/s au barrage. Pour une protection contre le débit 200 m³/s au barrage, un batardeau de hauteur 3 m est suffisant et il est justifié par le calcul.

Le calcul au niveau du profil 3 montre qu'on sait justifier un batardeau de 7 m de hauteur permettant de protéger le chantier contre le débit de 200 m³/s.

Compte-tenu de ces éléments, il est proposé de retenir un batardeau permettant un niveau de protection contre le débit de 200 m³/s.

6.1.2 Batardeau aval en graviers

Le batardeau aval sera constitué en graviers. Il sera fusible en cas de crue. Il ne présente pas de difficulté d'emprise. Par ailleurs, les niveaux hydrauliques à l'aval sont inférieurs aux niveaux hydrauliques latéraux. Le batardeau aval pris en compte est calé à la cote (52.45) m NGF permettant de protéger le chantier contre le débit 200 m³/s.

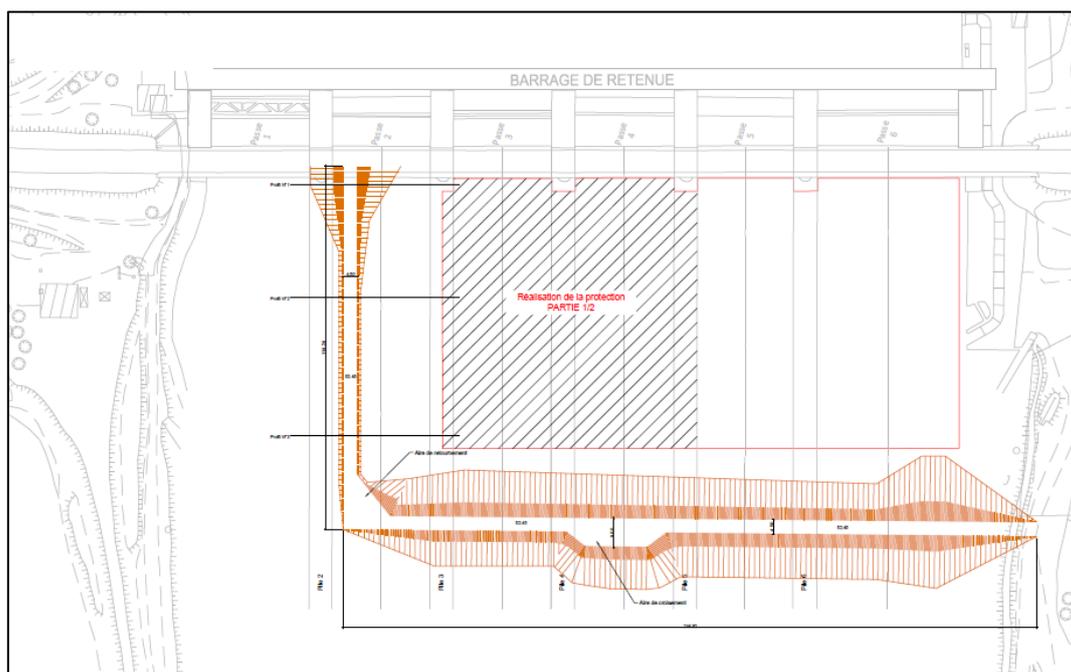


Figure 22 : Batardeau aval en graviers et latéral en big-bag – solution 2a

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des batardeaux :

Solution 2b, phase 1/2	Batardeau latéral	Batardeau aval
Niveau du plan d'eau issu du modèle 2D pour le débit au barrage Q=200 m ³ /s	(54.80)	(52.20)
Type de batardeau et cotes	Batardeau en big-bags Cote supérieure (55.50) Non circulaire	Batardeau en graviers (fusible en cas de crue) Cote remblai gravier (52.45) Largeur en crête 4.50 m
Dimensionnement / Stabilité	Glissement : OK Basculement : OK	Grand glissement : OK
Volume total des batardeaux	1 700 m ³	19 000 m ³

Pour vider l'enceinte créée par le batardeau, on utilisera 2 à 3 pompes de débit 1200 m³/h. Le débit d'exhaure sera inférieur à 1 m³/s.

6.1.3 Sensibilité aux paramètres de calcul

La sensibilité à certains paramètres de dimensionnement n'a pas été étudiée, comme par exemple le poids propre du batardeau ou le frottement entre les big-bags et le rocher.

6.1.4 Installations de chantier et circulations

A ce stade, les installations de chantier et la zone de stockage des enrochements sont envisagés en rive droite, sur la parcelle agricole (voir figure 23), sous réserve de l'accord du propriétaire. L'accès à cette zone se fera par le nord via une route existante débouchant sur la route D93 dans une ligne droite, pour une meilleure visibilité et donc une meilleure sécurité. Cela évite également de couper la ViaRhôna qui passe en rive droite du Rhône.

Les cadences estimées de production des enrochements et de mise en œuvre conduisent à envisager une zone de stockage et d'installations d'environ 13 000 m². Le stock d'enrochement occupera un volume d'environ 20 000 m³ pendant la durée du chantier et la durée pour constituer le stock, soit environ 6.5 mois, à la période la plus sèche de l'année.

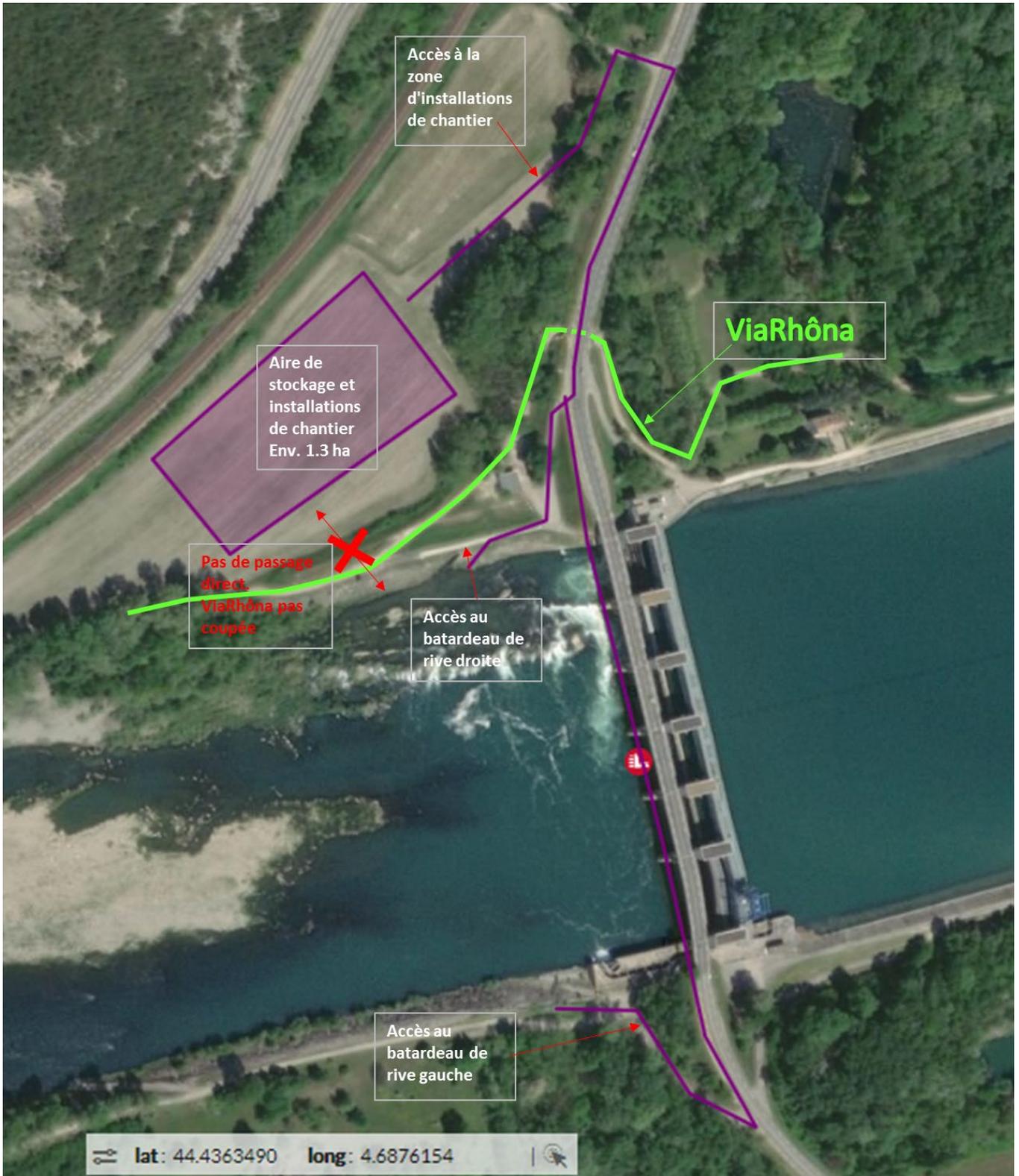


Figure 23 : Zone envisagée pour les installations de chantier et le stockage des enrochements – solution 2a

6.2 Vérification de la commandabilité du barrage

Cette solution de mise en œuvre nécessite la consignation de 5 passes du barrage (voir figure 24).

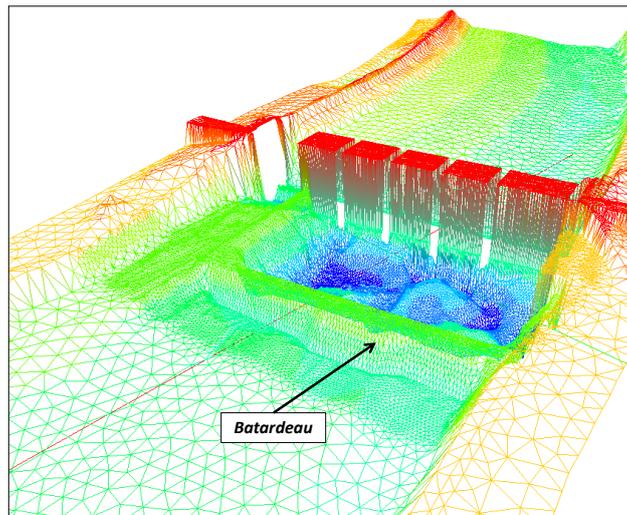


Figure 24 : Vannes 2 à 6 consignées pour la solution 2a

Dans ces conditions, l'Exploitant sait respecter les contraintes d'exploitation suivantes :

- Passage du débit réservé : celui-ci pourra être évacué par la passe 1, qui est alors bloquée en position et n'est plus commandable par l'automate
- Evacuation de la crue de projet : oui car le chantier est évacué et mis en attente dès que le débit au barrage est supérieur à 200 m³/s et le batardeau aval est fusible. L'ensemble du barrage est alors « rendu » à l'Exploitant.

Les contraintes suivantes ne peuvent pas être respectées par l'Exploitant, sauf s'il commande les vannes du barrage en local, ce qui nécessite sa présence sur place 24h/24 :

- Possibilité de réaliser le lâcher d'alerte : non
- Commandabilité du barrage depuis l'usine pour évacuer les « petits » débits : non
- Fonctionnement de la sécurité intrinsèque du barrage : non (la SI fonctionne sur les vannes non consignées et non commandées en local).

6.3 Vérification concernant la sécurité des personnes

6.3.1 Transfert de débit usine barrage

On cherche à vérifier l'ordre de grandeur du temps dont disposera l'entreprise de travaux pour évacuer le chantier dans un cas où un transfert de débit de l'usine vers le barrage a lieu. Un tel évènement peu avoir lieu dans les deux situations suivantes :

1. Augmentation du débit entrant de l'aménagement si bien que le canal usinier se retrouve saturé et que le surplus de débit doit être évacué au barrage
2. Déclenchement à l'usine sans compensation

Les échanges avec l'exploitant ont apporté les réponses suivantes :

1. Dans le premier cas, l'ouverture au barrage est commandée par l'automate de régulation de l'aménagement. La procédure du lâcher d'alerte est appliquée. Pour une gestion optimisée du chantier, il faudrait connaître le débit qui passera au barrage. Cela semble possible en utilisant les prévisions de débit du CGPM mais devra être approfondi en phase PRO.

- En cas de déclenchement non compensé à l'usine, l'ouverture au barrage est commandée par la montée du niveau amont barrage. Le scénario d'un déclenchement complet de l'usine (6 groupes) avec demi-compensation par les déchargeurs a été simulé par le modèle hydraulique 1D. L'onde de disjonction met environ 40 minutes pour arriver au barrage. Par ailleurs, à l'ouverture du barrage, la procédure de lâcher d'alerte est respectée.

6.3.2 Analyse de l'hydrogramme du lâcher d'alerte

La figure suivante présente l'hydrogramme du lâcher d'alerte au barrage, issu de la procédure P438 « AMENAGEMENT DONZERE-MONDRAGON : DIRECTIVE PERMANENTE D'EXPLOITATION NORMALE ET EN CRUE ».

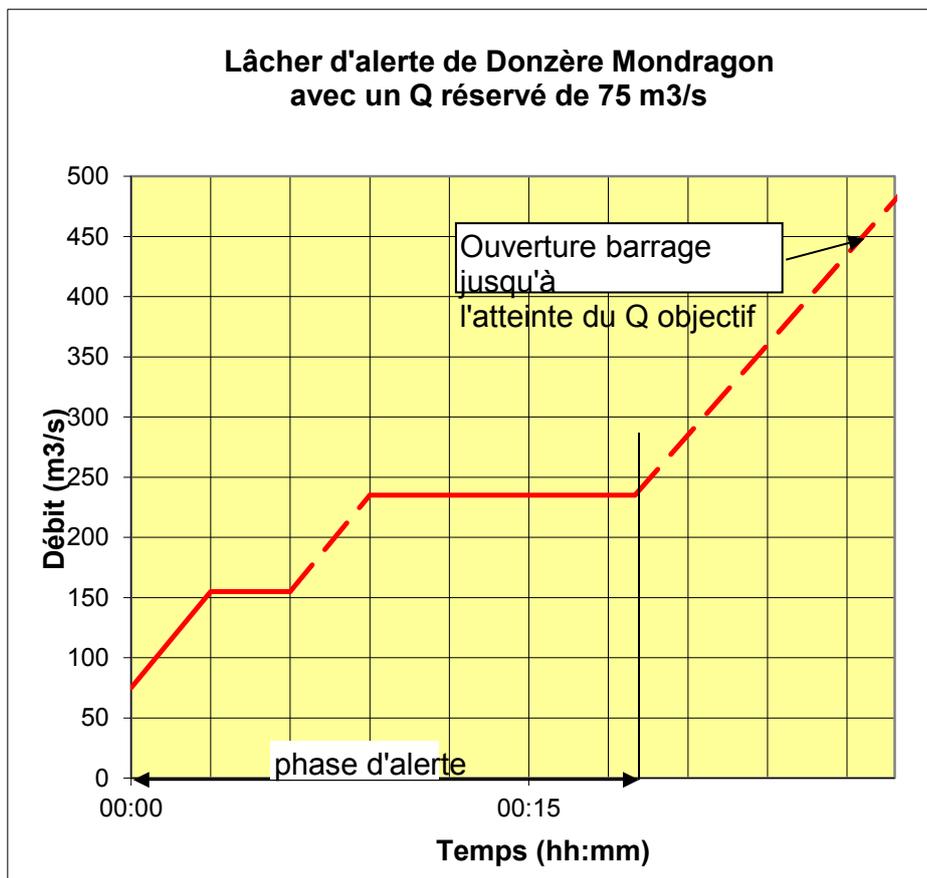


Figure 25 : Chronogramme du lâcher d'alerte du barrage de retenue

T0 (hh:mm:ss)	00:00:00	00:03:00	00:06:00	00:09:00	00:19:00	Puis gradient De 1600 m ³ /s/h jusqu'à 355 m ³ /s
Q0 (m3/s)	75	155	155	235	235	

L'analyse de cet hydrogramme montre qu'en cas d'ouverture du barrage pour un lâcher d'alerte, le débit de 200 m³/s, débit pour lequel ont été dimensionnés les batardeaux, est atteint au bout de 7 à 8 minutes environ.

6.3.3 Synthèse

Dans une gestion courante des débits (cas 1 du § 6.3.1), le chantier a une dizaine de minutes à partir du début du lâcher d'alerte pour évacuer. Ce temps paraît trop court. Il faudra que l'exploitant informe l'entreprise du risque de dépassement de la cote au point de réglage concerné pour que l'entreprise puisse anticiper l'évacuation.

En cas de déclenchement usine, dans le cas le plus défavorable (déclenchement de 6 groupes semi-compensé), le chantier a environ 50 minutes pour évacuer.

Les différents scénarios devront être précisés et étudiés en phase PRO.

6.4 Durée des travaux et période des travaux

6.4.1 Durée des travaux

La durée des travaux a été estimée sur la base du dossier de récolement de travaux similaires, à savoir la mise en place de protection à l'aval de Seyssel, travaux qui ont été réalisés en eau.

A ce stade de l'étude il a été considéré des cadences à sec 1,7 fois supérieures à celles considérées en eau pour le terrassement et la mise en place des blocs. Cette augmentation de 70% est essentiellement liée au temps d'approvisionnement des blocs par des camions au lieu de chalands. Un gain de temps non négligeable est également fait pour le contrôle des couches réalisé par simple levé topographique en temps masqué plutôt que des levés bathymétriques.

Enfin, après discussion avec des entreprises de terrassement, vu la taille de la zone de chantier, il a été considéré possible de réaliser les travaux à 2 ateliers simultanés, en 2 postes.

Les temps de chantier estimés sont les suivants, ces durées étant indicatives, en jours ouvrés, et hors aléas de chantier :

	Solution 2
	<i>2 ateliers en 2 postes</i>
Installations de chantier	5 j
Mise en place du batardeau	12 j
Mise en place des pompes & Epuisement de la fouille	4 j
Protection	26 j
Destruction du batardeau	6 j
Durée totale	53 j
Durée dans l'eau	48 j

Soit une durée d'environ 2.5 mois, hors approvisionnement des enrochements.

6.4.2 Période des travaux

Le tableau ci-dessous indique les occurrences des débits du Rhône à Viviers (en amont de l'aménagement de Donzère) et des débits théoriques au barrage calculés à partir de la consigne d'exploitation de l'aménagement. Ces occurrences sont basées sur des données hydrologiques des 98 dernières années.

Données par mois - occurrence

Pourcentage d'occurrence où le débit a été **au-dessus** de la valeur seuil

Débit barrage (m3/s)	Débit Rhône (m3/s)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octobre	Novembre	Décembre
>76	>1916	36.3%	37.3%	32.8%	32.7%	28.3%	25.6%	11.0%	5.1%	8.8%	14.7%	27.4%	30.3%
>200	>2040	31.9%	33.9%	29.1%	28.5%	23.3%	20.6%	8.0%	4.2%	7.5%	12.8%	25.2%	26.9%
>400	>2240	25.6%	28.4%	24.1%	21.5%	16.9%	14.5%	3.8%	2.9%	6.1%	10.3%	21.0%	21.7%
>600	>2440	21.0%	22.8%	19.3%	16.2%	12.8%	10.1%	2.2%	2.1%	4.8%	8.3%	17.6%	16.8%
>800	>2640	15.6%	18.4%	15.4%	11.6%	9.4%	6.6%	1.4%	1.2%	3.5%	6.4%	14.4%	13.5%
>1000	>2840	11.9%	14.2%	11.5%	8.7%	6.9%	3.9%	0.5%	0.7%	2.7%	4.8%	11.8%	10.7%
>1200	>3040	9.0%	10.3%	8.6%	6.5%	5.5%	2.7%	0.3%	0.5%	2.0%	3.8%	9.2%	8.3%
>1400	>3240	6.5%	7.4%	6.3%	4.6%	3.8%	1.8%	0.2%	0.3%	1.4%	2.9%	7.4%	6.8%
>1600	>3440	5.1%	5.8%	4.6%	3.5%	2.7%	1.3%	0.1%	0.2%	0.9%	2.1%	6.0%	5.3%
>1800	>3640	4.3%	4.4%	3.1%	2.4%	1.9%	1.0%	0.1%	0.2%	0.8%	1.5%	4.9%	3.8%
>2000	>3840	3.3%	3.0%	2.2%	1.5%	1.4%	0.9%	0.0%	0.1%	0.5%	1.3%	3.9%	2.9%

Légende*

<5%
<10%
<15%
>15%

Exemple : sur les 3069 jours de janvier des 98 années observées, le débit moyen journalier référent a dépassé le débit seuil 1 113 fois, d'où $P = \frac{1113}{3069} = 36.3\%$

Tableau 3 : pourcentage d'occurrence par mois des jours où le débit moyen journalier référence est au-dessus d'une valeur seuil pendant les 98 années observées

Ainsi le débit contre lequel le chantier sera protégé (200 m³/s) a une occurrence inférieure entre 4 et 8% sur les mois de juillet à septembre inclus.

A ce stade, on prévoit donc, pour cette solution, la réalisation entre juillet et septembre 2021, sur la période hydrologique la plus favorable, avec un risque existant d'inondation du chantier.

6.5 Principaux impacts sur l'environnement

Les principaux impacts de cette solution sont les suivants :

- Travaux chevauchant les périodes sensibles pour les poissons migrateurs
- Travaux générant des MES sur environ 3 semaines (en deux phases : construction du batardeau environ 2 semaines puis enlèvement du batardeau environ 1 semaine)
- Frayère à Alose de substitution en partie impactée (la zone d'observation de la frayère n'est touchée que partiellement) sur 1 saison de reproduction de l'Alose
- Interruption de la passe à poissons pendant environ 3.5 mois

7 Description de la solution 2b

La solution 2b consiste en la mise en œuvre de la protection en enrochements en deux phases. Une première phase avec un batardeau au droit des passes 3 à 6. Pendant cette phase, on mettra en place la protection que droit des passes 4 à 6 en accédant à la zone des travaux par la rive gauche.

Une deuxième phase avec une batardeau au droit des passes 1 à 4 et permettant la mise en place de la protection au droit de la passe 3, avec accès par la rive droite.

7.1 Ouvrages provisoires : batardeaux

Des calculs ont permis d'optimiser la hauteur des batardeaux de protection du chantier. La protection prise en compte est la protection haute (46-46-47).

7.1.1 Phase 1/2

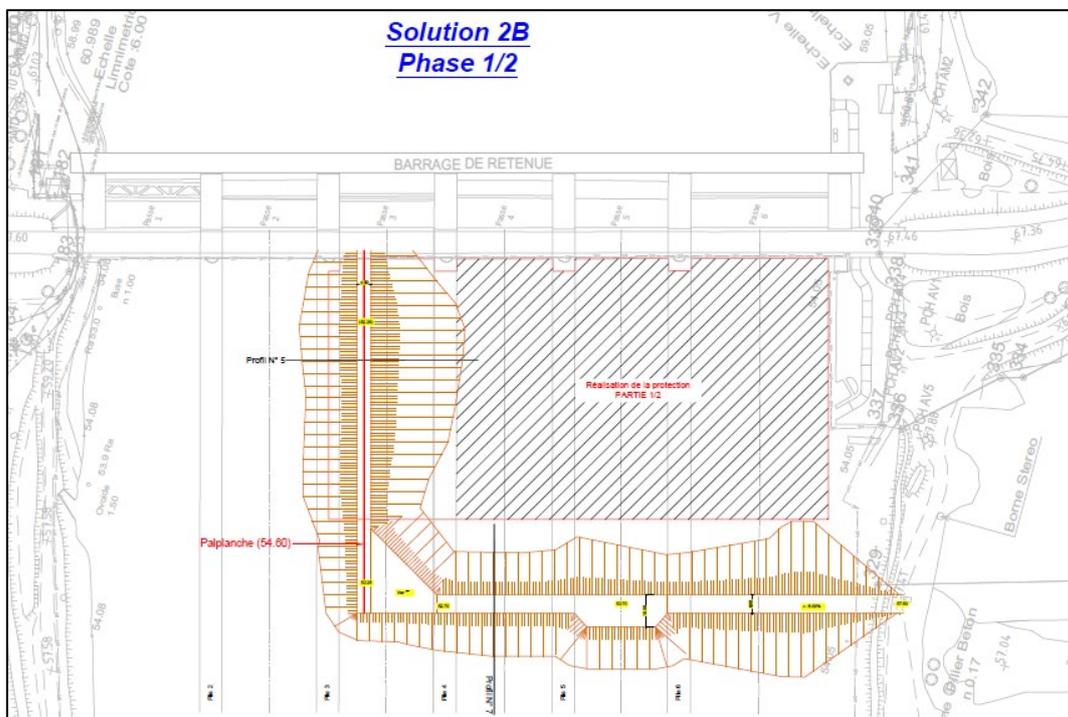


Figure 26 : Vue en plan des batardeaux de la solution 2b – phase 1/2

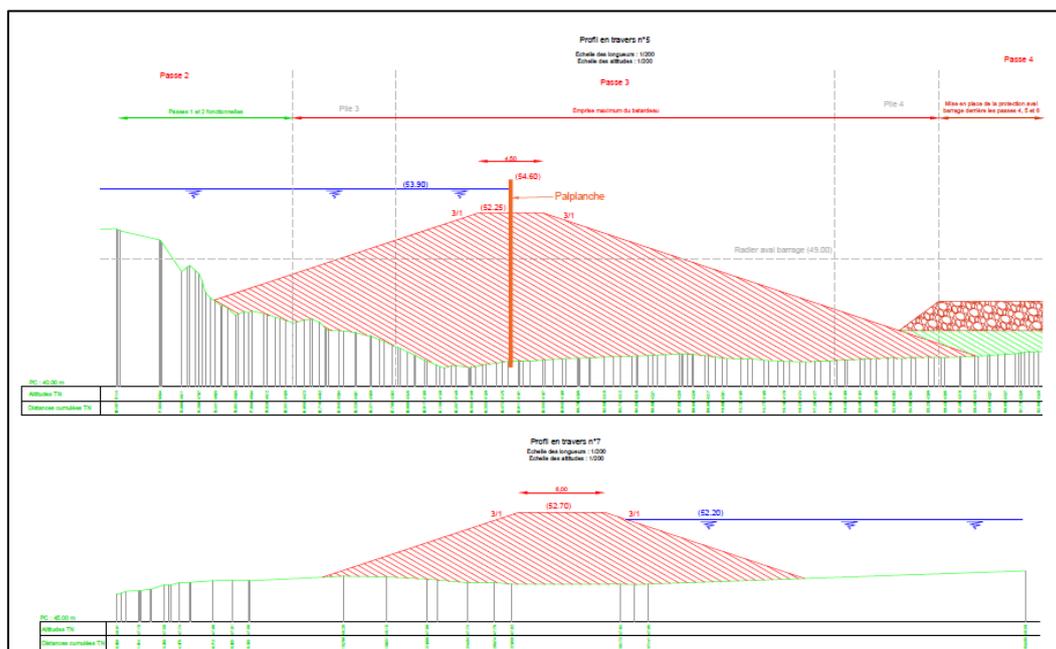


Figure 27 : Coupes types des batardeaux de la solution 2b – phase 1/2

Le tableau suivant présente les résultats pour la phase 1/2 pour laquelle les passes 3 à 6 du barrage sont consignées :

Solution 2b, phase 1/2	Batardeau latéral	Batardeau aval
Niveau du plan d'eau issu du modèle 2D pour le débit au barrage Q=600 m ³ /s	(54.40)	(52.40)
Type de batardeau et cotes	Batardeau en graviers avec palplanche Cote remblai gravier (52.25) Largeur en crête 4.50 m Cote de la palplanche (55.10)	Batardeau en graviers (fusible en cas de crue) Cote remblai gravier (53.10) Largeur en crête 6 m
Dimensionnement / Stabilité	Grand glissement : OK Palplanche : OK	Grand glissement : OK
Volume total des batardeaux	41 000 m ³	

Pour vider l'enceinte créée par le batardeau, on utilisera 2 à 3 pompes de débit 1200 m³/h. Le débit d'exhaure sera inférieur à 1 m³/s.

7.1.2 Phase 2/2

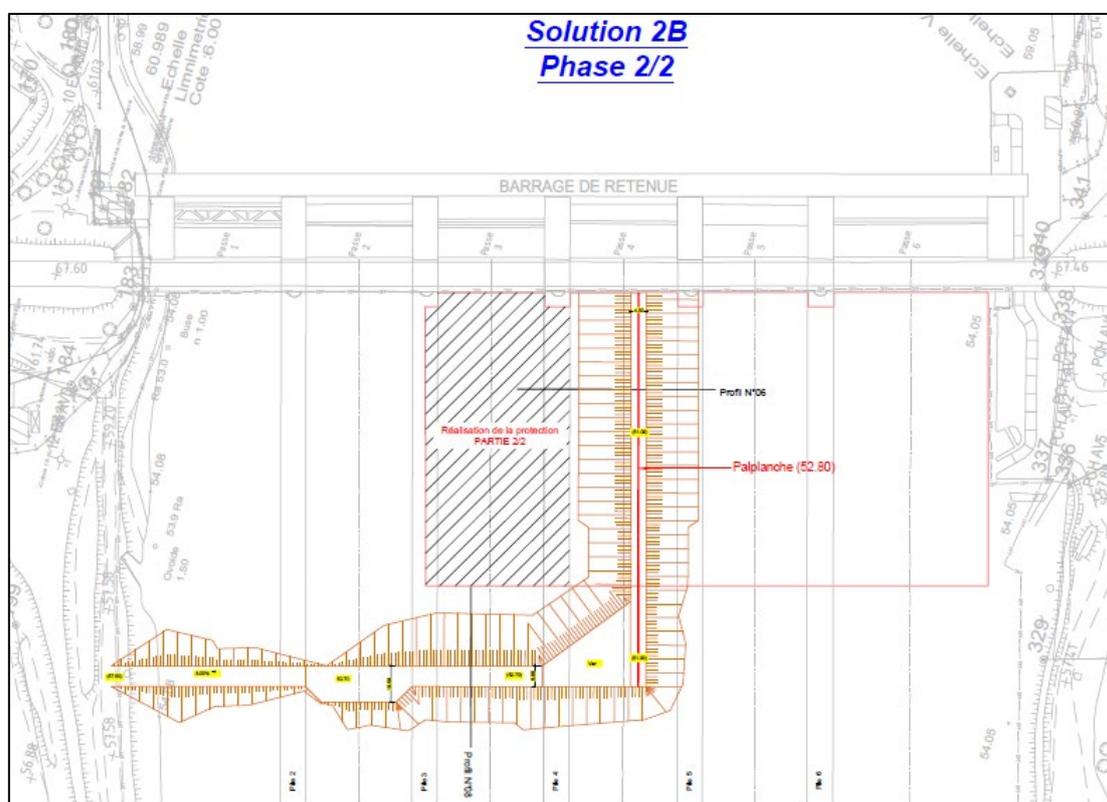


Figure 28 : Vue en plan des batardeaux de la solution 2b – phase 2/2

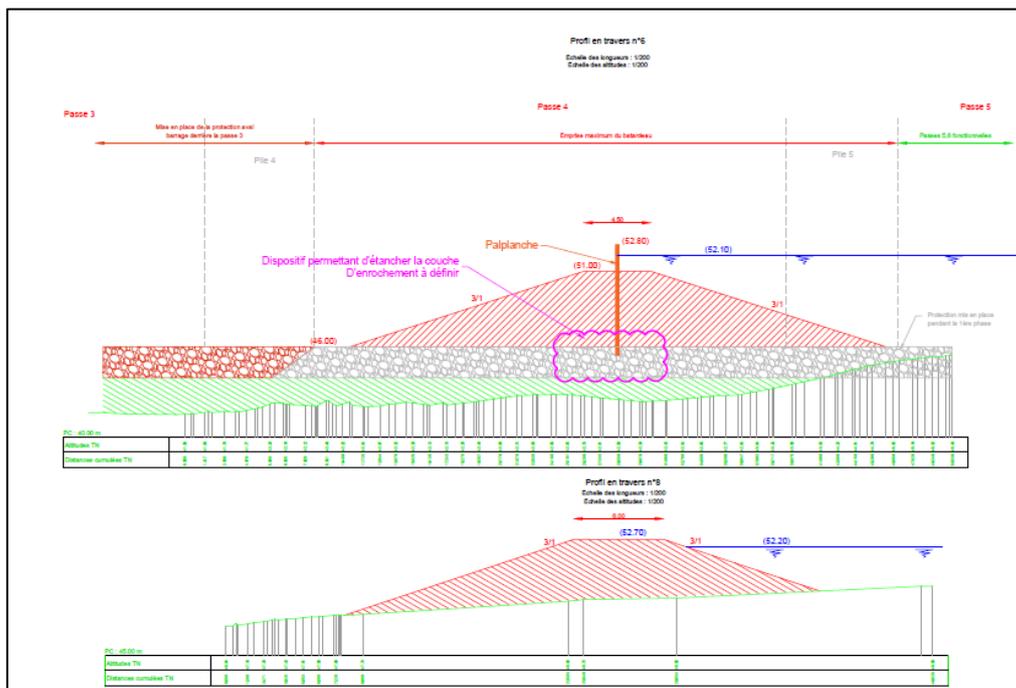


Figure 29 : Coupes types des batardeaux de la solution 2b – phase 2/2

Dans cette phase, un dispositif d'étanchéité sous le batardeau latéral en gravier/palplanches (dans la protection déjà réalisée) sera mis en place, afin d'assurer la continuité de l'étanchéité entre la palplanche et la couche sous-jacente en enrochements.

Le tableau suivant présente les résultats pour la phase 2/2 pour laquelle les passes 1 à 4 du barrage sont consignées :

Solution 2b, phase 2/2	Batardeau latéral	Batardeau aval
Niveau du plan d'eau issu du modèle 2D pour le débit au barrage $Q=600 \text{ m}^3/\text{s}$	(52.70)	(52.50)
Type de batardeau et cotes	Batardeau en graviers avec palplanche Cote remblai gravier (51.50) Largeur en crête 4.50 m Cote de la palplanche (53.40)	Batardeau en graviers (fusible en cas de crue) Cote remblai gravier (53.10) Largeur en crête 6 m
Dimensionnement / Stabilité	Grand glissement : OK Palplanche : OK	Grand glissement : OK (un seul profil de calcul pour phase 1 et phase 2)
Volume total des batardeaux	16 500 m^3	

Pour vider l'enceinte créée par le batardeau, on utilisera 2 à 3 pompes de débit $1200 \text{ m}^3/\text{h}$. Le débit d'exhaure sera inférieur à $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

7.1.3 Sensibilité aux paramètres de calcul

Une analyse de sensibilité aux paramètres suivants a été effectuée :

- Cote du plan d'eau et hauteur du batardeau (remblai et/ou palplanche).
- Ligne d'eau dans le corps du remblai pour le batardeau aval.

Les recommandations sont les suivantes :

- Il conviendra d'être vigilant sur le type de matériaux utilisés pour les batardeaux graviers afin qu'ils respectent les caractéristiques mécaniques prises en compte dans les calculs.
- Il pourrait être nécessaire de claper des matériaux fins à l'amont du batardeau aval afin d'améliorer l'étanchéité et le rabattement de la ligne d'eau dans le corps du remblai.

7.1.4 Installations de chantier et circulations

A ce stade, les installations de chantier et la zone de stockage des enrochements sont envisagés en rive droite, sur la parcelle agricole (voir figure 30), sous réserve de l'accord du propriétaire. L'accès à cette zone se fera par le nord via une route existante débouchant sur la route D93 dans une ligne droite, pour une meilleure visibilité et donc une meilleure sécurité. Cela évite également de couper la ViaRhôna qui passe en rive droite du Rhône.

Les cadences estimées de production des enrochements et de mise en œuvre conduisent à envisager une zone de stockage d'environ 8 000 m² pour la phase 1 (rive gauche – protection au droit des passes 4 à 6). Le stock d'enrochement occupera un volume d'environ 12 500 m³ pendant la durée de la phase et la durée pour constituer le stock, soit environ 7 mois, à la période la plus sèche de l'année.

Pour la deuxième phase (rive droite – protection au droit de la passe 3), la surface de la zone stockage + installations est estimée à environ 3000 m² pour un volume du stock d'enrochements d'environ 3500 m³, présent pendant la durée de la phase et la durée pour constituer le stock, soit 2 à 3 mois, en période sèche.

Entre les deux phases de travaux, il n'y a pas de stockage d'enrochement.

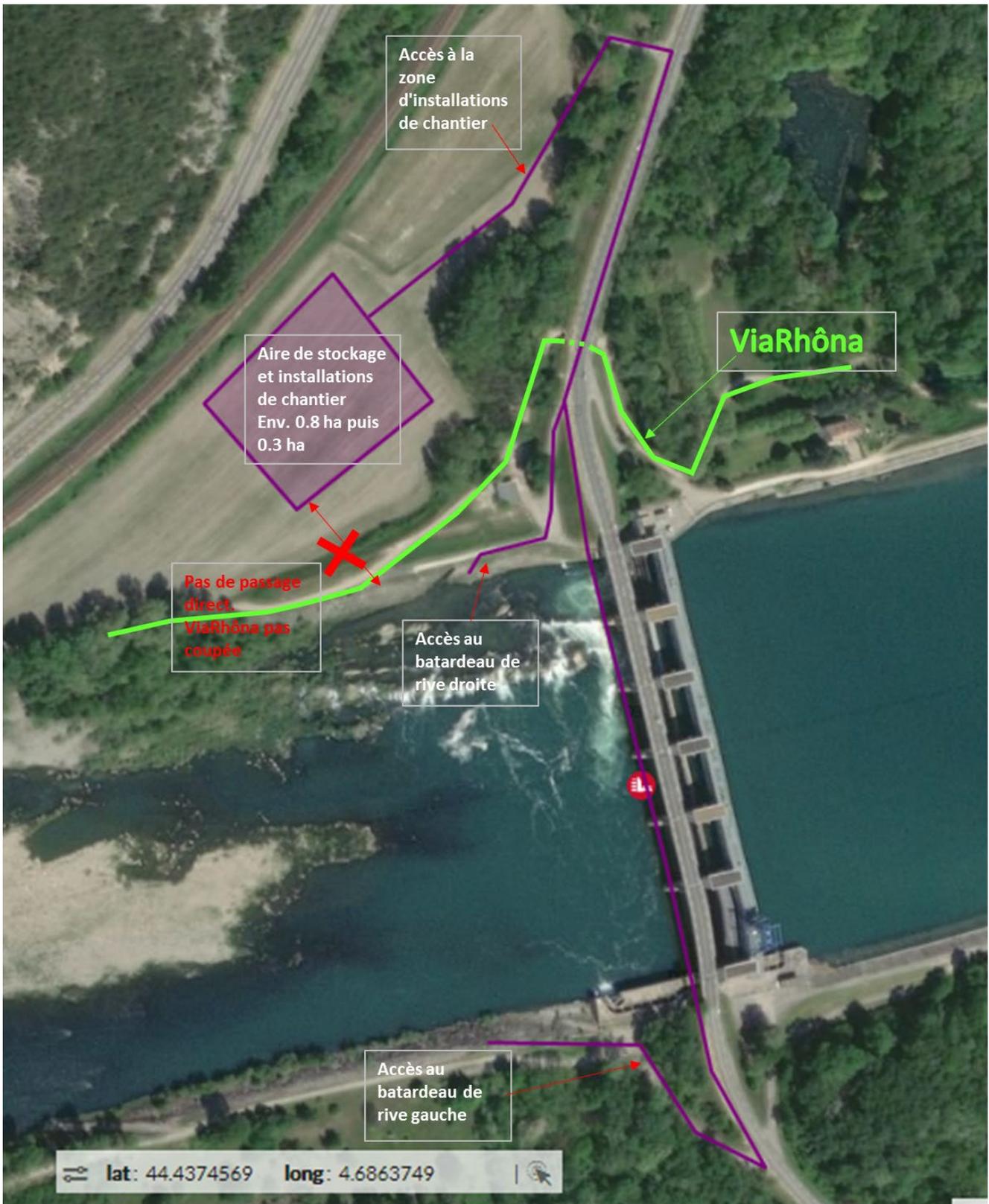


Figure 30 : Zone envisagée pour les installations de chantier et le stockage des enrochements – solution 2b

7.2 Vérification de la commandabilité du barrage

Cette solution de mise en œuvre nécessite la consignation de 4 passes du barrage pour chaque phase : passes 3 à 6 ou bien passes 1 à 4 (voir figure 31).

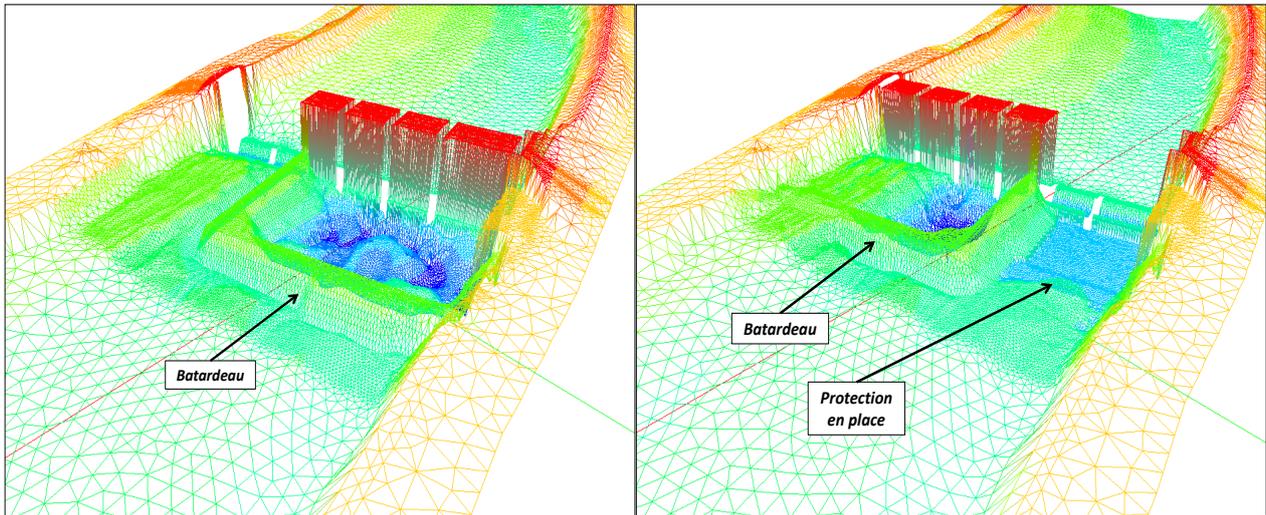


Figure 31 : Deux configurations de travaux : vannes 3 à 6 consignées (à gauche) et vannes 1 à 4 consignées (à droite)

Dans ces conditions, l'Exploitant sait respecter les contraintes d'exploitation suivantes :

- Passage du débit réservé : celui-ci pourra être évacué par la passe 1 ou la passe 6
- Possibilité de réaliser le lâcher d'alerte : oui, par la passe 2 (par le volet de la vanne) ou la passe 5 (par le volet)
- Commandabilité du barrage depuis l'usine pour évacuer les « petits » débits : oui, par les passes non consignées.
- Fonctionnement de la sécurité intrinsèque du barrage : oui (la SI fonctionne sur les vannes non consignées et non commandées en local, donc dans ce cas sur une vanne – la 2 ou la 5).
- Evacuation de la crue de projet : oui car le chantier est évacué et mis en attente dès que le débit au barrage est supérieur à 600 m³/s et le batardeau aval est fusible. L'ensemble du barrage est alors « rendu » à l'Exploitant.

7.3 Vérification concernant la sécurité des personnes

7.3.1 Transfert de débit usine barrage

On cherche à vérifier l'ordre de grandeur du temps dont disposera l'entreprise de travaux pour évacuer le chantier dans un cas où un transfert de débit de l'usine vers le barrage a lieu. Un tel évènement peu avoir lieu dans les deux situations suivantes :

1. Augmentation du débit entrant de l'aménagement si bien que le canal usinier se retrouve saturé et que le surplus de débit doit être évacué au barrage
2. Déclenchement à l'usine sans compensation

Les échanges avec l'Exploitant ont apporté les réponses suivantes :

1. Dans le premier cas, l'ouverture au barrage est commandée par l'automate de régulation de l'aménagement. La procédure du lâcher d'alerte est appliquée. Pour une gestion optimisée du chantier, il faudrait connaître le débit qui passera au barrage. Cela semble possible en utilisant les prévisions de débit du CGPM mais devra être approfondi en phase PRO.
2. En cas de déclenchement non compensé à l'usine, l'ouverture au barrage est commandée par la montée du niveau amont barrage. Le scénario d'un déclenchement complet de l'usine (6 groupes) avec demi-compensation par les déchargeurs a été simulé par le modèle hydraulique 1D. L'onde de disjonction met environ 40 minutes pour arriver au barrage. Par ailleurs, à l'ouverture du barrage, la procédure de lâcher d'alerte est respectée.

7.3.2 Analyse de l'hydrogramme du lâcher d'alerte

La figure suivante présente l'hydrogramme du lâcher d'alerte au barrage, issu de la procédure P438 « AMENAGEMENT DONZERE-MONDRAGON : DIRECTIVE PERMANENTE D'EXPLOITATION NORMALE ET EN CRUE ».

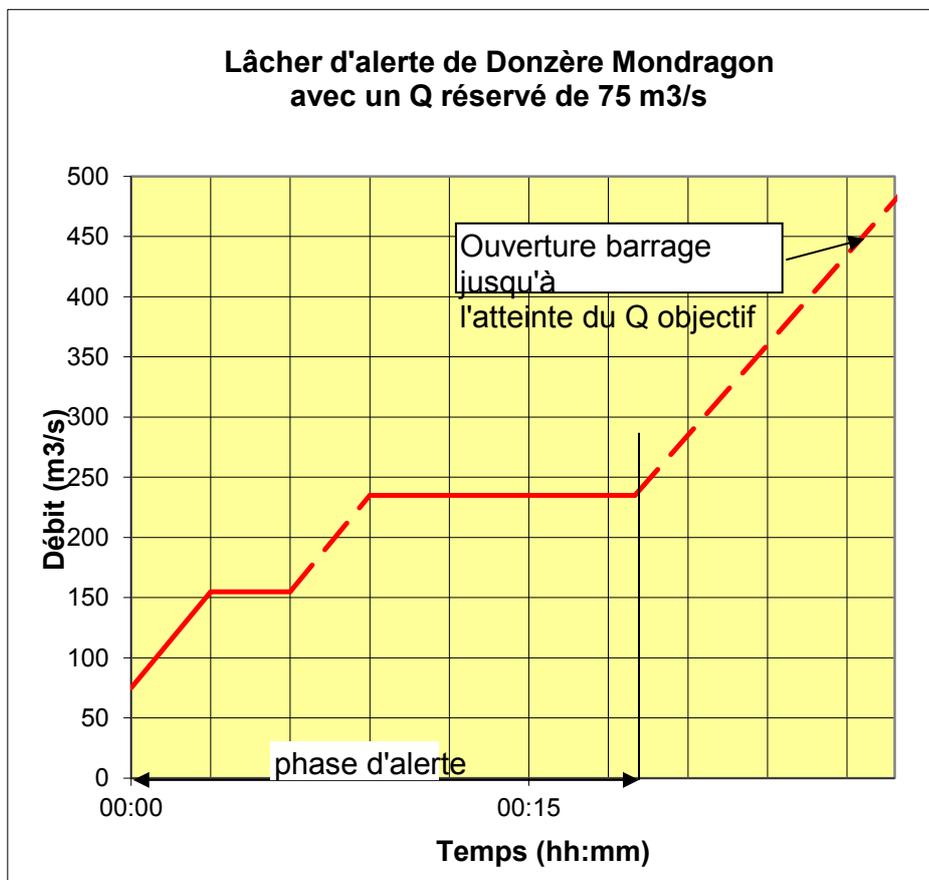


Figure 32 : Chronogramme du lâcher d'alerte du barrage de retenue

T0 (hh:mm:ss)	00:00:00	00:03:00	00:06:00	00:09:00	00:19:00	Puis gradient De 1600 m³/s/h jusqu'à 355 m³/s
Q0 (m³/s)	75	155	155	235	235	

L'analyse de cet hydrogramme montre qu'en cas d'ouverture du barrage pour un lâcher d'alerte, le débit de 600 m³/s, débit pour lequel ont été dimensionnés les batardeaux, est atteint au-delà de 30 minutes.

7.3.3 Synthèse

Dans une gestion courante des débits (cas 1 du § 7.4.1), le chantier au moins 30 minutes pour évacuer avec l'information préalable quotidienne que le risque d'ouverture du barrage est réel ou non.

En cas de déclenchement usine, dans le cas le plus défavorable (déclenchement de 6 groupes semi-compensé), le chantier a environ 70 minutes pour évacuer.

Les différents scénarios devront être précisés et étudiés en phase PRO.

7.4 Durée des travaux et période des travaux

7.4.1 Durée des travaux

Les temps de chantier estimés sont les suivants, ces durées étant indicatives, en jours ouvrés, et hors aléas de chantier :

	Solution 2b
	<i>2 ateliers en 2 postes</i>
Installations de chantier	5 j
Mise en place du batardeau phase 1	40 j
Mise en place des pompes & Epuisement de la fouille phase 1	3 j
Protection phase 1	32 j
Destruction du batardeau phase 1	18 j
Durée phase 1	98 j
Mise en place du batardeau phase 2	19 j
Mise en place des pompes & Epuisement de la fouille phase 2	3 j
Protection phase 2	10 j
Destruction du batardeau phase 2	11 j
Durée phase 2	43 j
Durée totale	141 j
Durée dans l'eau	136 j

Tableau 4 : détails et durée totale des travaux pour la solution 2b

La réalisation et l'enlèvement des batardeaux prennent un temps conséquent.

7.4.2 Période des travaux

Le tableau ci-dessous indique les occurrences des débits du Rhône à Viviers (en amont de l'aménagement de Donzère) et des débits théoriques au barrage calculés à partir de la consigne d'exploitation de l'aménagement. Ces occurrences sont basées sur des données hydrologiques des 98 dernières années.

Données par mois - occurrence

Pourcentage d'occurrence où le débit a été **au-dessus** de la valeur seuil

Débit barrage (m3/s)	Débit Rhône (m3/s)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octobre	Novembre	Décembre
>76	>1916	36.3%	37.3%	32.8%	32.7%	28.3%	25.6%	11.0%	5.1%	8.8%	14.7%	27.4%	30.3%
>200	>2040	31.9%	33.9%	29.1%	28.5%	23.3%	20.6%	8.0%	4.2%	7.5%	12.8%	25.2%	26.9%
>400	>2240	25.6%	28.4%	24.1%	21.5%	16.9%	14.5%	3.8%	2.9%	6.1%	10.3%	21.0%	21.7%
>600	>2440	21.0%	22.8%	19.3%	16.2%	12.8%	10.1%	2.2%	2.1%	4.8%	8.3%	17.6%	16.8%
>800	>2640	15.6%	18.4%	15.4%	11.6%	9.4%	6.6%	1.4%	1.2%	3.5%	6.4%	14.4%	13.5%
>1000	>2840	11.9%	14.2%	11.5%	8.7%	6.9%	3.9%	0.5%	0.7%	2.7%	4.8%	11.8%	10.7%
>1200	>3040	9.0%	10.3%	8.6%	6.5%	5.5%	2.7%	0.3%	0.5%	2.0%	3.8%	9.2%	8.3%
>1400	>3240	6.5%	7.4%	6.3%	4.6%	3.8%	1.8%	0.2%	0.3%	1.4%	2.9%	7.4%	6.8%
>1600	>3440	5.1%	5.8%	4.6%	3.5%	2.7%	1.3%	0.1%	0.2%	0.9%	2.1%	6.0%	5.3%
>1800	>3640	4.3%	4.4%	3.1%	2.4%	1.9%	1.0%	0.1%	0.2%	0.8%	1.5%	4.9%	3.8%
>2000	>3840	3.3%	3.0%	2.2%	1.5%	1.4%	0.9%	0.0%	0.1%	0.5%	1.3%	3.9%	2.9%

Légende*
<5%
<10%
<15%
>15%

Exemple : sur les 3069 jours de janvier des 98 années observées, le débit moyen journalier référent a dépassé le débit seuil 1 113 fois, d'où $P = \frac{1113}{3069} = 36.3\%$

Tableau 5 : pourcentage d'occurrence par mois des jours où le débit moyen journalier référence est au-dessus d'une valeur seuil pendant les 98 années observées

Ainsi le débit contre lequel le chantier sera protégé (600 m³/s) a une occurrence inférieure à 4.8% sur les mois de juillet à septembre inclus puis 10.1% sur juin et octobre.

A ce stade, on prévoit donc la réalisation de la phase 1 en 2021, sur la période juin à octobre 2021, et la réalisation de la phase 2 en 2022 sur les mois de juillet et août 2022 (voire septembre si besoin). Il existe un risque d'inondation du chantier.

7.5 Principaux impacts sur l'environnement

Les principaux impacts de cette solution sont les suivants :

- Travaux chevauchant les périodes sensibles pour les poissons migrateurs
- Travaux générant des MES sur environ 4.5 mois (en 4 phases : construction du batardeau phase 1 environ 2 mois puis enlèvement du batardeau phase 1 environ 1 mois, puis construction du batardeau phase 2 environ 1 mois puis enlèvement du batardeau phase 2 environ 0.5 mois)
- Frayère à Alose de substitution en partie impactée (la zone d'observation de la frayère n'est touchée que partiellement) sur 1 saison de reproduction de l'Alose (phase 1)
- Interruption de la passe à poissons pendant environ 5 mois (phase 1)

8 Interfaces avec opérations de maintenance EM ou GC sur l'aménagement de Donzère

Un certain nombre d'opérations sur l'aménagement de Donzère-Mondragon peuvent avoir un impact sur la débitance globale de l'aménagement et donc sur la sûreté hydraulique. C'est le cas de l'opération de confortement aval barrage, dans une certaine mesure. Les types d'opérations concernées sont les suivants :

- Travaux de maintenance sur un organe d'évacuation de débit (groupe de l'usine, déchargeur de l'usine, vanne du barrage...)
- Travaux de maintenance sur les automatismes permettant le pilotage de l'aménagement
- Travaux de maintenance GC ayant un impact sur les niveaux d'eau en crue

L'identification de ces projets permet de déceler les éventuelles interfaces avec le projet de confortement aval barrage et de gérer la planification des opérations entre elles. L'objectif étant d'avoir en permanence une sûreté hydraulique optimale.

Ce point constitue un des sous-critères de l'analyse multicritères. La solution de mise en œuvre qui a le meilleur score est celle qui permet de limiter le plus possible les interfaces avec ces opérations. Rentrent notamment en compte la durée des travaux et la maîtrise de cette durée.

9 Analyse multicritère

9.1 Méthode

Une analyse multicritère est menée sur les trois solutions de mise en œuvre afin d'aider au choix entre ces trois solutions.

Des critères ont été définis pour analyser les différentes solutions. Pour chaque critère, des sous-critères permettent de détailler l'analyse. Les critères et sous-critères sont les suivants :

Critère	Sous-critères
Qualité de mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> * Précision de pose * Tenue de la protection * Influence des conditions hydrauliques * Contrôle de la mise en œuvre * Retour d'expérience
Durée du chantier	<ul style="list-style-type: none"> * Durée du chantier (hors installations et repli - ie temps pendant lequel les vannes sont consignées)
Maîtrise Durée du chantier	<ul style="list-style-type: none"> * Conséquences si occurrence d'une crue pendant le chantier * Possibilité de scinder les travaux en plusieurs phases * Niveau hydraulique permettant de travailler (sécurisation délai)
Sécurité	<ul style="list-style-type: none"> * Sécurité du chantier * Possibilité d'arrêt du chantier en cas de crue * Sécurité hydraulique (débitance du barrage)
Coûts et Maîtrise coûts	<ul style="list-style-type: none"> * Impact financier en cas de crue * Coût estimé des travaux * Possibilité de scinder les travaux (répartition budgétaire)
Contraintes liées à l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> * Fonctionnement de la passe à poissons * Périodes de travaux * Emission de MES * Migration piscicole (alose, anguille) et reproduction de l'alose
Impact sur l'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> * Nombre de vannes consignées en même temps * Nombre de vannes consignées x nombre de semaines * Impact sur d'autres ouvrages de la concession * Interférences avec autres opérations sur l'aménagement

Chaque sous-critère est noté sur 5 (meilleur score 5, moins bon score 1). La moyenne des sous-critères donne la note du critère en question. Comme tous les critères n'ont pas le même nombre de sous-critères, on effectue un calcul pour neutraliser cette différence. Ainsi, chaque critère a une note sur 20 points.

Dans un second temps, un « poids » (coefficient) est affecté à chaque critère. Par défaut, tous les critères ont le même poids (valeur 1). Dans la seconde partie de l'analyse, on fait varier les poids des critères pour voir la sensibilité du score à tel ou tel critère. Cela constitue un outil d'aide à la décision pour le Maître d'Ouvrage.

9.2 Présentation de l'analyse multicritères

9.2.1 Scores bruts

Le tableau ci-dessous présente la notation retenue par l'équipe projet pour chaque sous-critères et chaque solution de mise en œuvre, avec un commentaire explicatif.

		Travaux en eau - solution 1		Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a		Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b	
Critère	Sous-critère	Note (1 à 5)	Commentaire				
Qualité de mise en œuvre	Précision de pose	2	Moins précise, nécessite l'utilisation d'un GPS pour poser les blocs d'où augmentation du temps de travaux	5	Plus précise, blocs appareillés donc plus résistant au courant	5	Plus précise, blocs appareillés donc plus résistant au courant
	Tenue de la protection	3	a priori moins pérenne mais on a testé sur le modèle physique une mise en œuvre non appareillée et elle tient aussi bien pour toutes les conditions testées que la mise en œuvre appareillée	3	a priori plus pérenne mais on a testé sur le modèle physique une mise en œuvre non appareillée et elle tient pour toutes les conditions testées	3	a priori plus pérenne mais on a testé sur le modèle physique une mise en œuvre non appareillée et elle tient pour toutes les conditions testées
	Influence des conditions hydrauliques	2	les conditions hydrauliques n'influent pas directement sur la qualité de mise en œuvre mais sur la durée du chantier	3	les conditions hydrauliques n'influent pas directement sur la qualité de mise en œuvre mais sur la durée du chantier	3	les conditions hydrauliques n'influent pas directement sur la qualité de mise en œuvre mais sur la durée du chantier
	Contrôle de la mise en œuvre	2	Nécessite la réalisation de bathymétrie de contrôle entre chaque couche d'où une augmentation du prix total	4	contrôle plus facile et moins couteux	4	contrôle plus facile et moins couteux
	Retour d'expérience	3	REX protections aval Seyssel - qualité de mise en œuvre satisfaisante	3	plus grand REX sur la mise en œuvre à sec	3	plus grand REX sur la mise en œuvre à sec
	Durée du chantier	Durée globale (hors installations et repli - ie temps pendant lequel les vannes sont consignées)	2	durée : environ 10.6 mois (2 postes)	5	durée : environ 3.7 mois (2 postes)	2
Maîtrise Durée du chantier	Conséquences si occurrence d'une crue pendant le chantier	1	à partir de l'atteinte du niveau/vitesse où on arrête de travailler : durée de la crue + durée éventuelle remise en état; notamment chenal. Entretien chenal à faire souvent même hors crue	3	niveau où on arrête de travailler plus faible que solution 1. Durée de crue (+ longue) + durée remise en état	2	niveau où on arrête de travailler intermédiaire entre solution 1 et 2a. Durée de crue (+ longue) + durée remise en état
	Possibilité de scinder les travaux en plusieurs phases	4	oui facilement - pas d'ouvrage provisoire à démonter-remonter	2	non	3	oui mais pas souple (2 phases de chantier)

	Niveau hydraulique permettant de travailler (sécurisation délai)	3	Travail possible jusqu'à 600 m3/s mais sur une durée globale plus longue, notamment mois d'hiver, donc incertitude sur durée du chantier	1	200 m3/s	3	600 m3/s phase 1 et 400 m3/s phase 2
Sécurité	Sécurité du chantier	3	risque "classique" travaux sur ponton - sensibilité faible aux conditions hydrauliques normales à moyennes - arrêt chantier au-delà	3	atardeau - risque tenue du atardeau - sensibilité assez forte aux conditions hydrauliques normales à moyennes - arrêt chantier au-delà	3	atardeau - risque tenue du atardeau - sensibilité assez forte aux conditions hydrauliques normales à moyennes - arrêt chantier au-delà
	Possibilité d'arrêt du chantier en cas de crue	3	facile à faire mais incertitude sur conditions à l'aval du barrage - chenal d'accès sûrement à reprendre	3	Durée de mise en sécurité du matériel rapide (uniquement engins de terrassements très mobiles) Impact sur ouvrage de sécurité à reprendre (atardeau...)	3	Durée de mise en sécurité du matériel rapide (uniquement engins de terrassements très mobiles) Impact sur ouvrage de sécurité à reprendre (atardeau...)
	Sécurité hydraulique (débitance du barrage)	4	Possibilité de déconsigner temporairement les vannes pour le passage d'une crue - impact possible sur le chenal d'accès	1	1 seule vanne disponible pour la solution 2-a donc un débit de déconsignation des vannes plus faible que solution 1 et 2b	3	Possibilité de déconsigner temporairement les vannes pour le passage d'une crue
Coûts et Maîtrise coûts	Impact financier en cas de crue	3	Coût de l'immobilisation des engins et éventuellement liés à la détérioration d'une partie des travaux (a priori dégradations attendues assez faibles). Chenal d'accès à reprendre.	2	Grosses pertes en cas d'ouverture d'urgence du barrage avec perte du atardeau et de la piste d'accès et dégradation d'une partie de la protection non finie (a priori dégradations attendues assez faibles)	1	Grosses pertes en cas d'ouverture d'urgence du barrage avec perte du atardeau et de la piste d'accès et dégradation d'une partie de la protection non finie (a priori dégradations attendues assez faibles)
	Coût estimé des travaux solution haute	2	6,91 M€	5	5,6 M€	1	7,57 M€
	Possibilité de scinder les travaux (répartition budgétaire)	4	oui facilement - pas d'ouvrage provisoire à démonter-remonter	2	non	4	oui mais pas souple (2 phases de chantier)
Contraintes liées à l'environnement	Fonctionnement de la passe à poissons	4	interruption ponctuelle quand on sera à cet endroit	2	interruption pendant tout le chantier	3	interruption partielle. Le fait de réaliser 2 atardeaux permet de libérer la zone une fois les travaux achevés

	Périodes de travaux	1	La durée totale du chantier intercepte des périodes écologiquement sensibles induisant des mesures complémentaires à mettre en œuvre (par exemple interruption de chantier pendant les phases sensibles)	3	durée restreinte à l'issue d'une phase de reproduction de l'aloise et en amont des flux migratoires automnaux	2	Intervention en phase sensible
	Emission de MES	2	au moment des terrassements (réglage fond) soit 46 jours (non consécutifs - peut être 2 jours consécutifs par semaine)	3	mise en place et retrait des batardeaux soit 6+3 jours	2	intervention en 2 fois
	Migration piscicole (aloise, anguille) et reproduction de l'aloise	1	La durée totale du chantier intercepte des périodes écologiquement sensibles induisant des mesures complémentaires à mettre en œuvre (par exemple interruption de chantier pendant les phases sensibles). Si les travaux sont réalisés sur plusieurs années, dans ce cas, la note peut être corrigée à 2 voire 3 selon les cas	3	durée restreinte à l'issue d'une phase de reproduction de l'aloise et en amont des flux migratoires automnaux	2	après la période de reproduction mais les phases de migrations sont impactées et sur 2 saisons
Impact sur l'exploitation	Nombre de vannes consignées en même temps	3	3 (2 si travail au droit de la passe 6)	1	5 - pas de redondance possible	2	4
	Nombre de vannes consignées x nombre de semaines	1	$2 * 24 + 3 * 18 = 102$ (8 mois)	5	$5 * 16 = 80$ (3 mois)	4	$4 * 21 = 84$ (5 mois)
	Impact sur d'autres ouvrages de la concession	4	rampe à canoë	3	point de mesure aval du barrage	2	point de mesure aval du barrage et ouvrages de restitution du contre-canal en rive droite et viarhona
	Interférence avec autres opérations aménagement	3		5		4	

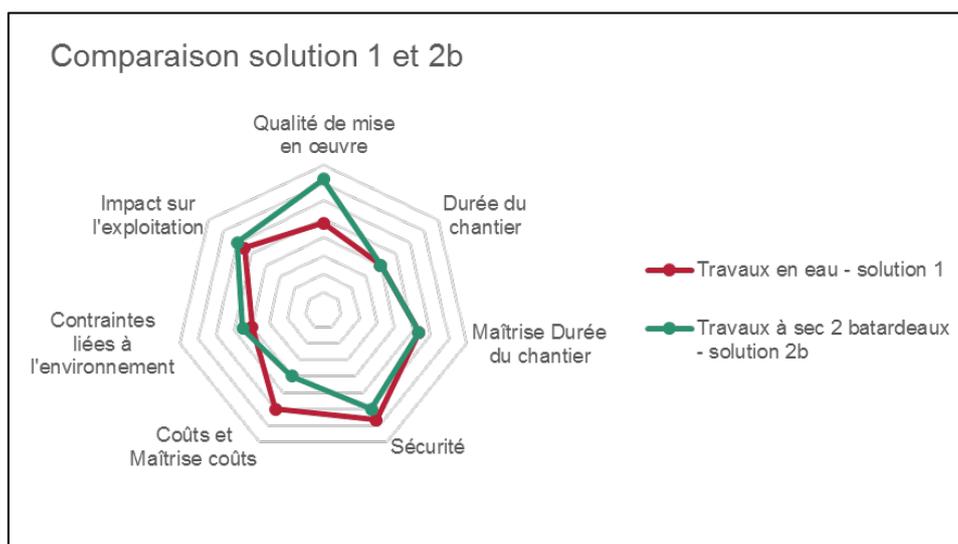
9.2.2 Simulation du cas de base : tous les critères ont le même poids

Pour l'analyse multicritères, la solution 2a est neutralisée car elle nécessite la présence d'un exploitant 24h/24 au barrage ou au moins 16h/24 avec déconsignation des vannes la nuit (et donc risque accru d'inondation du chantier pour un petit débit). Par ailleurs, le niveau de protection du chantier de cette solution est assez bas (200 m3/s) et le délai d'évacuation du chantier lors d'un lâcher d'alerte est très court et présente donc un risque élevé. Il a été décidé d'écarter cette solution de la suite de l'analyse car cela représente des contraintes trop fortes pour l'exploitant.

Le tableau et le graphique ci-dessous présentent les scores obtenus par les solutions lorsque tous les critères ont le même poids.

Analyse multicritère de base : tous les critères ont le même poids

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9,6	14,4	14,4
Durée du chantier	5	20	1	8,0	20,0	8,0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10,7	8,0	10,7
Sécurité	15	20	1	13,3	9,3	12,0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12,0	12,0	8,0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8,0	11,0	9,0
Impact sur l'exploitation	20	20	1	11,0	14,0	12,0
Total		140		72,6	88,7	74,1



La solution qui obtient le meilleur score est la solution 2b.

9.2.3 Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité consiste à faire varier les poids des différents critères. On a réalisé 11 cas de sensibilité, en donnant plus de poids à un seul critère, puis à deux critères puis à trois critères. Cette analyse donne les résultats suivants :

Analyse multicritère sensibilité 1 : poids suppl. durée chantier

pas de changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9,6	14,4	14,4
Durée du chantier	5	20	3	24,0	60,0	24,0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	3	32,0	24,0	32,0
Sécurité	15	20	1	13,3	9,3	12,0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12,0	12,0	8,0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8,0	11,0	9,0
Impact sur l'exploitation	15	20	1	14,7	18,7	16,0
Total		140		113,6	149,4	115,4

Analyse multicritère sensibilité 2 : poids suppl. technique

pas de changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	3	28,8	43,2	43,2
Durée du chantier	5	20	1	8,0	20,0	8,0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10,7	8,0	10,7
Sécurité	15	20	1	13,3	9,3	12,0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12,0	12,0	8,0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8,0	11,0	9,0
Impact sur l'exploitation	15	20	1	14,7	18,7	16,0
Total		140		95,5	122,2	106,9

Analyse multicritère sensibilité 3 : poids suppl. financier

changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9,6	14,4	14,4
Durée du chantier	5	20	1	8,0	20,0	8,0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10,7	8,0	10,7
Sécurité	15	20	1	13,3	9,3	12,0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	3	36,0	36,0	24,0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8,0	11,0	9,0
Impact sur l'exploitation	15	20	1	14,7	18,7	16,0
Total		140		100,3	117,4	94,1

Analyse multicritère sensibilité 4 : poids suppl. environnement

pas de changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9,6	14,4	14,4
Durée du chantier	5	20	1	8,0	20,0	8,0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10,7	8,0	10,7
Sécurité	15	20	1	13,3	9,3	12,0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12,0	12,0	8,0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	3	24,0	33,0	27,0
Impact sur l'exploitation	15	20	1	14,7	18,7	16,0
Total		140		92,3	115,4	96,1

Analyse multicritère sensibilité 5 : poids suppl. sécurité et impact exploit.

pas de changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9,6	14,4	14,4
Durée du chantier	5	20	1	8,0	20,0	8,0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10,7	8,0	10,7
Sécurité	15	20	3	40,0	28,0	36,0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12,0	12,0	8,0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8,0	11,0	9,0
Impact sur l'exploitation	15	20	3	44,0	56,0	48,0
Total		140		132,3	149,4	134,1

Analyse multicritère sensibilité 6 : poids suppl. sécurité et impact exploit. ET durée

pas de changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9.6	14.4	14.4
Durée du chantier	5	20	3	24.0	60.0	24.0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	3	32.0	24.0	32.0
Sécurité	15	20	3	40.0	28.0	36.0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12.0	12.0	8.0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8.0	11.0	9.0
Impact sur l'exploitation	15	20	3	44.0	56.0	48.0
Total		140		169.6	205.4	171.4

Analyse multicritère sensibilité 7 : poids suppl. financier ET durée

changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9.6	14.4	14.4
Durée du chantier	5	20	3	24.0	60.0	24.0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	3	32.0	24.0	32.0
Sécurité	15	20	1	13.3	9.3	12.0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	3	36.0	36.0	24.0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8.0	11.0	9.0
Impact sur l'exploitation	15	20	1	14.7	18.7	16.0
Total		140		137.6	173.4	131.4

Analyse multicritère sensibilité 8 : poids suppl. environnement ET sécurité/exploit.

pas de changement /base

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9.6	14.4	14.4
Durée du chantier	5	20	1	8.0	20.0	8.0
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10.7	8.0	10.7
Sécurité	15	20	3	40.0	28.0	36.0
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12.0	12.0	8.0
Contraintes liées à l'environnement	20	20	3	24.0	33.0	27.0
Impact sur l'exploitation	15	20	3	44.0	56.0	48.0
Total		140		148.3	171.4	152.1

Analyse multicritère sensibilité 9 : poids suppl. coût ET sécurité/exploit.

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b	changement /base	
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9.6	14.4	14.4		
Durée du chantier	5	20	1	8.0	20.0	8.0		
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10.7	8.0	10.7		
Sécurité	15	20	3	40.0	28.0	36.0		
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	3	36.0	36.0	24.0		
Contraintes liées à l'environnement	20	20	1	8.0	11.0	9.0		
Impact sur l'exploitation	15	20	3	44.0	56.0	48.0		
Total		140		156.3	173.4	150.1		

Analyse multicritère sensibilité 10 : poids suppl. durée ET sécurité/exploit. ET environnement

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b	changement /base	
Qualité de mise en œuvre	25	20	1	9.6	14.4	14.4		
Durée du chantier	5	20	3	24.0	60.0	24.0		
Maîtrise Durée du chantier	15	20	3	32.0	24.0	32.0		
Sécurité	15	20	3	40.0	28.0	36.0		
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12.0	12.0	8.0		
Contraintes liées à l'environnement	20	20	3	24.0	33.0	27.0		
Impact sur l'exploitation	15	20	3	44.0	56.0	48.0		
Total		140		185.6	227.4	189.4		

Analyse multicritère sensibilité 11 : poids suppl. mise en oeuvre ET sécurité/exploit. ET environnement

Critère	maxi		coef	Travaux en eau - solution 1	Travaux à sec 1 batardeau - solution 2a	Travaux à sec 2 batardeaux - solution 2b	changement /base	
Qualité de mise en œuvre	25	20	3	28.8	43.2	43.2		
Durée du chantier	5	20	1	8.0	20.0	8.0		
Maîtrise Durée du chantier	15	20	1	10.7	8.0	10.7		
Sécurité	15	20	3	40.0	28.0	36.0		
Coûts et Maîtrise coûts	15	20	1	12.0	12.0	8.0		
Contraintes liées à l'environnement	20	20	3	24.0	33.0	27.0		
Impact sur l'exploitation	15	20	3	44.0	56.0	48.0		
Total		140		167.5	200.2	180.9		

Soit en synthèse :

Cas	Meilleur score
Analyse multicritère de base : tous les critères ont le même poids	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 1 : poids suppl. durée chantier	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 2 : poids suppl. technique	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 3 : poids suppl. financier	Solution 1
Analyse multicritère sensibilité 4 : poids suppl. environnement	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 5 : poids suppl. sécurité et impact exploit.	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 6 : poids suppl. sécurité et impact exploit. ET durée	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 7 : poids suppl. financier ET durée	Solution 1
Analyse multicritère sensibilité 8 : poids suppl. environnement ET sécurité/exploit.	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 9 : poids suppl. coût ET sécurité/exploit.	Solution 1
Analyse multicritère sensibilité 10 : poids suppl. durée ET sécurité/exploit. ET environnement	Solution 2b
Analyse multicritère sensibilité 11 : poids suppl. mise en oeuvre ET sécurité/exploit. ET environnement	Solution 2b

9.3 Conclusion : solution de mise en œuvre retenue

Le Comité de Pilotage du projet a décidé de retenir la solution 2b car elle obtient un score systématiquement meilleur, sauf si on donne un poids plus important au critère financier.

Annexe 11 :

Description des mesures et des caractéristiques du projet destinées à éviter ou réduire les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine

Mesures de suppression

La suppression d'un impact implique parfois la modification du projet initial telle qu'un changement de site d'implantation ou de mode d'exécution des travaux. Certaines mesures très simples peuvent supprimer totalement un impact.

Mesures de réduction

Lorsque la suppression n'est pas possible pour des raisons techniques ou économiques, on recherche au plus possible la réduction des impacts. Il s'agit généralement de mesures de précaution pendant la phase de travaux (limitation de l'emprise, planification et suivi de chantier ...), de mesures de suivi, d'amélioration des connaissances sur le milieu ou de certaines fonctionnalités écologiques (re végétalisation, ...) ou des mesures d'adaptation de certains ouvrages provisoires ou modes opératoires.

Propositions de mesures (non exhaustives et au stade actuel d'avancement des dossiers réglementaires au moment de l'écriture du formulaire de demande d'examen au cas par cas à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale)

		Phase travaux
Milieu	Thématique	Description des mesures et des caractéristiques du projet destinées à éviter ou réduire les effets négatifs
Milieu humain	Prévention du risque, de la sûreté hydraulique et la sécurité des travailleurs sur le chantier	-Réalisation des travaux pendant les périodes hydrologiques les plus favorables à savoir l'étiage estival et début d'automne. Une intervention pendant les épisodes cévenols d'automne ou en hiver conduirait à des arrêts de chantier très fréquents, générerait des retards conséquents et des surcoûts financiers importants (batardeaux fusibles à reconstituer après crue, notamment), -Plan d'alerte pour replier le chantier en cas de crue (sera décliné dans une Intervention temporaire d'Exploitation ITE), -Batardeaux fusibles.
	Prévention des travailleurs et des usagers vis-à-vis des nuisances sonores	Mesures d'informations des riverains et usagers des voiries. Respect des arrêtés en vigueur, réglementant les bruits de voisinage dans les départements de la Drôme et de l'Ardèche (notamment les horaires).
	Prévention vis-à-vis des vibrations	Mesures d'informations des riverains et usagers des voiries.
	Voiries et réseaux / déplacements et trafics	Mise en place de mesures d'informations et de sécurité vis-à-vis des riverains et des usagers : -de la route D93n qui permet de franchir le Rhône par le barrage. Etablissement d'un plan de circulation et de sécurisation des accès. Panneautage d'avertissement de la traversée du chantier. -de la vélo route ViaRhona. Adaptation des circulations pour limiter l'impact sur la ViaRhona (voir plan Annexe 10).
	Ressources	L'utilisation de matériaux alluvionnaires nécessaires pour la construction des batardeaux (graviers) est conforme aux préconisations des schémas départementaux des carrières. Les matériaux seront exempts de pollution et amenés par l'entreprise mandataire des travaux et évacués à l'issue des

		<p>travaux.</p> <p>Toutefois, le chantier donne l'opportunité de laisser en place une partie de ces matériaux alluvionnaires dans le lit du Rhône (à ce stade, les volumes sont à définir) de manière à participer au transit sédimentaire du Rhône qui se trouve déficitaire sur cette masse d'eau. C'est une possibilité qui sera discutée avec la DREAL, l'Agence de l'Eau.</p>
	Préventions des risques d'émissions, de pollutions des eaux superficielles, etc.	Des mesures classiques relatives aux engins de chantier, de stockage/gestion des produits dangereux hors zone inondable, de rétention de produits sur aire étanche avec étiquette normalisée, arrosage des pistes en cas de soulèvement de poussières, de vérification du bon état de fonctionnement des engins de chantier, de mesures pour assurer la propreté du chantier et de gestion des déchets seront appliquées.
Environnement	Abandon de la solution travaux en eau	<p>La mise en œuvre de la protection en eau depuis un ponton flottant avec des barges approvisionnant le chantier s'avère être une solution avec une intervention dans le milieu aquatique sur une durée longue (environ 12 mois sans aléa), avec des travaux en continu, nécessitant le curage du lit mineur afin de garantir un tirant d'eau suffisant pour le déplacement des chalands et donc la modification des habitats aquatiques sur un linéaire de l'ordre de 400 m dans la zone de la frayère de substitution.</p> <p>Afin de réduire l'impact sur les espèces, piscicoles notamment, et les habitats remarquables, il a été décidé de ne pas retenir cette solution de mise en œuvre et de privilégier les travaux de mise en œuvre à sec qui durent moins longtemps et dont le délai d'exécution est mieux maîtrisé.</p>
	Suivi du chantier par un coordonnateur environnement	<p>L'objectif de la mission de coordination environnementale consiste à veiller au strict respect des préconisations énoncées dans le cadre du dossier réglementaire. Le coordonnateur environnement est le garant de la démarche environnementale engagée par le porteur de projet.</p> <p>La coordination environnementale comprend ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une mission de contrôle extérieur environnement. Il s'agit de veiller à la bonne application des mesures d'insertion environnementale en phase travaux. - une mission d'accompagnement auprès du porteur de projet. Le coordonnateur assiste et conseille le maître d'ouvrage pour les questions relatives à l'environnement le temps du chantier.
	Prévention des risques de pollutions sur la masse d'eau	<p>Suivi de la qualité des eaux lors de la mise en œuvre et de la dépose des batardeaux.</p> <p>Dans un premier temps, les batardeaux en graviers seront mis en place directement dans l'eau. Des risques de remise en suspension sont possibles. Toutefois l'intervention sera temporaire. Un suivi de la qualité des eaux sera mis en place selon la procédure CNR appliquée pour le suivi des opérations de dragage. Il consistera à mesurer la turbidité, l'oxygène dissous ainsi que la température au niveau de plusieurs stations de mesures (1 station témoin, 1 ou 2 stations en aval de la zone chantier). Ce suivi sera mis en place lors de la réalisation et de l'enlèvement du batardeau lors de chaque saison.</p>

Les classes utilisées pour la température, l'oxygène dissous et la turbidité mesurée sont celles du SEQ-eau (classe d'aptitude à la biologie).

Les tableaux suivants, font la synthèse des paramètres suivis et des valeurs seuils pour la température et l'oxygène dissous des phases de chantier concernées afin de respecter les valeurs seuils.

Paramètre	Consigne	
	Valeur station amont	Valeur stations de contrôle et aval
Température (°C)	≤ 27	≤ 27
Oxygène dissous (mg/l O ₂)	≥ 4	≥ 4

Le paramètre turbidité sera analysé en priorité. En effet, la turbidité est très liée aux taux de MES. Elle est très rapide à déterminer, se mesure directement sur le site et permet donc un ajustement plus rapide de la conduite du chantier en cas de besoin. La consigne limitant l'élévation de la turbidité de l'eau à l'aval du point de restitution des sédiments est la suivante :

Turbidité à l'amont du chantier	Ecart maximal de turbidité entre la station amont et les stations de contrôle et aval
Inférieur à 15	10
Entre 15 et 35	20
Entre 35 et 70	20
Entre 70 et 100	20
Supérieure à 100	30

Les valeurs sont données en NTU (Normal Turbidity Unit).

L'ensemble des résultats pour ces paramètres permet d'évaluer une qualité globale de l'eau.

En cas de non-respect de la consigne, des adaptations seront prises pour obtenir des valeurs conformes (par exemple réduction des cadences, arrêt, jusqu'à un retour à des valeurs conformes).

Pêche de sauvetage

Les phases impliquant le piégeage de poissons dans l'enceinte du batardeau nécessitent la mise en œuvre de campagne de sauvegarde.

Il s'agit d'une opportunité pour équiper les poissons capturés avec de la technologie RFID afin d'améliorer les connaissances sur les comportements piscicoles, les déplacements migratoires ainsi que les capacités de franchissement de la passe à poissons selon les groupes piscicoles et notamment lors de travaux à proximité (notion de dérangement généré par les travaux à étudier). Cette possibilité sera discutée avec la DREAL et les partenaires techniques.

Préservation de la biodiversité

A ce stade, la prise en compte des enjeux écologiques amène à :

- Limiter les emprises travaux au strict nécessaire notamment liées à la mise en place nécessaire pour les installations de chantier. Parmi les pistes étudiées, il était

		<p>envisagé de stocker une partie des enrochements nécessaires à la protection sur les pelouses présentes en rive gauche du Rhône. La réalisation des reconnaissances de terrain par des écologues ont mis en avant l'intérêt de ces habitats. Pour ces raisons, il a été décidé d'abandonner l'idée d'utiliser ce secteur pour le stockage.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adapter les emprises pour prendre en compte des enjeux de biodiversité présents sur les affleurements rocheux situés en rive droite (zone humide). En effet, le batardeau nécessaire pour l'intervention derrière la passe 3 implique une pose sur l'affleurement rocheux tel que présenté en annexe 4. Actuellement, le décalage plus à l'amont du batardeau sur l'affleurement rocheux est étudié pour réduire cette emprise sur les habitats, tout en tenant compte de la présence des exutoires du contre-canal rive droite. - La mise en œuvre de la protection « à sec » est privilégiée car elle préserve les boisements alluviaux et évite la coupe de la ripisylve présente en rive gauche. Il n'y aura pas de coupe pour créer des accès au lit mineur. - Aucune espèce végétale protégée ne se trouve dans l'emprise projet. Toutefois, une station de Micrope dressé se trouve en périphérie des accès le long de la route D93n. Cette espèce est protégée en Rhône-Alpes, mais n'est pas menacée d'après la liste rouge et n'est pas considérée comme rare. Il s'agit de préserver la station située en périphérie avec mise en place d'un balisage avec panneautage dédié durant tout le chantier hors emprise travaux mais soumis à d'éventuels débordements. - Suivi de la passe à poissons de Donzère avant, pendant et après travaux. Diverses méthodes de comptage (vidéo-comptage, RFID) peuvent être mise en œuvre pour permettre le suivi de la passe et recueillir les données qui permettront d'améliorer les connaissances sur les espèces et définir une gestion rationnelle des populations piscicoles. Par ailleurs, ce suivi sera réalisé lors des travaux de confortement de la passe 3 (avec batardeau en rive droite). Ce suivi présentera l'intérêt de pouvoir évaluer les comportements et suivre les déplacements en parallèle des travaux réalisés en périphérie (évaluation des dérangements et/ou perturbations liés aux travaux). - Adaptation de l'entrée de la passe à poissons pour améliorer l'attrait. Un diagnostic est en cours sur la passe à poissons afin de dresser un état des lieux de la fonctionnalité de la passe. A priori, la passe est sélective sur certains groupes piscicoles notamment pour l'Alose feinte. L'espèce est bloquée, au cours de sa migration, à l'aval du barrage. L'entrée de la passe à poissons n'est pas adaptée au passage de l'espèce qui a une capacité de saut d'obstacle faible. Ce constat explique la raison pour laquelle il y a une frayère forcée au niveau du barrage. Comme les individus sont à maturité sexuelle, ils restent sur place afin d'accomplir leur cycle de reproduction. Les travaux de confortement au droit de l'entrée de la passe à poisson sont une opportunité pour améliorer les conditions de franchissement de l'alose afin qu'elle poursuive sa migration sur des frayères potentielles en amont. Cette idée d'amélioration nécessite des vérifications de faisabilité technique et des échanges avec MRM et l'AFB afin de préciser cette mesure. Ces travaux
--	--	--

		<p>d'amélioration seraient réalisés en parallèle de ceux nécessaires pour le confortement, limitant de ce fait des incidences supplémentaires sur le milieu. De plus, le fait de laisser des matériaux alluvionnaires dans le lit du Rhône pour alimenter le transport sédimentaire peut améliorer la zone de frayère de substitution en créant des conditions plus favorables à l'espèce (Cf. Annexe 9).</p> <ul style="list-style-type: none">- Autres mesures restantes à définir afin de réduire les incidences (en cours de réflexion) et en attente de la réunion d'échanges avec les partenaires techniques (MRM, AFB).
D'autres mesures pourront être ajoutées au moment de la rédaction du dossier d'exécution		