

Demande d'autorisation environnementale

Ouvrage des BARNIERES

Agglomération Cannes Lérins

TOME 2 : Demande d'autorisation environnementale

AVP + Plans

5 - PAPI RIOU BARNIERES AVP
WALL084BTF_0-Sommaire_Riou_Dossier_AVP_pdg_V3
WALL084BTF_1-Synthese_Riou_AVP_V3
WALL084BTF_2-MT_Riou_AVP_V3c
WALL084BTF_3-Calendrier_Tx_Riou_AVP-V3F
WALL084BTF_3-Calendrier_Tx_Riou_AVP-V3F
5 - DOSSIER PLANS
5.0_WALL084BTF_Dossier_Plans_Riou_AVP_pdg_V2
5.1_WALL084BTF_AVP-Riou_PLAN_1_EMPRISES_V2
5.2_WALL084BTF_AVP-Riou_PLAN_2_VP_Generale_ZEC_V1
5.3_WALL084BTF_AVP-Riou_PLAN_3_VP_DETAIL_V2
5.4_WALL084BTF_AVP-Riou_PLAN_4_CT_V1



**CANNES
PAYS DE
LÉRINS**

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

**Communauté d'Agglomération
de Cannes Pays de Lérins**



**SOCIÉTÉ DU CANAL DE PROVENCE
et d'Aménagement de la Région
Provençale**

**Mission de maîtrise d'œuvre pour la construction d'un
ouvrage de ralentissement dynamique des crues du
Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI**

Phase 1 - Avant-Projet : Pièce n°0 – Sommaire Dossier
d'Avant-Projet

Version 3



WALL084BTF

Avril 2021

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V0	20/03/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V1	27/07/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V2	02/08/19	S. PACESCHI	M. NORMAND
V3	30/04/21	S. PACESCHI	M. NORMAND

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
D. SONDAZ	Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale	30/04/21
S. QUASTANA		
O. PAGES		
J.L TROUVAT		

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Sommaire du dossier AVP :

Le dossier AVP - Phase 1 (Tranche Ferme) est composé des pièces suivantes :

- Pièce 0 – Sommaire du Dossier AVP ;
- Pièce 1 - Note de synthèse AVP ;
- Pièce 2 - Mémoire Technique AVP explicatif et descriptif ;
- Pièce 3 - Calendrier prévisionnel de réalisation des travaux ;
- Pièce 4 – Détail Estimatif AVP ;
- Pièce 5 – Dossier de Plans AVP ;
- Pièce 6 – Dossier des Annexes AVP :
 - Annexe 1 - Rapport d'études préliminaires ;
 - Annexe 2 - Rapport AVP Etude hydrologique ;
 - Annexe 3 - Rapport AVP Etude Hydraulique ;
 - Annexe 4 - Dossier Géotechnique AVP (G2 AVP) ;
 - Annexe 5 - Dossier Topographique AVP (Etat Initial) ;
 - Annexe 6 - Dossier des études d'Avant-Projet Sommaire de la solution variante de type barrage-poids en béton conventionnel, de la solution variante de type barrage sans argile avec géomembrane amont et analyse comparative de ces solutions avec la solution AVP remblais zonés/enrochements.



**CANNES
PAYS DE
LÉRINS**

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

**Communauté d'Agglomération
de Cannes Pays de Lérins**



**SOCIÉTÉ DU CANAL DE PROVENCE
et d'Aménagement de la Région
Provençale**

Mission de maîtrise d'œuvre pour la construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI
Phase 1 - Avant-Projet : Pièce n°1 - Note de Synthèse d'Avant-Projet

Version 3



WALL084BTF

Avril 2021

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V0	20/03/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V1	30/07/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V2	02/08/19	S. PACESCHI	M. NORMAND
V3	30/04/21	S. PACESCHI	M. NORMAND

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
D. SONDAZ	Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale	30/04/21
S. QUASTANA		
O. PAGES		
J.L TROUVAT		

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Table des matières

1.	Contexte et objectifs.....	1
2.	Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues	2
3.	Description du site actuel	3
3.1	Situation géographique	3
3.2	Rappel des principales contraintes existantes	4
3.3	Rappel des principaux résultats des études hydrologiques AVP.....	7
3.4	Rappel des principaux résultats des Etudes hydrauliques.....	8
3.5	Rappel des principaux résultats des investigations complémentaires menées en phase AVP	14
4.	Description des ouvrages à réaliser	15
4.1	Implantation de l'ouvrage :	15
4.2	Type d'ouvrage :	16
4.3	Constitution de l'ouvrage :	18
4.4	Organes de sécurité de l'ouvrage	19
4.4.1	Evacuateur de crues.....	20
4.4.1	Pertuis de fond :	21
4.4.2	Traitement des fondations et des rives	25
4.4.3	Choix du dispositif d'auscultation de l'ouvrage.....	27
4.5	Mesures d'intégration paysagère.....	28
4.6	Mesures environnementales	30
4.7	Rétablissement et/ ou création de voiries, pistes et accès	31
4.8	Rétablissement et/ ou création de réseaux	34
5.	Programme de gestion, d'entretien, de surveillance et de contrôle de l'ouvrage	35
6.	Phasage et calendrier des travaux.....	39
7.	Détail estimatif prévisionnel des travaux	40
7.1	Hypothèses du chiffrage, incertitudes, aléas	40
7.2	Synthèse chiffrage estimatif AVP.....	41

Liste des figures

Figure 1 : Carte de localisation des principaux enjeux (Source Porter à connaissance du PPRI de Mandelieu (2020))	1
Figure 2 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période normale (hors crue) - (Illustrations sources SYRIBT)	2
Figure 3 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période de crue - (Illustrations sources SYRIBT)	2
Figure 4 - Carte de localisation de la zone d'étude (Source Géoportail)	3
Figure 5 : Carte de structure paysagère au droit du secteur d'étude	6
Figure 6 : Localisation des points de calcul	8
Figure 7 : Localisation des points de calcul	9
Figure 8 : Carte des hauteurs d'eau maximales pour la crue Q50 avec ouvrage des Barnières	10
Figure 9 : Carte des vitesses maximales pour la crue Q50 avec ouvrage des Barnières	11
Figure 10 : Carte des différences de niveaux d'eau maximum pour la crue Q50 Etat projet par rapport à Etat initial	12
Figure 11 : Carte des différences de vitesses maximales pour la crue Q50 Etat projet par rapport à Etat initial.....	13
Figure 12 – Profil géologique de la fondation (Source G2 AVP ERG)	14
Figure 13 – Plan de principe des zones potentielles d'emprunt	14
Figure 14 : Plan d'implantation des solutions étudiées en étude préliminaire	15
Figure 15 : Coupe Type transversale Ouvrage des Barnières (hors pertuis)	18
Figure 16 : Coupe Type transversale Ouvrage des Barnières (hors pertuis)	22
Figure 17 : Coupes Types transversales Ouvrage des Barnières	26
Figure 18 : Coupe Type longitudinale Ouvrage des Barnières	27
Figure 19 – Localisation des accès au site sur carte IGN (Source géoportail).....	31
Figure 20 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase Travaux.....	33
Figure 21 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase d'exploitation	33
Figure 22 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase d'exploitation (Zoom sur l'ouvrage des Barnières).....	33
Figure 23 : Emprise de la zone d'expansion de crue de l'ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000)	38
Figure 24 – Localisation des emprises de travaux	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière sur le site de l'ouvrage de ralentissement dynamique (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017)	7
Tableau 2 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière au droit des secteurs à enjeux aval (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017).....	8
Tableau 3 : Modèle géomecanique retenu pour le corps du Barrage (Source G2 AVP ERG).....	14
Tableau 4 : Modèle géomecanique retenu pour le sol de fondation (Source G2 AVP ERG)	14
Tableau 5 : Synthèse des caractéristiques principales de l'ouvrage des Barnières	19
Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques principales de l'évacuateur de crue de l'ouvrage des Barnières	21
Tableau 7 : Synthèse des caractéristiques principales du pertuis de fond de l'ouvrage des Barnières.....	23
Tableau 8 : Visites de surveillance de l'ouvrage des Barnières.....	36
Tableau 9 : Fréquence des relevés d'auscultation de l'ouvrage des Barnières.....	36
Tableau 10 : Entretien de l'ouvrage des Barnières	37
Tableau 11 : Synthèse Chiffrage estimatif AVP.....	41

Acronymes et abréviations

AVP	Avant-Projet
CACPL	Communauté d'Agglomération de Cannes Pays de Lérins
CFBR	Comité Français des Barrages et Réservoirs
CFGB	Comité Français des Grands Barrages
DDT	Direction Départementale des Territoires
DICT	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
DIG	Déclaration d'Intérêt Général
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DT	Déclaration de Travaux
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
EP	Etudes Préliminaires
MNT	Modèle Numérique de Terrain
MOA	Maître d'Ouvrage (CACPL)
MOAD	Maître d'Ouvrage Délégué (SCP)
MOE	Société de Maîtrise d'Oeuvre (EGIS Eau)
OH	Ouvrage Hydraulique
PACA	Provence Alpes Cotes d'Azur
PAPI	Programmes d'Actions de Prévention contre les Inondations
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PNR	Parc Naturel Régional
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPRI	Plan de Prévention du Risque Inondation
PRO	Projet
PSR	Plan de Submersion Rapide
SCP	SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE et d'Aménagement de la Région Provençale
SIG	Système d'Information Géographique
ZEC	Zone d'Expansion de Crue
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZPS	Zone de Protection Spéciale (Réseau Natura 2000)
ZSC	Zone Spéciale de Conservation (Réseau Natura 2000)

1. Contexte et objectifs

Le Riou de l'Argentière est un petit fleuve méditerranéen qui prend sa source dans le massif de l'Estérel (83) et dont l'embouchure se situe dans la partie urbaine de la commune de Mandelieu-la-Napoule (06). Comme tous les cours d'eaux méditerranéens, le Riou de l'Argentière est affecté par des crues très rapides et violentes, à l'origine d'inondations sur la partie urbanisée aval.

C'est pourquoi, la commune de Mandelieu-la-Napoule a décidé de réaliser un PAPI sur ce bassin. Le programme complet a été labélisé en juillet 2014. L'ouvrage de ralentissement dynamique des crues représente la principale action du PAPI. Il correspond aux axes VI (ralentissement des écoulements) et VII (gestion des ouvrages de protection hydraulique) du programme.

L'ouvrage de ralentissement dynamique des crues projeté doit permettre d'écrêter la crue cinquantennale (92 m³/s) sur le site des Barnières (Fréjus / Tanneron (83)), afin que les débordements générés dans les secteurs à enjeux en aval (zones habitées de la commune de Mandelieu-la-Napoule (06) et notamment les quartiers de Minelle et de Bon Puits) ne soient pas plus importants que ceux générés par une crue vingtennale (175 m³/s).

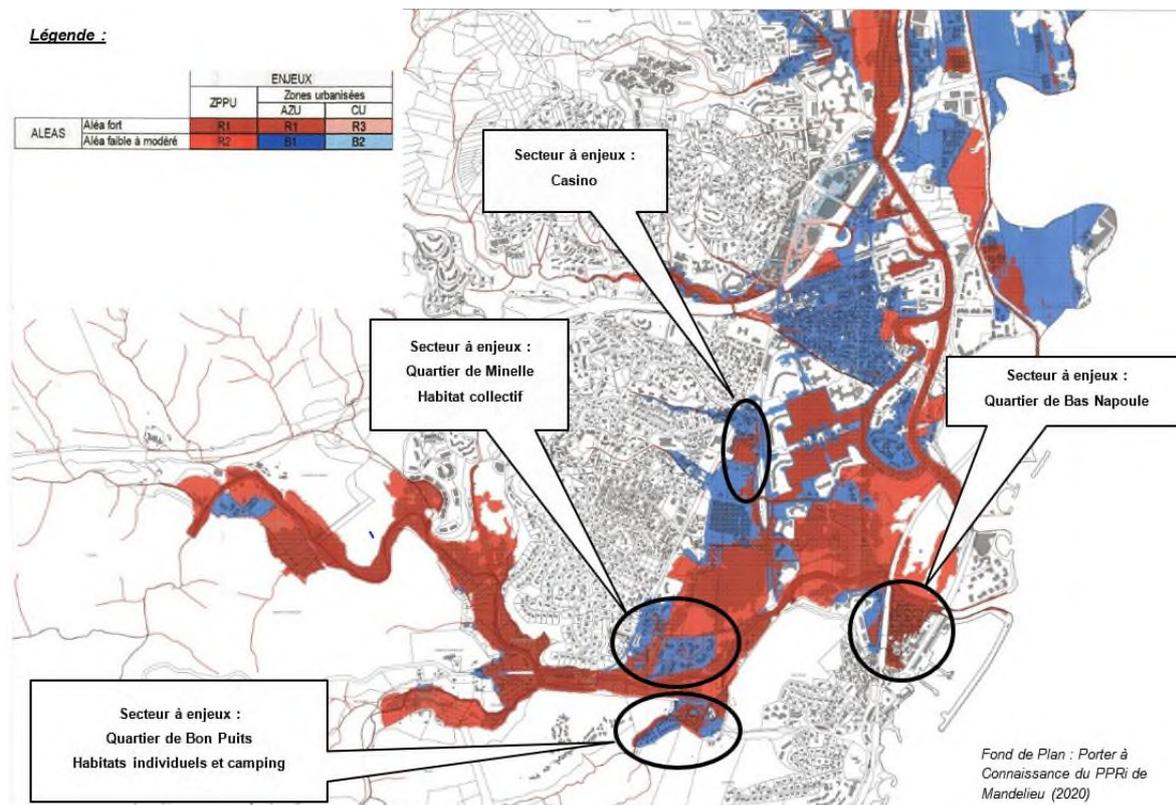


Figure 1 : Carte de localisation des principaux enjeux (Source Porter à connaissance du PPRI de Mandelieu (2020))

La Communauté d'Agglomération de Cannes Pays de Lérins (CACPL) et la Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale assurent respectivement la Maîtrise d'Ouvrage et la Maîtrise d'Ouvrage Déléguée des études de Maîtrise d'Œuvre.

Le groupement de Maîtrise d'œuvre constitué d'EGIS Eau (mandataire), d'ERG (sous-traitant en charge de la géotechnique), d'Opsia (sous-traitant en charge de la topographie), de Naturalia (sous-traitant en charge du volet naturaliste) et d'Akène (sous-traitant en charge du volet paysage), a été retenu pour réaliser une mission de maîtrise d'œuvre complète (AVP/ Dossiers Règlementaires/ PRO/ ACT/ VISA/ DET/ AOR).

2. Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues

L'ouvrage des Barrières est un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type "surstockage passif", qui, au-delà d'un débit choisi, stocke l'eau et réduit les débits de pointe à l'aval. Ce type d'aménagement est réalisé à l'amont des zones habitées, de façon à préserver les enjeux humains du risque inondation.

■ Fonctionnement en période normale (hors crue) :

En période normale, les écoulements passent le barrage au moyen d'un pertuis aménagé en fond de retenue, dans l'axe du lit de la rivière. Le barrage est dit « transparent », car toute l'eau de la rivière s'écoule à l'aval, sans stockage ; La retenue reste sèche (cf. schémas présentés ci-dessous).



Période normale (hors crue) sans ouvrage



Période normale (hors crue) avec ouvrage

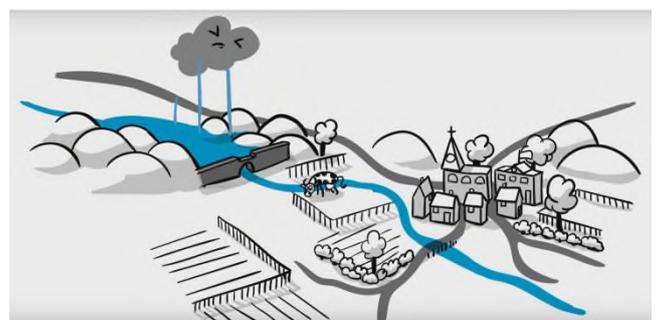
Figure 2 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période normale (hors crue) - (Illustrations sources SYRIBT)

■ Fonctionnement en période de crue :

Lors d'une crue courante, l'ouvrage commence à stocker l'eau dès que le débit de la rivière dépasse le débit permis par le pertuis. Cette valeur de débit seuil est choisie lors de la conception des ouvrages pour permettre une protection efficace des lieux habités à l'aval. La retenue se remplit et permet d'écarter le débit de pointe de la crue. L'eau continue d'être restituée par le pertuis. Lorsque la hauteur d'eau atteint la cote de l'évacuateur, la restitution des eaux de crues à l'aval commence et s'effectue par un déversoir qui permet de maîtriser les écoulements. La capacité de rétention de l'ouvrage est alors dépassée. Des débordements peuvent se produire à l'aval. Un tel procédé permet à la fois de respecter le fonctionnement hydrologique du cours d'eau et, d'écarter les crues, jusqu'à la crue déversante (cf. schémas présentés ci-dessous).



Période de crue sans ouvrage



Période de crue avec ouvrage

Figure 3 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période de crue - (Illustrations sources SYRIBT)

3. Description du site actuel

3.1 Situation géographique

Une étude préliminaire réalisée par la SCP, a défini les principes d'aménagement qui consistent à mobiliser une retenue temporaire d'eau grâce à la création d'un ouvrage de ralentissement des crues en remblais sur le site des Barnières.

La zone d'étude s'étend sur environ 20 ha, du pont amont sur le Riou de l'Argentière du chemin d'accès au lieu-dit les Barnières sur la commune de Tanneron (83), jusqu'au pont aval sur le Riou de l'Argentière. Elle impacte la commune des Adrets-de-l'Estérel (83) à l'Ouest du chemin d'accès au lieu-dit les Barnières, la commune de Tanneron (83) en rive gauche du Riou de l'Argentière, la commune de Fréjus (83) en rive droite du Riou de l'Argentière, et la commune de Mandelieu (06) sur l'extrémité Est en rive gauche du Riou de l'Argentière.

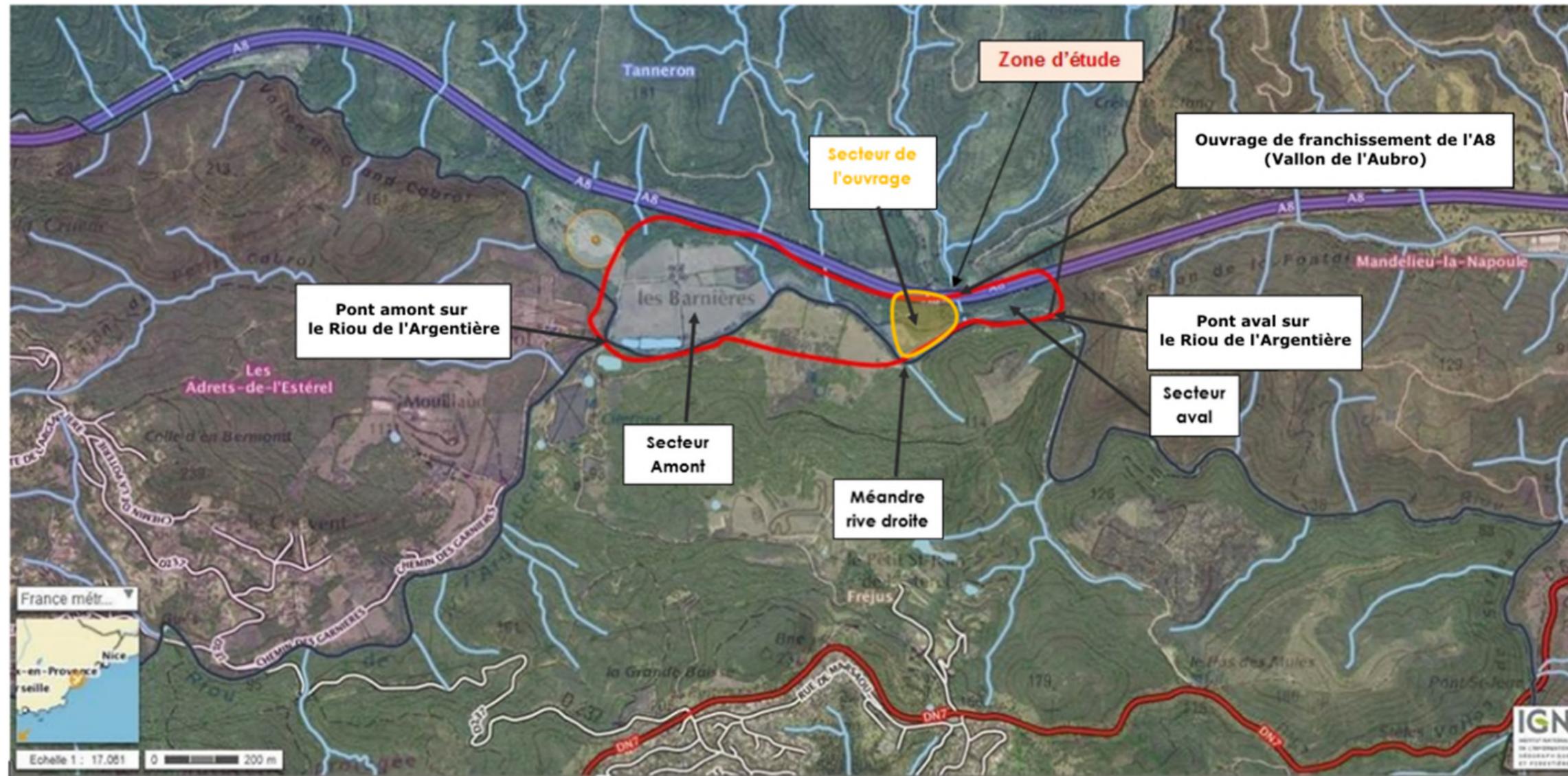


Figure 4 - Carte de localisation de la zone d'étude (Source Géoportail)

Le fuseau d'implantation de l'ouvrage de ralentissement des crues est situé sur le Riou de l'Argentière dans le verrou naturel à l'amont des gorges, entre le méandre rive droite du Riou de l'Argentière et l'aval de l'ouvrage hydraulique de franchissement routier de l'autoroute A8 (Vallon de l'Aubro).

3.2 Rappel des principales contraintes existantes

Le projet présente de nombreuses contraintes qui sont détaillées dans le mémoire technique AVP (cf. pièce n°2 du dossier AVP). Il est à noter notamment :

La zone plaine des Barrières est une zone principalement agricole (culture, élevage, chevaux,...) entourée de forêts. Le site de l'ouvrage à réaliser est situé dans une zone de forêts.

Quelques bâtis sont présents dans la zone d'étude, mais seuls 4 bâtis sont situés en rive droite du Riou de l'Argentière dans la zone d'expansion de crue Q1000 (231 m³/s). **Il s'agit d'une habitation (parcelle CR510) et de bâtis à chevaux (parcelle CR512). Aucun bâti n'est situé dans les emprises directes de l'ouvrage à réaliser.**

Des aménagements du Centre équestre des Barrières (remise à proximité de la réserve incendie, box en bois,...) sont situés en rive gauche du Riou de l'Argentière dans la zone d'expansion de crue Q1000 (231 m³/s) et dans la zone d'expansion de crue maximale Q10 000 (315 m³/s).

Nota : La présente analyse des contraintes a été réalisée lors de visites du site de la phase 1 AVP. Le site étant en perpétuelle évolution au niveau du centre équestre (nombreux aménagements constatés : carrières, déplacement de box,...), de possibles évolutions sont à redouter avant le démarrage des travaux.

■ D'un point de vue réseaux :

Après réalisation des déclarations de travaux (DT) le long du Riou de l'Argentière, sur la zone d'étude du site des Barrières, l'intégralité des concessionnaires a répondu aux DT. **Seul le réseau télécom aérien situé en bordure de piste rive gauche sur site interfère avec l'ouvrage et est susceptible de faire l'objet d'un dévoiement** (un abandon de cette fin de ligne est peut-être possible sous réserve d'expropriation et de suppression totale des activités en rive droite : Point à confirmer avec le concessionnaire et le MOA en phase PRO).

■ D'un point de vue environnemental :

La zone d'étude est située hors Natura 2000, mais présente une richesse écologique avérée, en raison notamment de la présence aux alentours de nombreuses zones écologiques identifiées et protégées (3 ZNIEFF de type I, 2 ZNIEFF de type II, 1 ZSC, 2 ENS, 1 Terrain du Conservatoire du littoral, 4 zones humides (inventaire du département), 1 Réserve Biologique Dirigée (ONF), 1 Plan National d'Action (PNA Tortue d'Hermann Sensibilité très faible)) et de la présence sur la zone d'étude de :

- 5 habitats naturels d'intérêt communautaire ;
- **6 espèces à enjeu (dont 6 protégées) pour la flore ;**
- 7 espèces à enjeu pour l'entomofaune et 6 espèces à enjeu d'oiseaux ;
- 5 espèces de reptiles protégées, dont **une espèce patrimoniale à fort enjeu : La Tortue d'Hermann ;**
- **3 espèces à enjeu de chiroptères** et 3 espèces à enjeu de mammifères (hors chiroptères) (dont 2 protégées) ;
- **2 espèces à enjeu pour les amphibiens et 3 espèces à enjeu de poissons**, dont deux à statut particulier sur la Liste rouge nationale et une protégée sur le plan national et communautaire.

■ **D'un point de vue réglementaire, le projet est soumis aux procédures réglementaires interdépartementales (06-83) ci-après :**

- **Une demande d'examen au cas par cas vis-à-vis du régime d'étude d'impact.** A noter que cette demande a fait l'objet d'un arrêté portant décision de réaliser une étude d'impact.
- **Un permis d'aménager** comprenant :
Une Autorisation au titre des sites classés en application de l'article L. 341-10 (Massif de l'Estérel oriental)
- **Un dossier soumis à enquête publique** comprenant :
 - **Une Autorisation environnementale**
 - Un dossier « Loi sur l'eau » (Autorisation au titre des articles L. 214-1 à 6 du code de l'environnement) comprenant
 - Une Etude de danger ;
 - Une étude d'impact (également intégrée au titre de la DUP et valant évaluation environnementale de la mise en compatibilité du PLU de Fréjus) ;
 - Un Avant-Projet.
 - Une Évaluation des incidences du projet sur le site Natura 2000 de l'Estérel au titre des articles L. 414-1 à 7 du code de l'environnement
 - Une autorisation de défrichement au titre du code forestier
 - Une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement, la destruction et la perturbation intentionnelle de spécimens d'espèces animales et végétales protégées (dérogation aux interdictions mentionnées à l'article L.411-1 du code de l'environnement, au titre de l'article L.411-2-c du Code de l'Environnement (« dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publique ou pour d'autres raisons d'intérêt public majeur »)).
 - **Une Déclaration d'utilité publique emportant mise en compatibilité du PLU de Fréjus**
(avec enquête parcellaire conjointe) comprenant notamment l'étude d'impact valant évaluation environnementale de la mise en compatibilité du PLU de Fréjus.

Les dossiers d'autorisation environnementale et de Déclaration d'utilité publique emportant mise en compatibilité du PLU (MECPLU) de Fréjus feront l'objet d'une instruction interdépartementale (06/83).

L'enquête publique qui sera menée conformément au code de l'environnement portera sur :

- La demande d'autorisation environnementale,
- La déclaration d'utilité publique emportant mise en compatibilité du PLU de Fréjus,

A noter par ailleurs que l'analyse des documents d'urbanisme des communes impactées par le projet a fait ressortir les principaux points suivants :

- Commune de Fréjus :
 - Le projet (ouvrage et ZEC amont) s'inscrit dans un espace boisé classé → Mise en compatibilité du PLU
 - Un espace remarquable naturel → Dérogation pour un ouvrage de sécurité publique : cf. décret du 21 mai 2019. Le nouvel article R121-5 du code de l'urbanisme autorise les équipements d'intérêt général nécessaires à la sécurité des populations et à la préservation des espaces et milieux, sous réserve que leur localisation et leur aspect ne dénaturent pas le caractère des sites, ne compromettent pas leur qualité architecturale et paysagère et ne portent pas atteinte à la préservation des milieux.
- Communes des Adrets de l'Estérel et Tanneron : appliquent le RNU.

■ D'un point de vue foncier :

- L'établissement d'une DUP devra permettre d'acquérir le foncier nécessaire à la réalisation des ouvrages définitifs et de la zone d'emprunt située sur le site.
- L'établissement de zones d'Occupation Temporaire de Travaux devra permettre d'utiliser temporairement le foncier nécessaire à la réalisation des ouvrages provisoires nécessaires pour réaliser les travaux (accès, pistes, zones de stockage,...).
- En cas d'acquisition totale du foncier sur la zone de rétention temporaire, l'établissement d'une servitude de rétention temporaire des eaux devra permettre d'acquérir les autorisations réglementaires de réaliser les travaux de l'ouvrage. La servitude de rétention temporaire permettra de créer la zone d'expansion de crue en amont de l'ouvrage et de réglementer les activités et occupations du sol dans cette zone (y c servitude de passage sur la zone).
- En cas d'acquisition totale du foncier (DUP) sur la zone de rétention temporaire, une servitude de rétention temporaire n'est pas nécessaire.

■ D'un point de vue paysager :

- Le projet se situe dans le site classé de l'Estérel au titre des sites par décret du 03/01/1996, au pied de l'A8 (au nord), dans un secteur relativement isolé, privé, à l'opposé de la façade maritime ou des sommets fréquentés par le grand public, mais dans des paysages naturels et agrestes représentatifs de l'identité de l'Estérel. Le massif de l'Estérel a été labellisé Grand Site de France.
- Le site de la plaine des Barnières est une dépression agricole, où les vergers ont disparu au profit de prairie équestre et plantations horticoles (mimosa, eucalyptus).
- **Le vallon du Riou de l'Argentière présente un paysage fermé, végétal, intimiste, peu perçu de l'extérieur avec un accès limité (privé) et un paysage de contraste entre :**
 - l'ubac et les Adrets-de-l'Estérel ;
 - les ambiances végétales et le bruit de l'A8 ;
 - la belle ripisylve du Riou de l'Argentière et les parcelles agrestes anthropisées (culture de mimosa, eucalyptus, prairie équestre et divers abris).

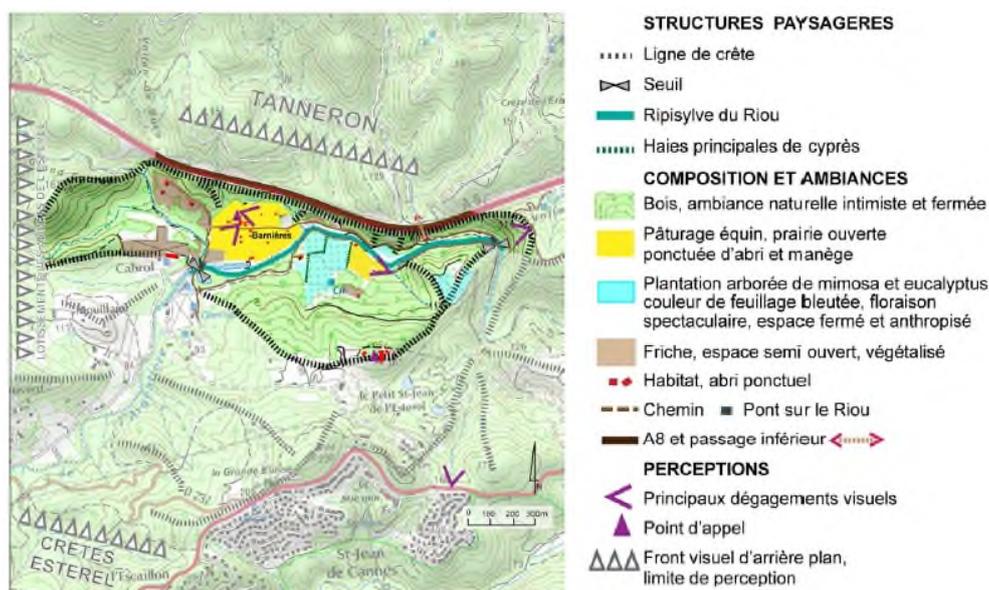


Figure 5 : Carte de structure paysagère au droit du secteur d'étude

- D'un point de vue risque d'incendie, les prescriptions de l'Arrêté préfectoral du var du 19 juin 2018, devront être respectées.
- D'un point de vue risque de crue, des mesures de surveillance et de vigilance contre les crues devront être prises en compte en phase travaux. Historiquement, 90% des crues du Riou de l'Argentière ont lieu sur les mois de septembre, octobre, novembre et décembre.

3.3 Rappel des principaux résultats des études hydrologiques AVP

Un modèle hydrologique pluie-débit a été réalisé en utilisant le logiciel PCSWMM.

Le calage du modèle pluie-débit sur les observations de l'évènement d'octobre 2015 permet d'améliorer notablement les estimations de débit sur le bassin versant du Riou de l'Argentière.

Les débits, volumes de crue et durée de la crue issus du modèle hydrologique Egis Eau 2017, au droit du site de l'ouvrage de ralentissement dynamique des Barnières sont :

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1 000 ans	10 000 ans
Débit (m ³ /s)	53	70	92	121	231.60	315.03
Volume écoulé (m ³)	593,000	778,000	1,041,000	1,423,000	2,717,067	3,695,844
Durée de la crue	4 h 40	5 h 35	6 h 50	8 h 30	> 8 h 30	> 8 h 30

Tableau 1 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière sur le site de l'ouvrage de ralentissement dynamique (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017)

Les débits, volumes de crue et durée de la crue issus du modèle hydrologique Egis Eau 2017, au droit des secteurs à enjeux aval (Quartiers de Minelle et de Bon Puits) sont les suivants :

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Débit (m ³ /s)	180	233	301	383
Volume écoulé (m ³)	1,823,000	2,368,000	3,136,000	4,194,000
Durée de la crue	10 h 20	10 h 35	11 h 00	12 h 10

Tableau 2 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière au droit des secteurs à enjeux aval (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017)

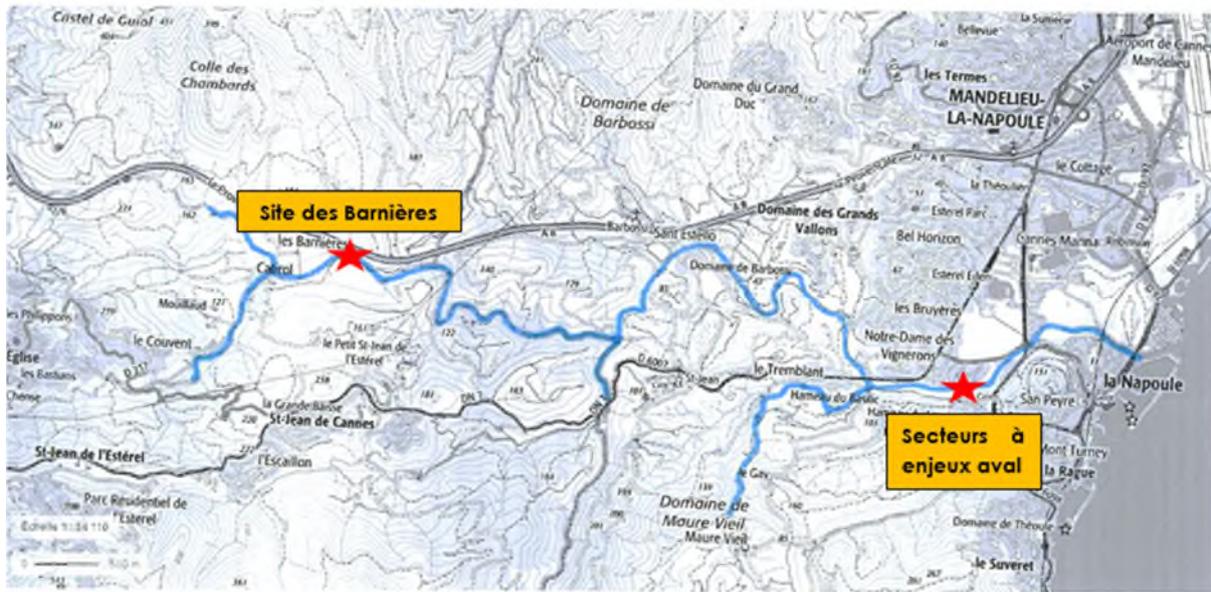


Figure 6 : Localisation des points de calcul

L'application de la méthode du Gradex au droit du site envisagé pour l'ouvrage de ralentissement dynamique conduit aux valeurs de débits suivantes :

$$Q_{1\,000} = 231 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10\,000} = 315 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le modèle hydrologique ne prenant pas en compte le laminage dans sa fonction de propagation des hydrogrammes, ces résultats ne sont donnés qu'à titre indicatif. Seul le modèle hydraulique du Riou de l'Argentière permettra d'apprécier l'efficacité réelle de l'ouvrage (cf. chapitre ci-après).

3.4 Rappel des principaux résultats des Etudes hydrauliques

Un modèle INFOWORKS ICM unidimensionnel/bidimensionnel a été mis en œuvre sur l'ensemble du champ d'inondation du Riou de l'Argentière entre le lieu-dit « Moullaud » à l'amont et l'exutoire en mer. Il a été calé de façon à faire coïncider les cotes d'eau calculées par le modèle et les cotes d'eau observées lors de la crue du 03/10/2015 (repères de crue, et témoignages).

Quelle que soit la période de retour de la crue, l'écrêtement par l'ouvrage des Barrières est important au droit du site de l'ouvrage (de 47% à 65%). Il est bien maximal (65%) pour la crue d'écrêtement du projet (50 ans).

Les modélisations hydrauliques montrent que l'ouvrage des Barrières ne permet pas de satisfaire pleinement l'objectif d'écrêtement attendu :

- Objectif attendu : Ecrêtement de la crue cinquantennale (92 m³/s) sur le site des Barrières, afin que les débordements générés dans les secteurs à enjeux en aval (zones habitées de la commune de Mandelieu-la-Napoule et notamment les quartiers de Minelle et de Bon Puits) ne soient pas plus importants que ceux générés par une crue vingtennale (175 m³/s).

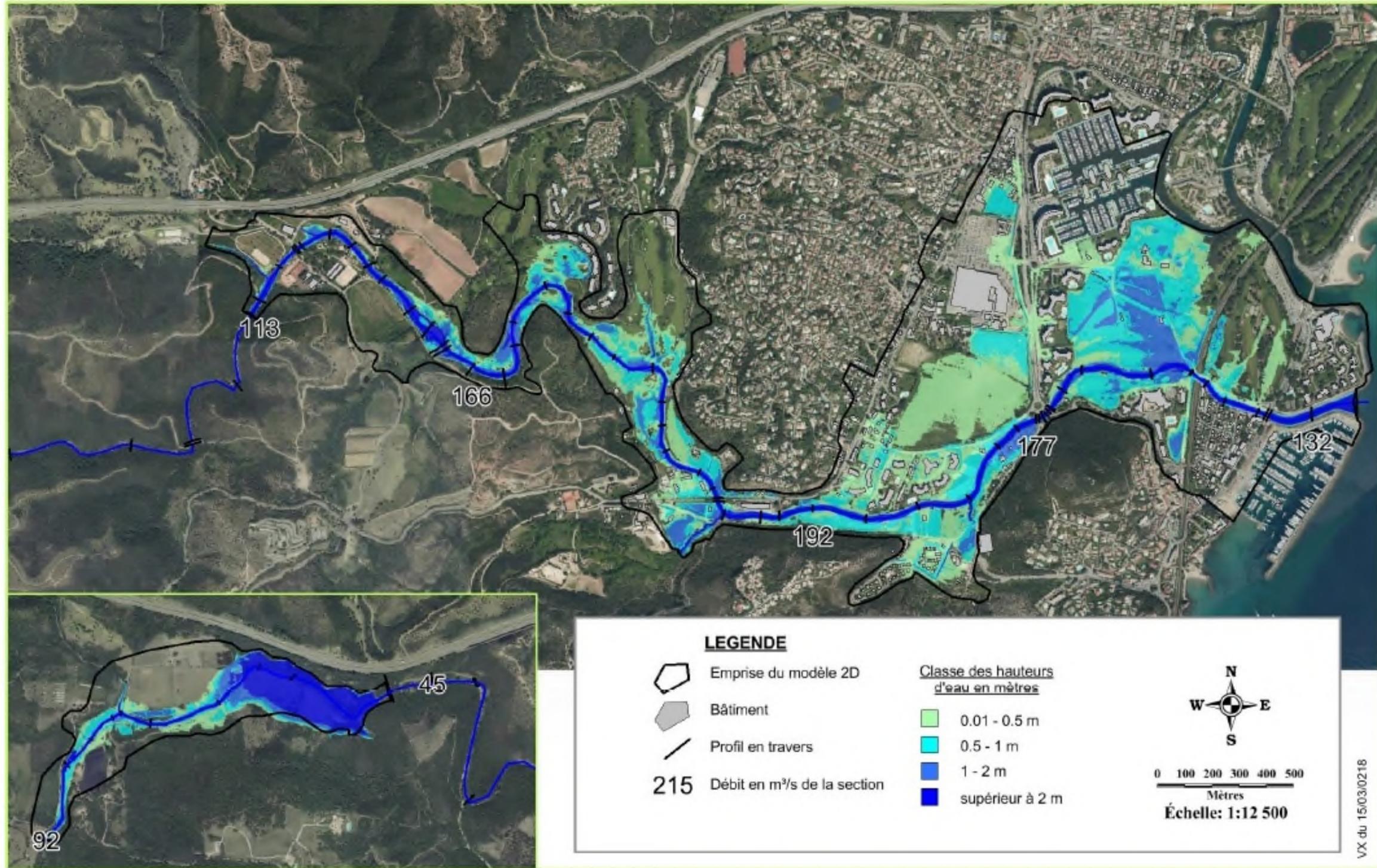


Figure 8 : Carte des hauteurs d'eau maximales pour la crue Q50 avec ouvrage des Barnières

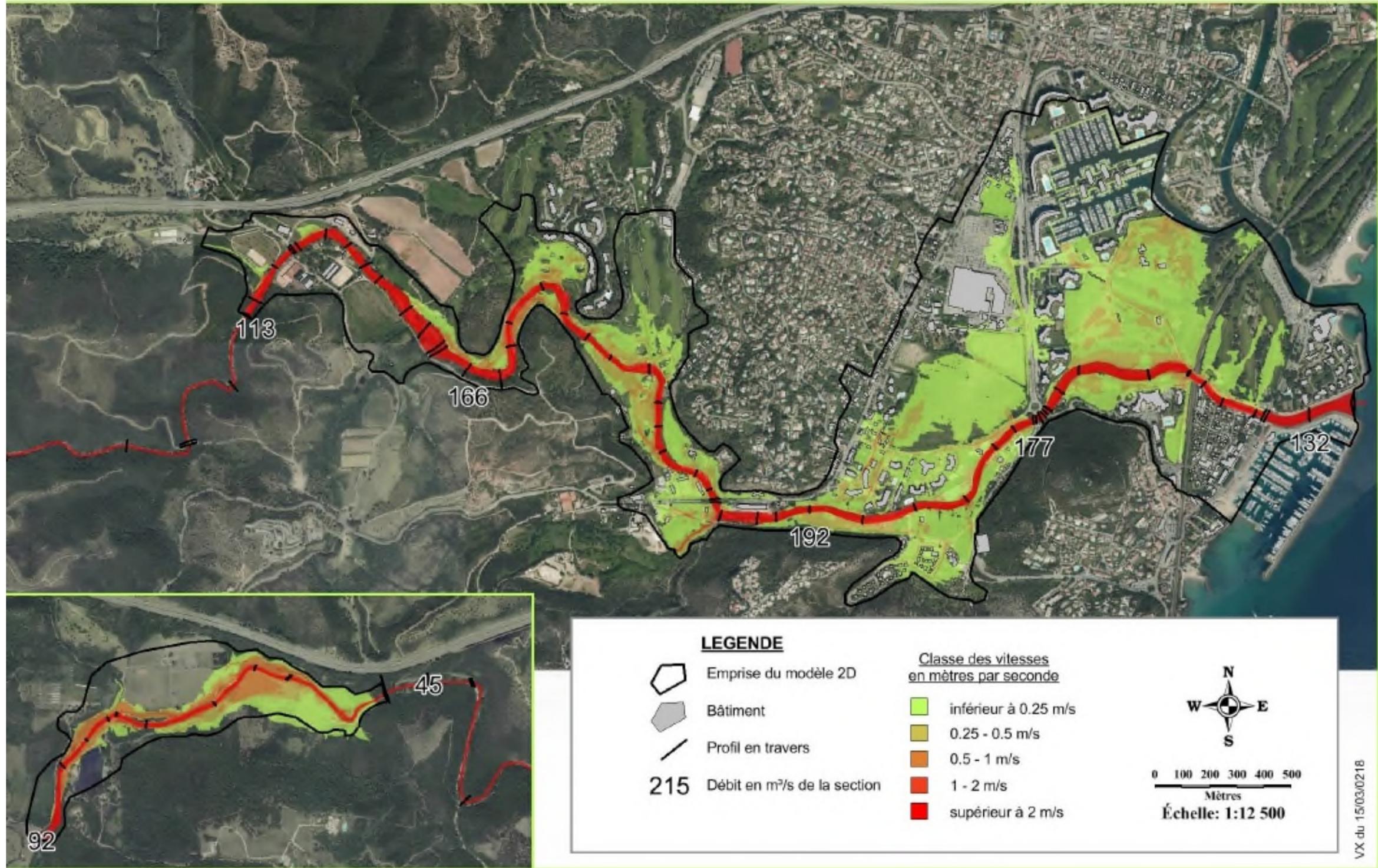


Figure 9 : Carte des vitesses maximales pour la crue Q50 avec ouvrage des Barnières

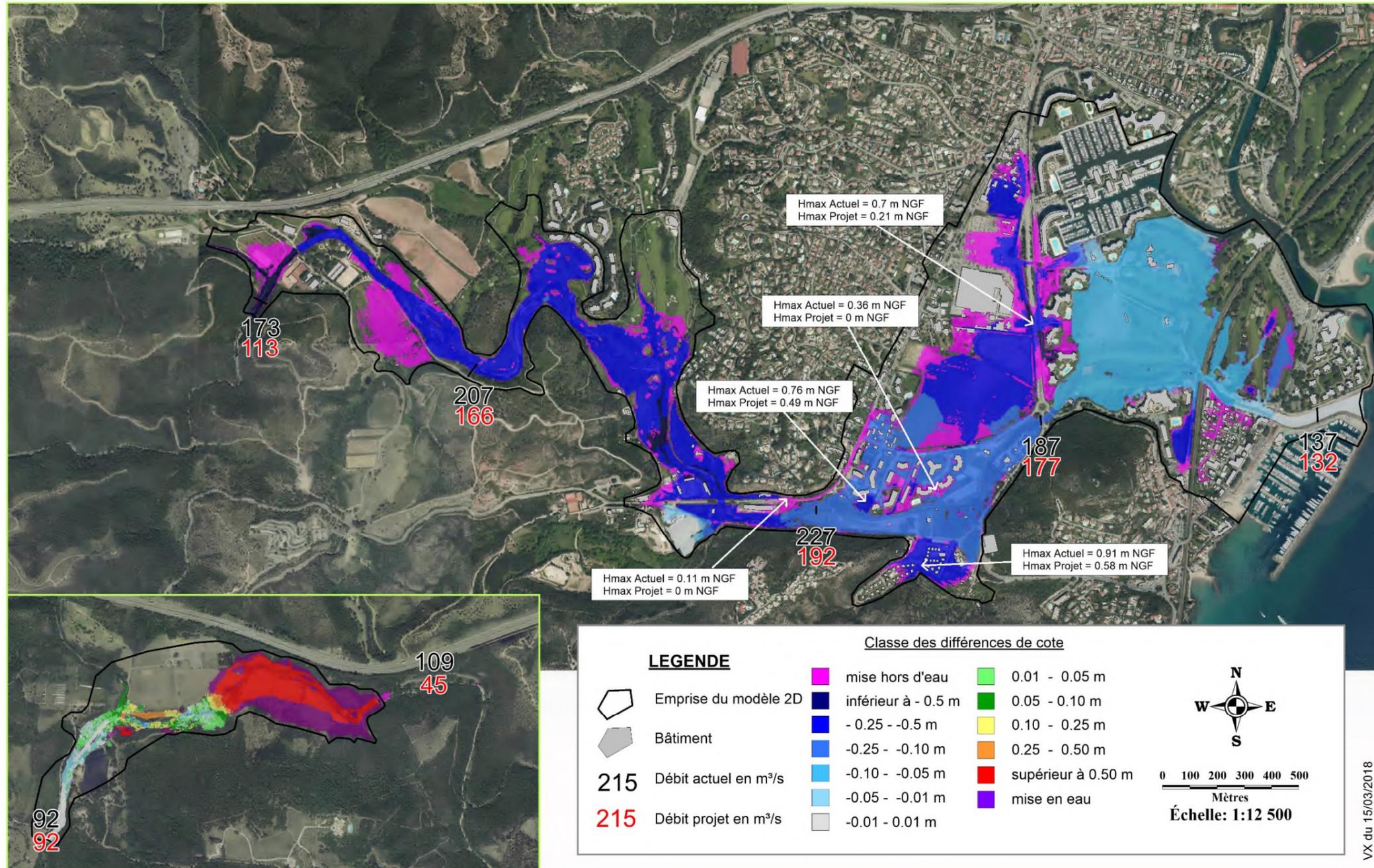


Figure 10 : Carte des différences de niveaux d'eau maximum pour la crue Q50 Etat projet par rapport à Etat initial

VX du 15/03/2018

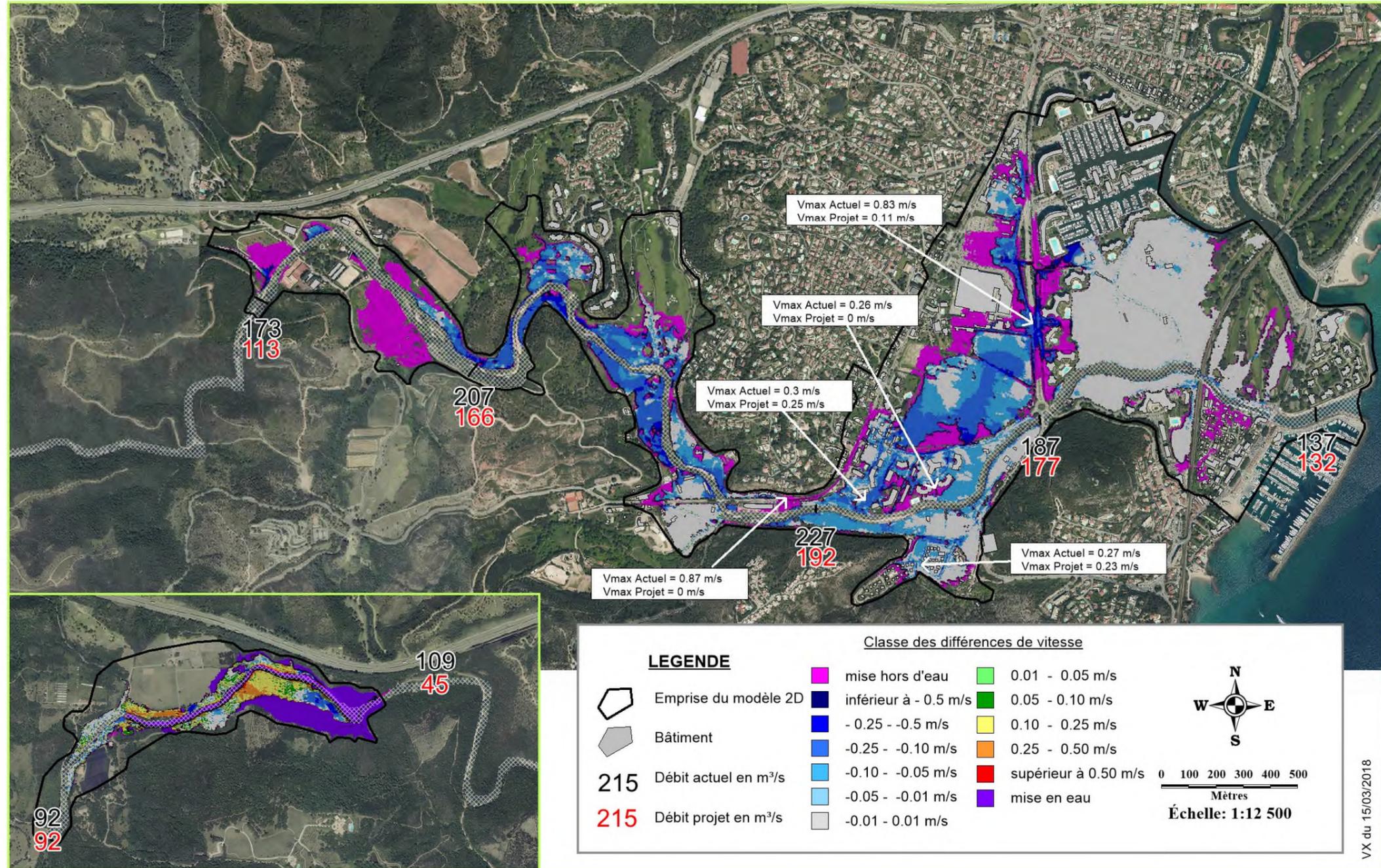


Figure 11 : Carte des différences de vitesses maximales pour la crue Q50 Etat projet par rapport à Etat initial

3.5 Rappel des principaux résultats des investigations complémentaires menées en phase AVP

Des investigations topographiques et géotechniques ont été menées en phase AVP, par le géomètre OPSIA et le géotechnicien ERG. Suite aux investigations géotechniques, les modèles géomecaniques retenus en phase AVP sont définis ci-après :

Les reconnaissances G2 AVP ont mis en évidence la superposition lithologique de la fondation suivante :

- **Remblais** : Présent principalement en surface au droit des pistes d'accès existantes.
- **Sables** : Présent en terrain de couverture.
- **Gneiss fragmentés** : Substratum rocheux fragmenté présent sous les terrains de couverture.
- **Gneiss fracturés** : Substratum rocheux fracturé présent en profondeur.

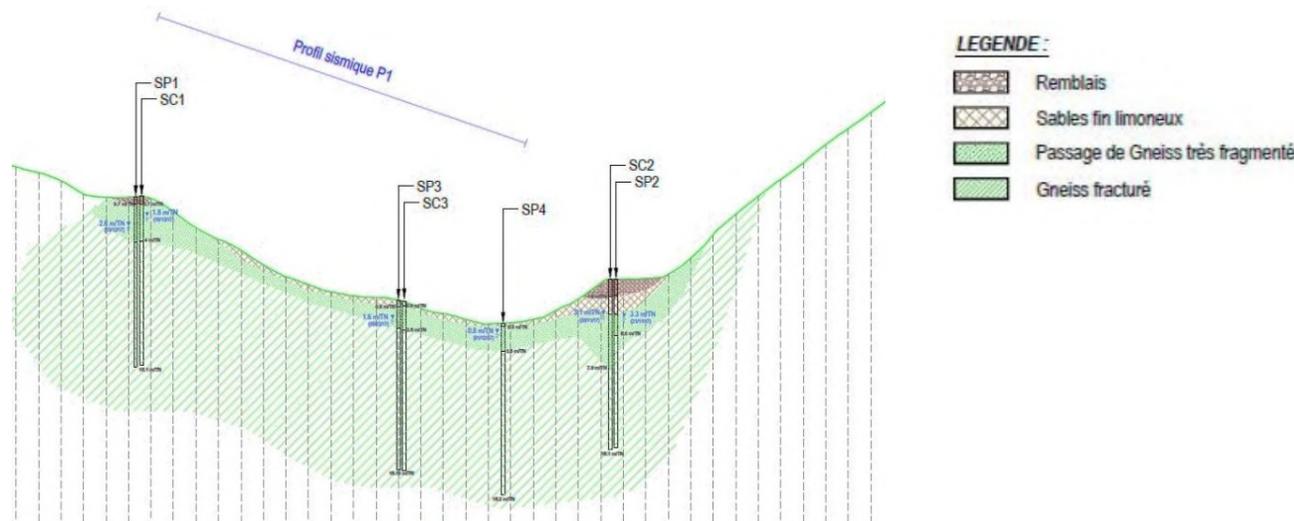


Figure 12 – Profil géologique de la fondation (Source G2 AVP ERG)

Au vue de l'exploitation du centre équestre sur l'amont du site, de la présence de zones fortement boisées et de l'étroitesse du Riou de l'Argentière, 4 zones d'emprunt potentielles ont été identifiées et investiguées lors de la G2 AVP :

En l'absence d'une épaisseur de terrain de couverture raisonnable, la zone potentielle d'emprunt la plus à l'ouest n'a finalement pas été retenue.

Suite aux analyses en laboratoire, le rapport de G2 AVP confirme que :

- Les matériaux issus du site (des 3 zones potentielles d'emprunt finalement retenues ci-avant) ne sont pas réutilisables pour réaliser le noyau étanche, les protections amont et aval, les drains et filtres de l'ouvrage des Barnières ;
- Les matériaux issus du site (des 3 zones potentielles d'emprunt finalement retenues ci-avant) sont réutilisables pour réaliser la recharge aval et les remblais paysagers de l'ouvrage des Barnières. La Zone d'emprunt potentielle EST est suffisante pour approvisionner le chantier en matériaux issus du site pour réaliser la recharge aval et les remblais paysagers de l'ouvrage des Barnières.

Après prise en compte des avancées foncières (expropriation confirmée sur la parcelle CR512), la zone d'emprunt finalement retenue en PRO ne fait pas partie des zones d'emprunts investiguées en G2 AVP présentées ci-avant pour des raisons de minimisation des impacts du projet sur l'environnement (cf. chapitre 6 Phasage et calendrier des travaux). Au vue de la proximité des zones investiguées et de la zone finalement retenue, il devra être confirmé en G2 PRO, que la nouvelle zone d'emprunt retenue en G2 PRO présente bien des caractéristiques géotechniques similaires à celles investiguées en G2 AVP.

	Types de matériaux	γ_d	γ_{sat}	c'	Φ'	k
		[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[m/s]
Remblai argileux	Sols argileux	20	22	25	25	10 ⁻⁷
Protections	Enrochements	18	20	0	40	10 ⁻² *
Remblai paysager	Matériaux sableux	20	22	5	35	10 ⁻⁵ *
Recharge Aval	Remblai technique	18	20	0	30	10 ⁻⁴ *
Tapis drainant	Matériaux granulaires de classe D	18	20	0	35	10 ⁻³ *
Injection entre remblai et fondation et écran d'étanchéité	Coulis	22	22	90	90	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁹

Tableau 3 : Modèle géomecanique retenu pour le corps du Barrage (Source G2 AVP ERG)

N° Sol / Faciès	Epaisseur moyenne m *	Horizon et Faciès	Caractéristiques géomecaniques			γ_d	γ_{sat}	c'	Φ'	k
			E_M	p_l^*	α					
			[MPa]	[MPa]	[-]					
1	1.2	Remblais	11**	1.8**	1/3	18	20	0	32	-
2	0.9	Sables	2**	0.5**	1/3	18	20	2	34	10 ⁻⁴
3a	2.3	Gneiss +/- fragmentés	46	1.7	2/3	25	27	10	30	10 ⁻⁴
3b	-	Gneiss fracturés	375	5.0	1/3	25	27	30	30	10 ⁻⁴

Tableau 4 : Modèle géomecanique retenu pour le sol de fondation (Source G2 AVP ERG)

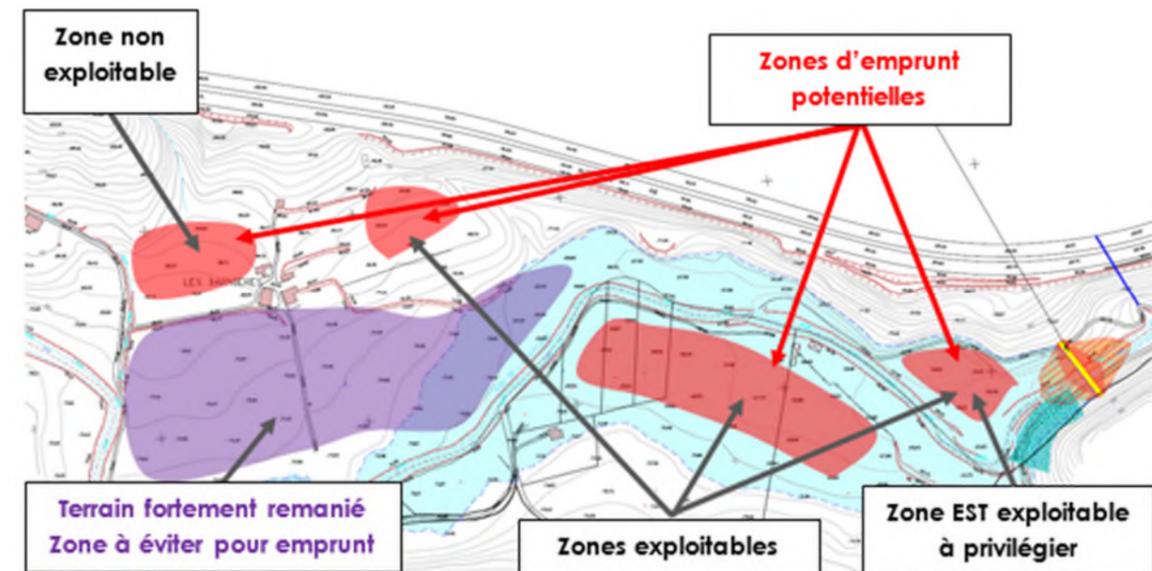


Figure 13 – Plan de principe des zones potentielles d'emprunt

4. Description des ouvrages à réaliser

4.1 Implantation de l'ouvrage :

3 axes d'implantation de l'ouvrage de ralentissement des crues ont été étudiés :

- **Solution n°1** : L'axe de l'ouvrage a été implanté dans la zone amont du verrou naturel constitué par la vallée.
- **Solution n°2** : L'axe de l'ouvrage a été implanté dans la zone du verrou naturel constitué par la vallée en amont de l'ouvrage de traversée de l'autoroute A8 (Vallon de l'Aubro). (Solution proposée dans l'étude de faisabilité de SCP).
- **Solution n°3** : L'axe de l'ouvrage a été implanté dans la zone du verrou naturel constitué par la vallée en aval de l'ouvrage de traversée de l'autoroute A8 (Vallon de l'Aubro).

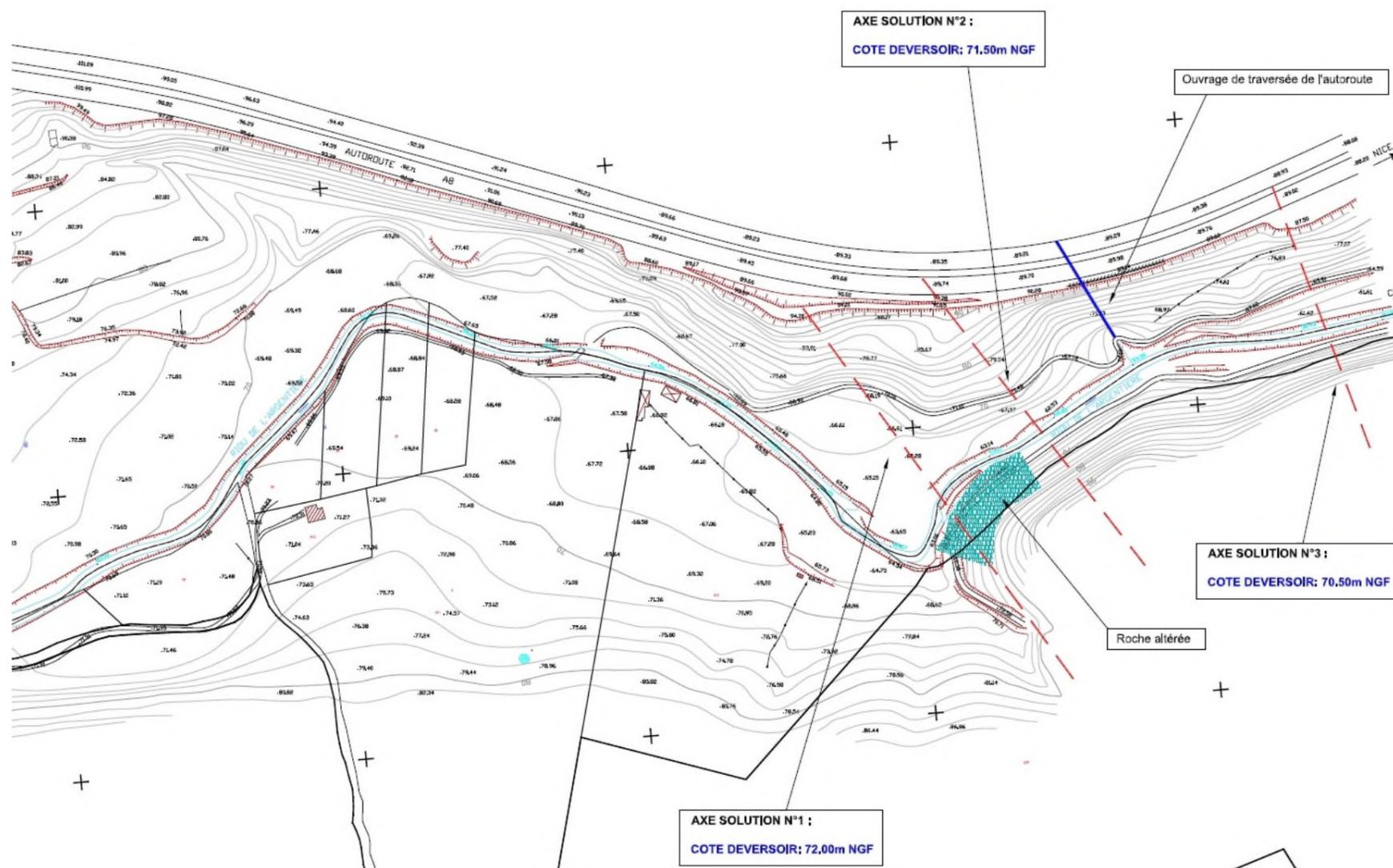


Figure 14 : Plan d'implantation des solutions étudiées en étude préliminaire

A l'issue d'une analyse multicritère, la solution n°2 d'implantation a été retenue principalement pour les raisons suivantes :

- La solution n°3 est la solution qui génère le plus d'impacts négatifs sur les réseaux, les accès, l'ouvrage de traversée de l'autoroute.
- La solution n°1 présente l'ouvrage le plus grand en termes de volume de matériaux de remblais, d'emprise des travaux (Foncier), de délai de réalisation et de coût.
- La solution n°2 est la plus économique au regard du critère volume de barrage / volume de retenue. Elle permet d'aboutir à l'ouvrage, le moins chère, le moins haut, le moins consommateur d'emprises, le moins important en termes de volume de matériaux.
- La solution n°2 présente les meilleures garanties de site en termes de stabilité et pérennité des aménagements par rapport aux 2 autres implantations :
 - La solution n°1 présente une réserve géotechnique, liée à l'ancrage de l'ouvrage en rive droite située dans une zone identifiée comme plus altérée au niveau de la roche par le géotechnicien en charge de la G2-AVP.
 - La solution n°3 présente également une réserve géotechnique en termes de stabilité et de pérennité des ouvrages, liée au risque d'imbibition des remblais de l'ouvrage de traversée de l'autoroute, qui seraient situés dans la Zone d'Expansion des Crues (ZEC).
 - Dans la solution n°2, l'ouvrage sera implanté en amont de l'ouvrage de traversée de l'autoroute et de ses remblais supposés en rive gauche et implanté en aval de la zone altérée en rive droite et évitera ainsi ces contraintes.
- La solution n°2 retenue minimise les impacts, les risques, les délais de réalisation et le coût de l'ouvrage.

4.2 Type d'ouvrage :

Pour l'ouvrage des Barnières, la contrainte géotechnique du site (substratum gneissique fracturé en fondation et en rives) mise en évidence dans les reconnaissances géotechniques (G2 AVP) rend inadaptée une solution de type voute. **L'ouvrage des Barnières sera donc un ouvrage de type poids en terre ou en béton.**

Parmi le panel d'ouvrages poids possibles, le choix se portera sur une solution robuste, adaptée aux spécificités des retenues sèches et de l'écrêtement (soumis à variation hydrique forte) :

- **Un ouvrage en remblai homogène ne sera pas retenu pour le site des Barnières**, car non adapté pour des retenues sèches, pour un ouvrage de hauteur supérieure à 10 m et car il nécessite une grande quantité de matériaux limoneux non disponible sur le site des Barnières.
- **Un ouvrage en remblais zonés à noyau argileux ne sera pas retenu pour le site des Barnières**, car non adapté pour des retenues sèches, et car il nécessite une mise en œuvre difficile pour les ouvrages de faible hauteur et une grande quantité de matériaux argileux non disponible sur le site des Barnières.
- **Un ouvrage en béton BCR ne sera pas retenu pour le site des Barnières**, car financièrement non compétitif et moins bien adapté vis-à-vis du risque sismique, de la géologie, de la géotechnique, et de la qualité de la fondation (substratum rocheux fracturé et/ou fragmenté).
- **Un ouvrage en remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane) ne sera pas retenu pour le site des Barnières**, car non adapté pour des retenues sèches, et car il présente un risque non acceptable pour l'ouvrage en phase de construction vis-à-vis des crues, des difficultés de mise en œuvre, et de nombreuses sujétions techniques de continuité d'étanchéité avec l'écran de fondation, sans économie financière substantielle sur le coût de l'ouvrage.
- **Le choix du type d'ouvrage pour le site des Barnières devra donc se faire entre un ouvrage de type remblais zonés/ enrochements et un ouvrage de type béton Conventionnel.** Ces deux types d'ouvrage sont bien adaptés pour le laminage des crues (en crue) et au fonctionnement en retenues sèches (hors crue). Une analyse multicritère comparative a été réalisée sur ces 2 types d'ouvrages (Détail cf. Mémoire technique).

Bilan de l'analyse comparative multicritère :

Autres Critères	Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Stabilité et pérennité des aménagements		
Fonctionnement et performance hydraulique des aménagements		
Difficulté de mise en œuvre et Risque de crue		
Contraintes d'accès, d'exploitation de surveillance et d'entretien		
Impacts sur le paysage	 *1	
Impacts sur l'environnement		
Réseaux/ concessionnaires existants, Foncier Réglementaires, urbanistiques administratives et juridiques		
Délais		
Coût		
Bilan		

*1 Evaluation révisée suite à COPIL du 12/06/19.

Au final, un ouvrage en remblais zonés/ enrochements sera retenu pour le site des Barnières, car le mieux adapté aux contraintes et aux enjeux du site et du projet, selon l'analyse multicritère comparative réalisée (Détail cf. Mémoire technique).

4.3 Constitution de l'ouvrage :

Au vue du risque de crue en phase travaux, la solution doit être la plus rapide, la plus simple et la plus robuste à mettre à œuvre, afin de minimiser le délai de réalisation. Le choix d'un ouvrage en remblais zonés répond bien à ce besoin en minimisant le nombre de zones et d'interfaces dans l'ouvrage. Ainsi, par rapport à un ouvrage classique en remblais zonés avec noyau étanche, la recharge amont, le filtre amont et le noyau étanche sont remplacés par un unique remblai « étanche ».

L'ouvrage en remblais zonés sera ainsi composé des zones suivantes :

- **Un remblai amont et central**, constitué en matériaux d'apport homogènes compactés argileux ou limoneux très peu perméables, assurant l'étanchéité de l'ouvrage.
- **Une recharge aval** constituée de matériaux sableux issus du site, contribuant à la stabilité de l'ouvrage.
- **Un filtre drain aval** mis en œuvre sous forme de « tapis » drainant, d'épaisseur 1 m, constitué de sable filtrant d'apport, enveloppé intégralement dans une chaussette de géotextile, assurant la filtration et le drainage de l'ouvrage aux interfaces remblais argileux/ recharge aval et fondation/ recharge aval.
- **Une protection minérale du parement amont aux vagues et à l'érosion**, constituée :
 - Sur les 2/3 inférieures de l'ouvrage, de 2 couches d'enrochements libres de type rip rap de diamètre moyen 30 cm, sur géotextile mises en œuvre sur un talus réglé à 2H/1V.
 - Sur le tiers supérieur de l'ouvrage, de 2 couches d'enrochements bétonnés de diamètre moyen 1,20 m, sur géotextile mises en œuvre sur un talus réglé à 3H/2V.
- **Une protection en enrochements bétonnés du parement aval à la surverse, l'affouillement et l'érosion**, constituée de 2 couches d'enrochements bétonnés de diamètre moyen 1,20 m, sur géotextile mises en œuvre sur un talus réglé à 2,5H/1V.
- **Une protection en enrochements bétonnés de la crête à la surverse, l'affouillement et l'érosion**, constituée de 2 couches d'enrochements bétonnés de diamètre moyen 1,20 m, sur géotextile mises en œuvre sur la crête de largeur 6 m avec une pente de 2% vers l'aval et vers l'amont de part et d'autre d'une longrine en béton de 50 cm d'épaisseur, mise en œuvre à l'axe de l'ouvrage à travers les enrochements bétonnés, de la crête jusqu'à 50 cm dans le remblai argileux, afin d'assurer une clé d'étanchéité et une arase uniforme de la crête déversante.

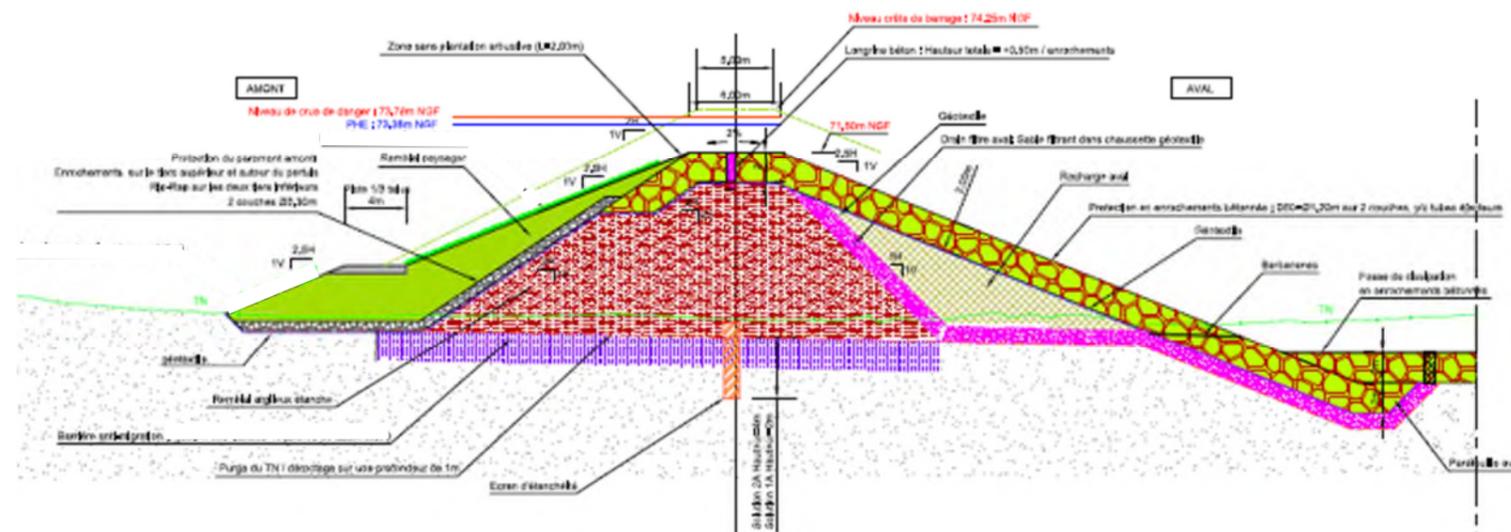
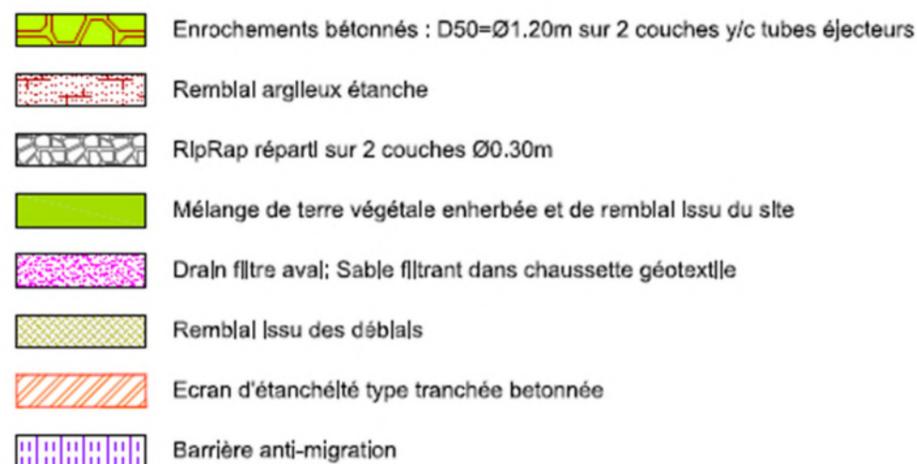


Figure 15 : Coupe Type transversale Ouvrage des Barnières (hors pertuis)



- **Un remblai "paysager amont fusible"** rajouté sur le parement amont minéral avec une pente de 2,5H/1V. Ce remblai fusible n'aura pas de rôle structurel, mais un rôle d'intégration paysagère. Il sera constitué de matériaux issus du site (terre végétale d'épaisseur 20 cm et déblais) enherbés. Dans l'attente de la reprise végétative, un géotextile type coco assurera la protection des talus contre l'érosion de surface.

En cas de forte crue, ce remblai sera susceptible d'être décapé, et de laisser apparaître la protection minérale du parement amont (Rip Rap en partie basse et enrochements bétonnés en partie haute).

4.4 Organes de sécurité de l'ouvrage

Rappel des différents types de crue de dimensionnement de l'ouvrage :

- **La crue de protection** (ou d'optimisation de l'ouvrage), pour laquelle on recherche une mobilisation optimale du volume de rétention. **La cote de protection** est définie comme la cote du déversoir de surface de l'ouvrage. Elle correspond à la **cote de la Retenue Normale (RN)**.
- **La crue de sûreté** (ou crue exceptionnelle) de l'ouvrage, est la crue que l'ouvrage doit pouvoir supporter sans dommage, crue permettant à la retenue d'atteindre **la cote des Plus Hautes Eaux (PHE)**.
- **La crue de danger** (ou crue extrême), est la crue permettant à la retenue d'atteindre **la cote de danger**.

Les caractéristiques principales de l'ouvrage des **Barnières retenues** sont rappelées ci-après :

	Données	Valeurs
Ouvrage	Hauteur (m)	14.30
	Longueur (m)	65
	Largeur en crête (m)	6
	Pente des talus amont/ aval	2,5H/1V
	Volume de la retenue pour la RN (Mm3)	0.39
	Surface de la Zone d'expansion de Crue pour la RN (m ²)	125 800
	Classe de Barrage	C
Crue de Protection (Q50)	Débit de la crue (m3/s)	92
	Période de retour de la crue (ans)	50
	Cote de la crête du déversoir (m NGF)	71.5
	Cote de la RN (m NGF)	71.5
	Débit déversant sur le déversoir (m3/s)	0
	Hauteur d'eau de lame déversante sur seuil (m)	0
	Largeur du déversoir (m)	55
Crue de Projet (Q1000)	Dimension de l'orifice de fuite (m)	2 x 2
	Débit de la crue (m3/s)	231
	Période de retour de la crue (ans)	1000
	Cote des PHE* (m NGF)	73.38
Crue de danger (Q10 000)	Hauteur d'eau de lame déversante sur seuil* (m)	1.88
	Débit de la crue (m3/s)	315
	Période de retour de la crue (ans)	10 000
	Cote de crue de danger* (m NGF)	73.78
Vent 1000 ans RN+R1	Hauteur d'eau de lame déversante sur seuil* (m)	2.28
	Hd vague (m)	0.75
Vent 50 ans PHE+R2	Cote (m NGF)	72.52
	Hd vague (m)	0.62
Cote de crête de l'ouvrage retenue (hors déversoir) (m NGF)		74.25
Revanche finale par rapport à PHE retenue (m)		0.87

hypothèse sécuritaire : Pertuis bouché totalement

Tableau 5 : Synthèse des caractéristiques principales de l'ouvrage des Barnières

Le dimensionnement et les vérifications de stabilité de l'ouvrage ont été menés au stade AVP et sont concluantes. Le dimensionnement, la stabilité de l'ouvrage, devront être revérifiés en phase PRO conformément aux recommandations du CFBR.

L'ouvrage des Barnières sera muni d'un évacuateur de crue, d'un pertuis de fond et d'un traitement d'étanchéité de la fondation.

4.4.1 Evacuateur de crues

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, conformément aux recommandations du CFGB, relatives aux petits barrages, **l'évacuateur de crues consistera en un coursier avec déversoir libre à l'amont et dissipateur d'énergie à l'aval en fond de vallée**, afin notamment d'être le plus robuste et le plus simple possible, du fait de l'utilisation de l'ouvrage en retenue sèche (fréquence faible).

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, une solution de type évacuateur en enrochements bétonnés est la mieux adaptée en termes de contraintes de réalisation et de site. Elle permettra de rendre déversante la zone centrale du remblai revêtue, et ne nécessitera pas de mise en place de joints.

Une solution de type évacuateur en béton est mal adaptée en termes de contraintes de réalisation, car la nécessité de réaliser des joints tous les 15 m rend cette solution plus complexe, plus longue et par conséquent non adaptée au contexte de risque de crue en phase travaux du Riou de l'Argentière.

Les fondations étant rocheuse, le surcout d'une solution en enrochements liés au mastic bitumineux ne se justifie pas techniquement pour l'ouvrage des Barnières.

Une solution de type évacuateur en gabions n'est pas adaptée aux vues des contraintes hydrauliques de l'ouvrage des Barnières.

Déversoir :

Pour obtenir la meilleure performance de l'ouvrage en terme d'écrêtement de crue pour la crue de protection (Q50, 92 m³/s), les études hydrauliques d'avant-projet (cf. Rapport AVP de modélisation hydraulique) ont démontré que :

- **La cote de la crête du déversoir optimum correspondant à la cote de la Retenue Normale (ou cote de la crue de protection Q50 (92 m³/s)) est de : 71,5 m NGF.**
- **La largeur du déversoir optimum est de 55 m.**

Au vue des 65 m de largeur d'ouvrage disponible, les 55 mètres de largeur de déversoir ne laissent que très peu de marge de manœuvre pour l'insertion paysagère, à cause notamment des fortes contraintes techniques hydrauliques existantes d'érosion et d'affouillement sur le déversoir.

Le déversoir à entonnement frontal sera donc un déversoir de grande largeur à profil libre afin :

- De minimiser les risques de formation d'embâcles sur le déversoir et de favoriser une bonne évacuation des corps flottants par-dessus le déversoir. Dans ces conditions, un dispositif complémentaire de protection piégeant les corps flottants n'est pas nécessaire conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages).
- De bénéficier de l'absence de parties mobiles de type vannage ou clapet et des risques de sécurité associés en cas de dysfonctionnement des organes hydrauliques, ainsi que d'une maintenance et d'un entretien lourd associés.

Coursier : Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), le tracé du chenal sera aussi rectiligne que possible, et les changements de section ou de pente aussi réguliers que possible. **Un déversoir à entonnement frontal parfaitement rectiligne sur le remblai, suivi d'un coursier convergent à faible pente rectiligne a été retenu.**

Fosse de dissipation : Pour l'ouvrage des Barnières, la fosse de dissipation sera constituée après purge jusqu'au fond de fouille, de 2 couches d'enrochements bétonnés de diamètre moyen 1,20 m.

Les caractéristiques principales de l'évacuateur de crue sont rappelées ci-après :

	Données	Valeurs
Evacuateur de crue	En crête du barrage	Déversoir
	Sur le talus aval du barrage	Coursier
	En aval du coursier	Fosse de dissipation
	Nature des parements	2 couches d'enrochements bétonnés ; Dn50 = 1,20m
Déversoir	Type de seuil	Déversant libre
	Tracé	Axe du barrage
	Cote de la crête déversante	71,5 m NGF
	Largeur du déversoir	55 m
	Hauteur des Bajoyers en crête	2,75 m
	Fruit maximum des Bajoyers	1H/1V
Coursier	Tracé	Axe du barrage
	Largeur amont en crête	55 m
	Largeur aval en pied	45 m
	Pente des talus	2,5H/1V
	Hauteur des Bajoyers en crête et 3 m en aval	2,75 m
	Hauteur des Bajoyers en section courante	1,5 m
	Fruit maximum des Bajoyers	1H/1V
Fosse de Dissipation	Largeur (m)	45 m
	L1 = Longueur zone dissipative	15 m
	P = Profondeur / TN du f.e Riou de l'Argentière	0 m
	h4 = Hauteur des Bajoyers	4,75 m
	Fruit maximum des Bajoyers	1H/1V
	L2 = Longueur de pelle	0 m
	L3 = Longueur zone de transition/ raccordement	13 m
	Raccordement sur L3	Le plus doux possible et adapté à la forme de la vallée
	Chenal de fond d'étiage	~4 m de largeur Raccordement au Riou de l'Argentière sans contrepente
Dispositifs de sécurité	Dispositif contre les sous-pressions	Tubes éjecteurs, drains, barbacanes au travers des enrochements bétonnés
	Dispositifs anti-contournement	Un parafouille aval au droit du pied du coursier

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques principales de l'évacuateur de crue de l'ouvrage des Barnières

4.4.1 Pertuis de fond :

Le pertuis fonctionne à surface libre dans la majorité des cas (hors crues). Il intervient toutefois dans la capacité d'écrêtement du barrage (en crue).

Plusieurs itérations de modélisation ont été réalisées pour optimiser la taille du pertuis de fuite en vue d'obtenir la meilleure performance de l'ouvrage en termes d'écrêtement de crue.

En termes de performance d'écrêtement, les sections de pertuis de 4 m² de type (H x L) 4 m x 1 m, 2 m x 2 m et de Diamètre 2,26 m sont optimum pour l'ouvrage des Barnières. Pour des raisons d'entretien, d'exploitation ultérieure, de continuité écologique (minimisation de la réduction de section hydraulique), et de réalisation, **un pertuis de fond de section de contrôle amont carré de 2 m x 2m sera retenu pour l'ouvrage des Barnières.**

Les caractéristiques principales du pertuis de fond sont rappelées ci-après :

	Données	Valeurs
Pertuis de fond	Ecoulement à surface libre jusqu'à	Q2 = 12 m ³ /s Niveau de la retenue = 63,85 m NGF
	Cunette d'étiage en béton sur radier	Dévers de 2% vers l'axe du radier
	Dispositif de continuité piscicole	Macrorugosités sur radier béton
	Pente	2%
Ouvrage hydraulique traversant	Type	Cadre en béton armé
	Section hydraulique de contrôle amont :	H x L = 2 m x 2 m
	Section hydraulique courante :	H x L = 2,5 m x 2 m
	Longueur :	51,5 m
	Niveau fil d'eau amont / aval :	60.40 m NGF / 59.38 m NGF
	Dispositifs anti-renard :	Brides anti renard en béton (à dimensionner en PRO) et écran d'étanchéité en fondation
	Dispositifs anti-tassement :	Fondation sur substratum rocheux, et Joints Waterstop
Ouvrages de tête amont/ aval	Type :	Ouvrage de tête en béton
	Pentes des arases supérieures des bajoyers :	Pentes des parements amont et aval du barrage
	Parafouilles	Bèche en béton armé : 1m x 30 cm
Ouvrage de tête amont	Largeur Section Amont / Aval	4 m / 2 m
	Longueur :	8.40 m
	Niveau fil d'eau amont / aval :	60.56 m NGF / 60,40 m NGF
	Dégrilleur anti-flottant	Grille sur pertuis amont suivant la pente des bajoyers
	Limitation du risque d'embâcles	Plan de gestion de la ripisylve en amont du barrage
	Option limitation du risque d'embâcles	Piège à embâcles artificiel de type rideau de micropieux
Ouvrage de tête aval	Largeur Section Amont / Aval	2 m / 4 m
	Longueur :	8.60 m
	Niveau fil d'eau Amont / aval :	59.38 m NGF / 59.20 m NGF

Tableau 7 : Synthèse des caractéristiques principales du pertuis de fond de l'ouvrage des Barnières

D'un point de vue longueurs des ouvrages de tête et ouvrage traversant, suite à une analyse multicritère, le meilleur compromis au regard des différents critères (Sécurité, Hydraulique, Exploitation, Entretien, Surveillance, Environnement, Intégration paysagère et Coût) est la réalisation **d'un ouvrage hydraulique traversant d'environ 51,5 m sur les 68 m de longueur de barrage à traverser**. Cette solution permet de :

- Limiter la hauteur des ouvrages de tête à moins de 4 m ;
- De faire émerger les ouvrages de tête à peu près à tiers-hauteur des talus du barrage (crête ouvrage de tête à 64 m NGF coté amont et coté aval 62,58 m NGF < 64,66 m NGF) ;
- De limiter les hauteurs de chute à environ 4 m au droit des ouvrages de tête. L'ouvrage devra être interdit d'accès au public (panneaux d'interdiction d'accès, de risque de chute à mettre en place au droit des pistes d'accès). Un garde-corps en crête de l'ouvrage de tête amont facilement accessible par une piste sera mis en place en complément. Ce garde-corps sera susceptible d'être dégradé pour des crues de période de retour supérieure à 2 ans (↔ crue de mise en charge du pertuis). Il offrira toutefois en situation la plus fréquente (hors crue), une sécurité vis-à-vis du risque de chute pour l'exploitant. Coté aval, l'exutoire du pertuis étant situé dans le coursier de l'évacuateur de crue, il n'est pas envisageable de mettre en place de garde-corps dans cette zone (moins accessible que celle du parement amont).
- De satisfaire au maximum le critère d'intégration paysagère en calant la piste à environ 64 m NGF, ce qui permet d'harmoniser la nouvelle piste sur le talus avec la piste existante en rive droite et de minimiser le plus

possible l'impact visuel des ouvrages de têtes tout en assurant une exploitation de la piste à tiers talus jusqu'à une crue biennale (Niveau retenue ~63,85 m NGF) et en étant compatible avec une longueur de traversée inférieure à 70 m environnementalement acceptable vis-à-vis de la continuité piscicole (données validées avec MRE).

L'ouvrage de tête amont sera muni d'un dégrilleur composé d'une grille à barreaudage verticale à large maille destinée à gérer les flottants à l'entrée du pertuis jusqu'à des crues fréquentes de période de retour 2 ans, ou à la décrue. Au-delà, pour les crues peu fréquentes, le pertuis sera noyé et donc plus susceptible d'être bouché par des flottants. La grille sera mise en place en suivant la pente des bajoyers et donc des parements du barrage, afin de faciliter son entretien et nettoyage. L'entretien du dégrilleur sera possible :

- Hors crue à partir du pied du barrage via la piste de pied amont.
- En décrue, ou après crue à partir de la piste à tiers-talus amont via une pelle à bras à long.

Actuellement, la présence de nombreux arbres dans la retenue d'eau temporaire et en amont en bordure du Riou de l'Argentière et de ses affluents présente un risque d'embâcles important. **En solution de base, il a été retenu de ne pas réaliser de piège à embâcles spécifiques en amont du pertuis :**

- En parallèle de la construction de l'ouvrage des Barnières, un plan de gestion de la ripisylve visant à réaliser des coupes/ abattages sélectifs pour éliminer régulièrement et après chaque crue significative, les arbres morts et/ ou déstabilisés devra être mis en œuvre par le MOA. Il permettra de diminuer les risques d'embâcles pour les petites crues.
- Pour les plus grosses crues, la conception de l'ouvrage (pertuis noyé et déversoir libre de grande largeur) minimise le risque d'embâcles sur l'ouvrage.

En option, un piège à embâcles artificiel en amont immédiat du pertuis a été envisagé (type double rideau de micropieux en quinconce de 1 m d'espacement et de 2,50 m de hauteur hors sol, sur la largeur de la section amont de l'ouvrage de tête amont du pertuis). Mais, il n'a toutefois pas été retenu, car peu pertinent au regard du fonctionnement du cours d'eau et de l'ouvrage et car générant des impacts paysagers et environnementaux défavorables.

Impact de l'ouvrage sur le transport solide :

Avant la création de l'ouvrage des Barnières, le Riou de l'Argentière fait l'objet d'un transport solide par suspension important.

Après réalisation de l'ouvrage des Barnières : Les durées de crue étant très rapides (4h40 pour la Q10 (54 m³/s au droit du barrage) à 8h30 pour la Q100 (121 m³/s au droit du barrage) et la retenue sèche en période hors crue, la création du barrage aura un très faible impact sur le phénomène de sédimentation par suspension. **Ainsi, le transport par suspension sera très faiblement impacté par la création du barrage**, car :

- Pour les crues fréquentes, participant régulièrement au transport par suspension, le pertuis de fond assurera le transit des matériaux en suspension.
- Pour les crues peu fréquentes, les faibles durées de crue ne seront pas suffisantes pour impacter le transport en suspension de manière significative.

L'ouvrage peut avoir un impact limité, difficilement quantifiable, sur les dépôts de matériaux en suspension en amont de la retenue en cours de formation (localisation variable pendant le remplissage de la ZEC) du fait de la diminution temporaire des vitesses d'écoulement qui font chuter la compétence du Riou de l'Argentière donc augmentent les phénomènes de dépôts. Ces matériaux sont remis en mouvement dès la fin de la même crue lorsqu'augmente à nouveau la vitesse en lit mineur, ou pendant les crues fréquentes suivantes.

Avant réalisation de l'ouvrage des Barnières, la zone des Barnières est une zone de dépôt naturelle pour le transport solide par charriage pour les crues peu fréquentes supérieures à la décennale. Pour les crues fréquentes inférieures à la décennale, une reprise des matériaux est constatée par le Riou de l'Argentière.

Après réalisation de l'ouvrage des Barnières, le transport par charriage sera peu impacté :

- Pour les crues fréquentes, la dynamique du Riou de l'Argentière est à la remobilisation des matériaux par charriage. Le pertuis de fond assurera le transit des matériaux par charriage à travers l'ouvrage.
- Pour les crues peu fréquentes, le transport par charriage suivra la dynamique du Riou de l'Argentière de dépôt en amont du barrage. Au vue des faibles durées de crue, les volumes de dépôts seront légèrement supérieurs à la situation avant barrage, mais resteront du même ordre de grandeur. Ces matériaux, seront ensuite remobilisés par le Riou de l'Argentière lors des crues fréquentes. **Toutefois, un plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux en aval de l'ouvrage des Barnières d'environ 200 m³ après une crue Q10 et 500 m³ après une crue Q100 pourra être mis en œuvre**, afin d'anticiper la remobilisation naturelle du Riou de l'Argentière et de ne pas laisser un volume de dépôt trop important en amont de l'ouvrage.

La zone de réinjection qui est privilégiée est située en rive gauche du Riou de l'Argentière en aval du pont situé à moins de 400m du barrage. Une rampe sera constituée depuis la piste de circulation pour permettre les dépôts de matériaux sur la terrasse alluviale existante en pied de versant, sans entraver la section d'écoulement du chenal d'étiage.

Nota : Dans le cas d'un barrage à retenue permanente, l'impact sur le transport par charriage et par suspension serait très significatif, puisqu'il bloquerait le transit des sédiments de manière permanente. L'ouvrage des Barnières n'est pas un barrage à retenue permanente.

4.4.2 Traitement des fondations et des rives

Le terrain naturel sera purgé en fondation et aux niveaux des rives :

- Purge des terrains superficiels (remblais, sables, hors gneiss) pour fonder l'ouvrage sur le substratum rocheux.
- Purge sur 1 m d'épaisseur du substratum rocheux gneissique, afin d'enlever la couche la plus altérée.
- L'ouvrage sera fondé dans la couche de Gneiss très fragmentée, conformément aux prescriptions de la G2-AVP.

Une barrière anti-migration sur le substratum rocheux sera mise en place sur toute la surface en contact avec le remblai argileux amont et central, pour assurer la filtration aux interfaces remblais argileux/ fondation. Elle consistera à réaliser un nettoyage, calfatage des fissures, régularisation du fond de fouille au béton sur toute la surface en contact avec le remblai argileux amont et central. Elle a été préférée à un géotextile, au vue des efforts de compactage prévisibles du remblai argileux plus important dans cette zone, afin de fermer les fractures/ fissures sur la frange du substratum au contact de l'ouvrage et ainsi d'éviter un risque d'érosion interne par migration des fines dans les fractures du rocher.

Conformément aux prescriptions de la G2-AVP, **un écran d'étanchéité dans la fondation et en rives sera mis en place pour assurer une protection contre l'érosion interne et le phénomène de renard.**

Dans l'attente des calculs aux éléments finis de la G2-PRO, la profondeur de l'écran d'étanchéité dans la fondation et en rives a été estimée à 4 m dans la G2-AVP, en prenant en compte des hypothèses jugées conservatives par le BET GEOLITHE en charge d'une mission de contrôle géotechnique de la G2-AVP. Ainsi, il a été retenu de présenter une variante d'écran d'étanchéité à 2 m en complément de la solution initiale à 4 m de profondeur en fondation.

Cet écran d'étanchéité devra remonter en rives jusqu'au niveau de la crête de l'ouvrage (74,25 m NGF), afin d'éviter des risques de contournement.

Au vue de l'incertitude sur la perméabilité réelle du substratum rocheux (roche fracturée et /ou très fragmentée), il sera privilégié un écran d'étanchéité par substitution, à un écran par injection, afin de pouvoir garantir l'efficacité de ce dernier.

Après études de plusieurs solutions (paroi moulée, tranchée bétonnée, clé d'étanchéité en matériaux argileux), les solutions les plus adaptées à l'ouvrage sont :

- Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m
- Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m
- Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m
- Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m

En termes d'avantages et inconvénients, les solutions « tranchée bétonnée » et « clé d'étanchéité en matériaux argileux » sont très proches l'une de l'autre.

Le cout et le choix de la solution finale entre les solutions « tranchée bétonnée » et « clé d'étanchéité en matériaux argileux » dépendra de la profondeur définitive de l'écran d'étanchéité, qui ne pourra être déterminée qu'à l'issue des calculs de la G2 PRO.

Au stade AVP, au vue des vérifications menées dans le cadre de la G2-AVP, la Solution 2A (Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m) est retenue comme solution de base pour l'AVP. Les autres variantes (solutions 1A, 1B, et 2B) seront toutefois étudiées en phase PRO.

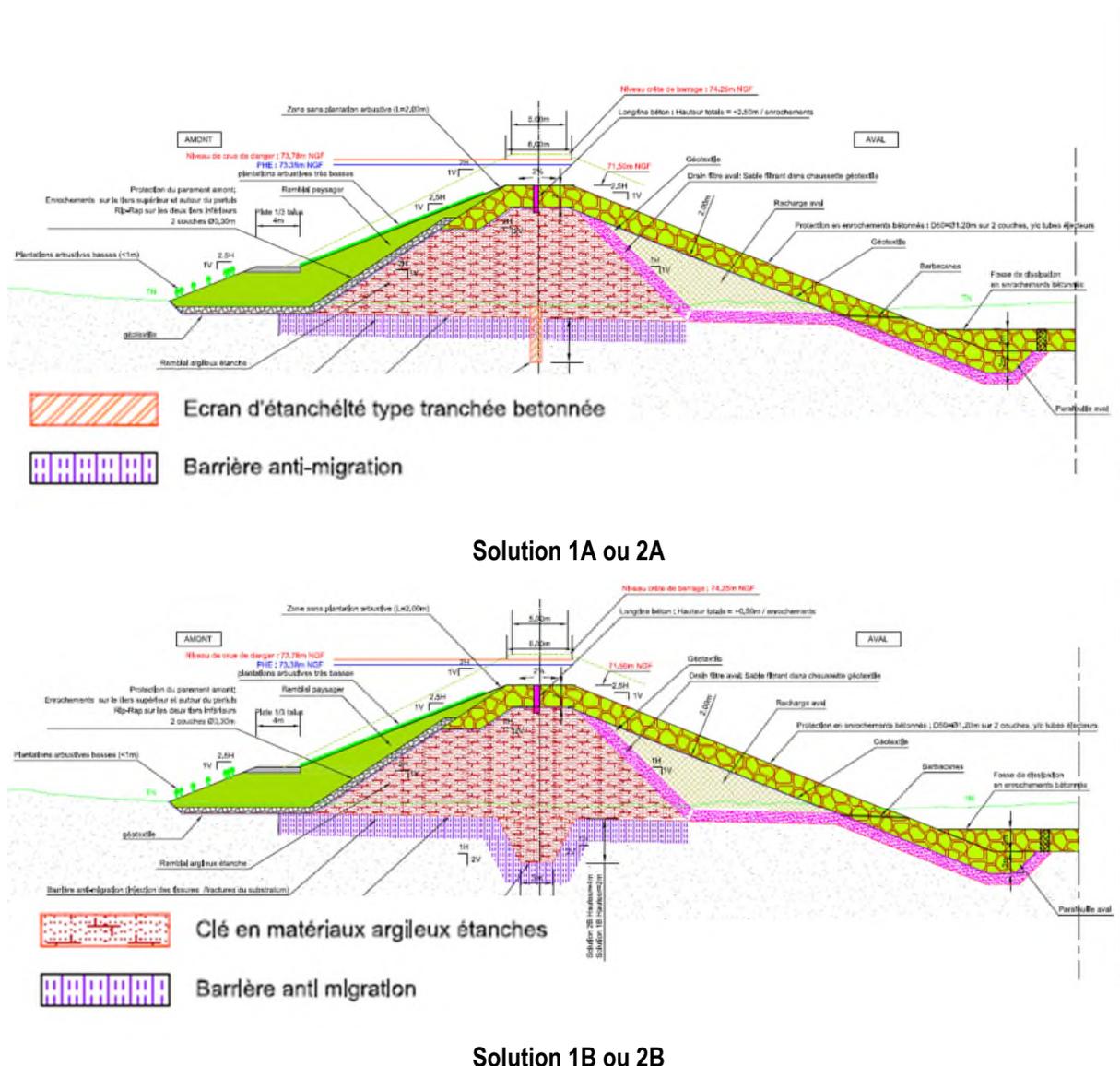


Figure 17 : Coupes Types transversales Ouvrage des Barnières

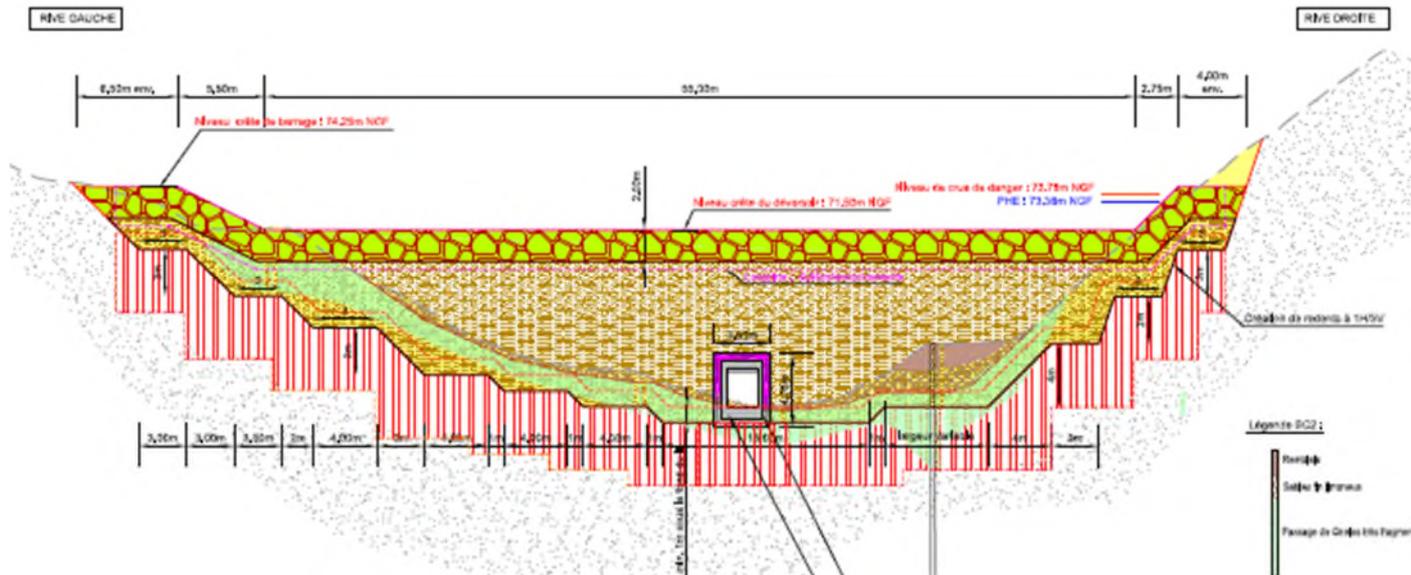


Figure 18 : Coupe Type longitudinale Ouvrage des Barnières

4.4.3 Choix du dispositif d'auscultation de l'ouvrage

Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), le dispositif d'auscultation doit être constitué d'instruments simples, robustes et de lectures faciles pour les petits barrages.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche) :

- **La mesure du plan d'eau sera retenue dans le dispositif d'auscultation, car elle permettra d'enrichir les données hydrologiques de l'ouvrage en cas de crue.** Au vue de la courte durée des mises en eau (crue), un capteur de niveau d'eau automatique de type limnimètre enregistreur, sera mis en œuvre. Il sera doublé d'une échelle limnimétrique mise en place à l'amont du barrage et lisible depuis la crête du barrage rive gauche, qui permettra de mesurer le plan d'eau en cas de défaillance de la mesure automatique.
- **La mesure des débits ne sera pas retenue dans le dispositif d'auscultation,** car non adapté au fonctionnement des retenues sèches et aux évacuateurs de crue pleine largeur.
- **La mesure de la piézométrie sera retenue dans le dispositif d'auscultation.** Au vue de la courte durée des mises en eau (crue), des cellules de pression interstitielles automatiques permettant un enregistrement des données, seront mises en œuvre sur quelques profils amont/aval du barrage et des piézomètres à tube ouvert munis d'un capteur de niveau automatique permettant un enregistrement des données, seront mis en œuvre à proximité immédiate de l'ouvrage en rives.
- **La mesure des déplacements de type tassement (mesures de déplacements altimétriques) sera retenue dans le dispositif d'auscultation.** 2 piliers d'auscultation seront mis en place le long de la piste rive gauche au-dessus du niveau de la crue de sureté. Des bornes topographiques d'auscultation seront mises en place en crête de l'ouvrage.

4.5 Mesures d'intégration paysagère

Les mesures d'optimisation paysagère ci-après ont été retenues :

Mesures d'Evitement et de Réduction :	
Mesure paysagère d'Evitement n°1 (PE1) :	Choix du site d'implantation de l'ouvrage
Mesure paysagère d'Evitement n°2 (PE2) :	Redéfinition des caractéristiques du projet : <ul style="list-style-type: none"> - Maintien du paysage agricole au niveau de la future zone d'expansion de crue (hors zone de base vie et zone d'emprunt) - Modification de l'emplacement de la base de vie sur une ancienne parcelle cultivée présentant des espèces invasives et préservation des chênes en périphérie. - Modification de l'emplacement de la zone d'emprunt sur une parcelle agricole plane, à proximité amont du chantier, en rive droite du Riou de l'Argentière. Franchissement du Riou de l'Argentière via un passage à gué busé provisoire au droit de cette zone. - Préservation des boisements/ haies en périphérie de la zone d'emprunts (Terrassements sur la zone d'emprunt en recul de 5m des par rapport aux haies existantes, afin de préserver leur système racinaire et leur pérennité). - Suppression de la piste d'accès direct à l'ouvrage depuis l'A8. - Pas d'élargissement de la piste DFCl existante d'accès au chantier depuis la DN7 (au lieu-dit Le Pas des Mules). - Suppression de l'ouvrage anti embâcles.
Mesure paysagère de Réduction (PR1) :	Limitation / adaptation des pistes du projet : <ol style="list-style-type: none"> 1. Simplification et fusion des pistes d'accès à l'amont du futur ouvrage et terrassements minimisés. 2. Réduction au maximum de la largeur des pistes circulables définitives.
Mesure paysagère de Réduction (PR2) :	Limitation / adaptation des enrochements du projet : Diminution au strict nécessaire des enrochements en rive droite et en radier en extrémité aval de la fosse de dissipation
Mesure paysagère de Réduction (PR3) :	Autres : Réduction de l'impact paysager du pertuis de l'ouvrage : Allongement du cadre de rétablissement du Riou de l'Argentière
Mesure paysagère de Réduction (PR4) :	Autres : Réduction de l'impact paysager du Local d'instrumentation Optimisation du Local d'instrumentation en rive gauche, en bordure de la piste
Mesures d'accompagnement :	
Mesure paysagère d'Accompagnement n°1 (PA1) :	Mesures d'insertion paysagères sur zones arborées : <ol style="list-style-type: none"> 1. Mise en défens de la ripisylve, des beaux aulnes et des chênes autour de la base de vie à préserver au moyen de ganivelles et "rubalise". 2. Elagage et rehausse éventuelle des houppiers d'arbres conservés, repérés par l'écologue et par la paysagiste, et réalisation des travaux par une entreprise forestière qualifiée
Mesure paysagère d'Accompagnement n°2 (PA2) :	Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en terre : <ol style="list-style-type: none"> 1. Récolte de graines d'essences de maquis au nord du cours d'eau, avant débroussaillage des emprises du chantier et mélange aux terres de décapage pour un réensemencement naturel des secteurs à renappés en terre 2. Gestion des terres végétales 'décapage, tri, criblage et optimisation de l'utilisation des terres végétales du site. 3. Nappage en terre, enrichie en graines locales, pour revégétalisation du parement amont. 4. Remise en état de la base de vie de chantier (reprofilage de la parcelle selon état initial et renappage en terre et enherbement). 5. Remise en état de la zone d'emprunt (reprofilage de la parcelle selon état initial et renappage en terre et enherbement).
Mesure paysagère d'Accompagnement n°3 (PA3) :	Mesures d'insertion paysagères des pistes : <ol style="list-style-type: none"> 1. Insertion paysagère des pistes d'accès existantes (enherbement des accotements) 2. Insertion paysagère des pistes d'accès projet (Optimisation paysagère des pistes à faible pente (zone amont) par enherbement) 3. Suppression du réseau aérien télécom existant à l'occasion de la création des pistes.
Mesure paysagère d'Accompagnement n°4 (PA4) :	Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en enrochements : <ol style="list-style-type: none"> 1. Choix de blocs de roche locale (texture et couleur) de 1m minimum (surface vue) pour le parement et la fosse de dissipation aval (carrière Les Grands Caous ou La Môle) 2. Contraintes paysagères de pose et finitions des enrochements (Positionnement des

	enrochements avec soin, bloc par bloc, à la pelle mécanique, de façon à constituer une surface plane et un appareil avec des joints non noyés dans le béton. Réalisation d'une planche d'essai pour validation)
Mesure paysagère d'Accompagnement n°5 (PA5) :	Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en béton : Béton teinté de couleur proche des enrochements, ou "béton de site" (avec granulats locaux), notamment pour ouvrage de tête du pertuis.
Mesure paysagère d'Accompagnement n°6 (PA6) :	Mesures d'insertion paysagère en phase d'exploitation : 1. Débroussaillage obligatoire, pratiqué sous forme alvéolaire le long des pistes et de l'ouvrage, en transition avec le milieu naturel des versants, et en évitant un effet rectiligne et artificiel 2. Abattage sélectif, au cas par cas, dans la zone d'expansion de crue.
Mesures compensatoires paysagères :	
Mesure compensatoire n°1 (C1) :	Réhabilitation et gestion conservatoire du Domaine des Barnières (en coordination avec les mesures environnementales)

4.6 Mesures environnementales

Les mesures environnementales ci-après ont été retenues :

Mesures d'Évitement	
Mesure d'Évitement 1 (E1) :	Redéfinition des caractéristiques du projet
Mesure d'Évitement 2 (E2)	Dispositif de franchissement piscicole
Mesures de Réduction	
Mesure de réduction 1 (R1) :	Balisage préventif / mise en défens
Mesure de réduction 2 (R2) :	Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales de chantier
Mesure de réduction 3 (R3) :	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes
Mesure de réduction 4 (R4) :	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou leur installation – défavorabilisation par débroussaillage respectueux
Mesure de réduction 5 (R5) :	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – barrières anti-intrusion
Mesure de réduction 6 (R6) :	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – abattage spécifique d'arbres à cavités
Mesure de réduction 7 (R7) :	Récupération et transfert d'une partie du milieu naturel – Tri des terres végétales
Mesure de réduction 8 (R8) :	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Tortue d'Hermann
Mesure de réduction 9 (R9) :	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Faune piscicole
Mesure de réduction 10 (R10) :	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Diane et sa plante hôte
Mesure de réduction 11 (R11) :	Dispositif de repli du chantier
Mesure de réduction 12 (R12) :	Gestion hydro écologique dans la ZEC
Mesure de réduction 13 (R13) :	Adaptation de la période de travaux sur l'année
Mesure de réduction 14 (R14) :	Prise en compte des enjeux écologiques dans l'aménagement des pistes d'accès chantier
Mesures d'accompagnement	
Mesure d'accompagnement 1 (A1) :	Assistance environnementale de chantier
Mesure d'accompagnement 2 (A2) :	Mise en place d'un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux
Mesures compensatoires :	
(en coordination avec les mesures paysagères)	
Mesure compensatoire n°1 (C1) :	Réhabilitation et gestion conservatoire du Domaine des Barrières

4.7 Rétablissement et/ ou création de voiries, pistes et accès

- **Piste d'accès au site** : 2 accès au site sont envisageables :

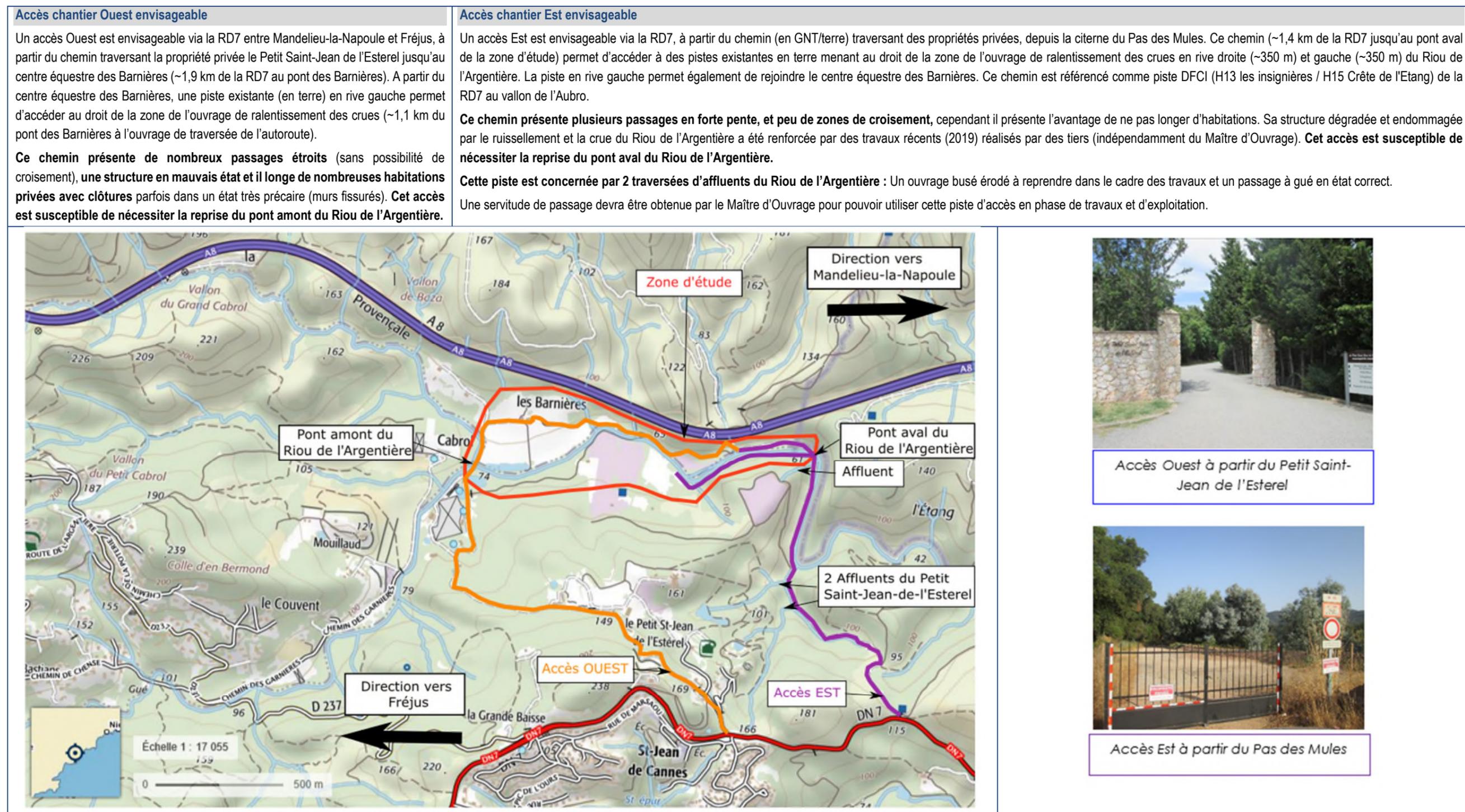


Figure 19 – Localisation des accès au site sur carte IGN (Source géoportail)

Malgré les 2 accès au site Est et Ouest existant, la contrainte d'accès au site est importante. **Au regard d'une analyse multicritère, l'accès au site via la piste existante Est a été retenu, principalement à cause des contraintes "riverains", et d'accessibilité après travaux de l'ouvrage.** Après travaux, cet accès sera utilisé comme accès d'entretien, d'exploitation et de surveillance de l'ouvrage.

■ Pistes d'accès de l'ouvrage.

3 pistes existantes sont implantées sur l'emprise de l'ouvrage des Barnières (cf. carte ci-après) :

- **Une piste existante en rive droite du Riou de l'Argentière :** Elle est utilisée comme accès principal pour un riverain à un près d'élevage de chevaux (Parcelle CR512) Elle s'étend de la parcelle CR512 au pont aval sur le Riou de l'Argentière. Cet accès sera rétabli en fin de travaux.
- **Une piste existante en rive gauche du Riou de l'Argentière en amont de l'ouvrage de traversée de l'A8 du Vallon de l'Aubro.** Elle s'étend du centre équestre à l'ouvrage de traversée de l'autoroute. Elle ne paraît pas avoir d'existence au cadastre et n'est pas utilisée comme accès principal au centre équestre des Barnières. La piste existante en rive gauche sera bien rétablie après travaux par un franchissement de l'ouvrage des Barnières. Cet accès ne sera pas maintenu pendant les travaux.
- **Une piste existante en rive gauche du Riou de l'Argentière en aval de l'ouvrage de traversée de l'A8 du Vallon de l'Aubro.** Elle s'étend de l'ouvrage de traversée de l'autoroute à la RD7. **Cette piste est répertoriée comme piste DFCl.** Cet accès devra être rétabli en fin de travaux. Cet accès semble peu utilisé. Selon le phasage des travaux, l'implantation de l'ouvrage et les échanges avec le SDIS en phase PRO, cet accès sera maintenu ou interrompu pendant les travaux (notamment la traversée sous l'autoroute).

Après travaux, les pistes retenues d'accès à l'ouvrage sont les suivantes (cf. carte ci-après) :

- **Réutilisation et renforcement de la piste DFCl existante de la RD7 au pont aval sur le Riou de l'Argentière et de la piste DFCl existante en rive gauche du Riou de l'Argentière de ce pont jusqu'à à l'ouvrage de traversée de l'A8.**
- **Réutilisation et renforcement de la piste existante en rive droite du Riou de l'Argentière du pont aval sur le Riou de l'Argentière jusqu'à l'ouvrage des Barnières,** où une aire de retournement à l'interface avec la fosse de dissipation sera aménagée, afin de faciliter l'entretien de la fosse de dissipation.
- **Franchissement de l'ouvrage des Barnières en rive gauche** dans le prolongement de la piste rive gauche existante :
 - **Franchissement du Riou de l'Argentière pour repasser en rive droite en amont du barrage, par une piste à tiers-talus sur le parement amont,** afin de faciliter les opérations d'entretien de la grille du pertuis (désembâclement) et de rétablir l'accès à la parcelle CR 512. Cet accès sera végétalisé, afin d'améliorer l'intégration paysagère.
 - **Une piste complémentaire d'accès au pied du pertuis depuis la piste amont en rive gauche sera aménagée,** afin de faciliter les opérations d'entretien du pertuis. Cet accès sera végétalisé, afin d'améliorer l'intégration paysagère.
 - **Une piste complémentaire d'accès à la crête déversante, depuis la piste amont en rive gauche sera aménagée,** afin de faciliter les opérations d'entretien du déversoir. Aucune aire de retournement ne sera prévue en extrémité rive droite du déversoir afin de ne pas impacter la zone de l'ancrage pour y implanter une aire de retournement couteuse en terme de déblais rocheux et peu utilisée en fréquence.

Cette solution a été retenue, car elle permet de réaliser un seul franchissement en rive gauche plus économique du fait de la topographie du site plus clémente en rive gauche.

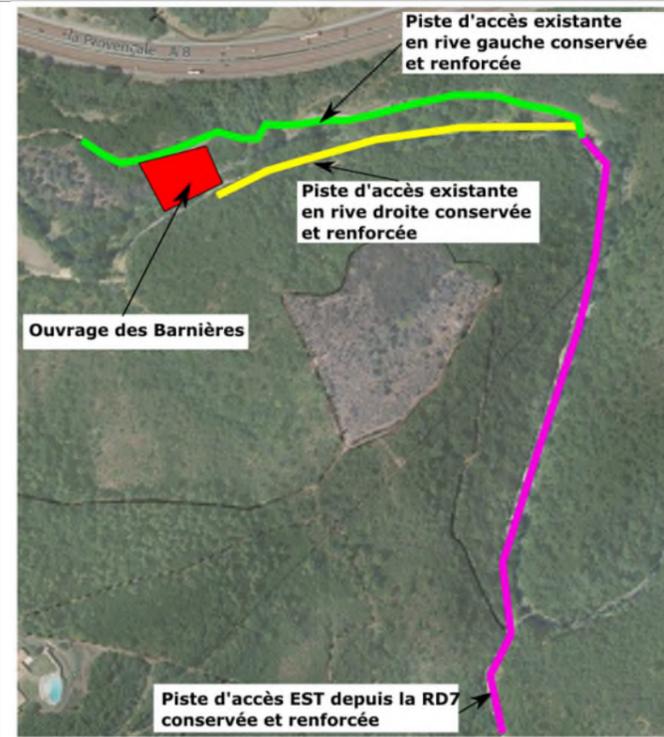


Figure 20 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase Travaux

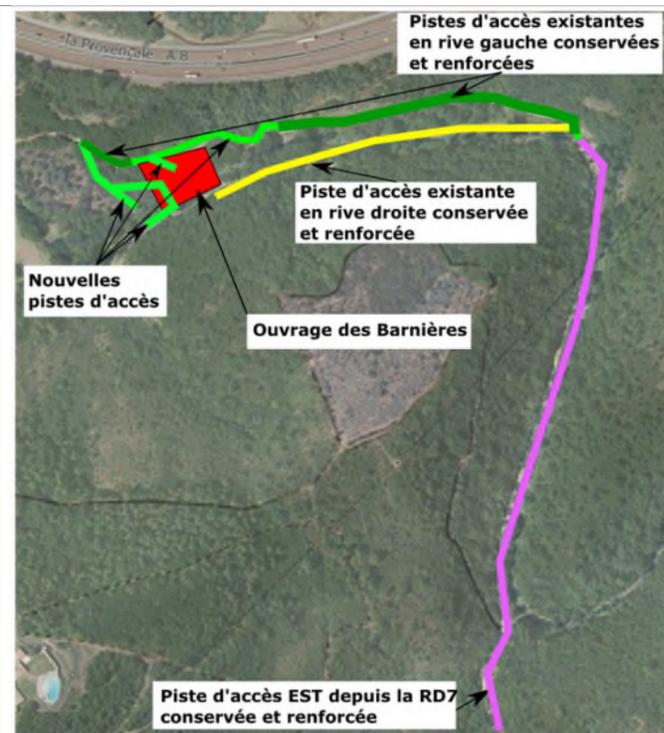


Figure 21 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase d'exploitation

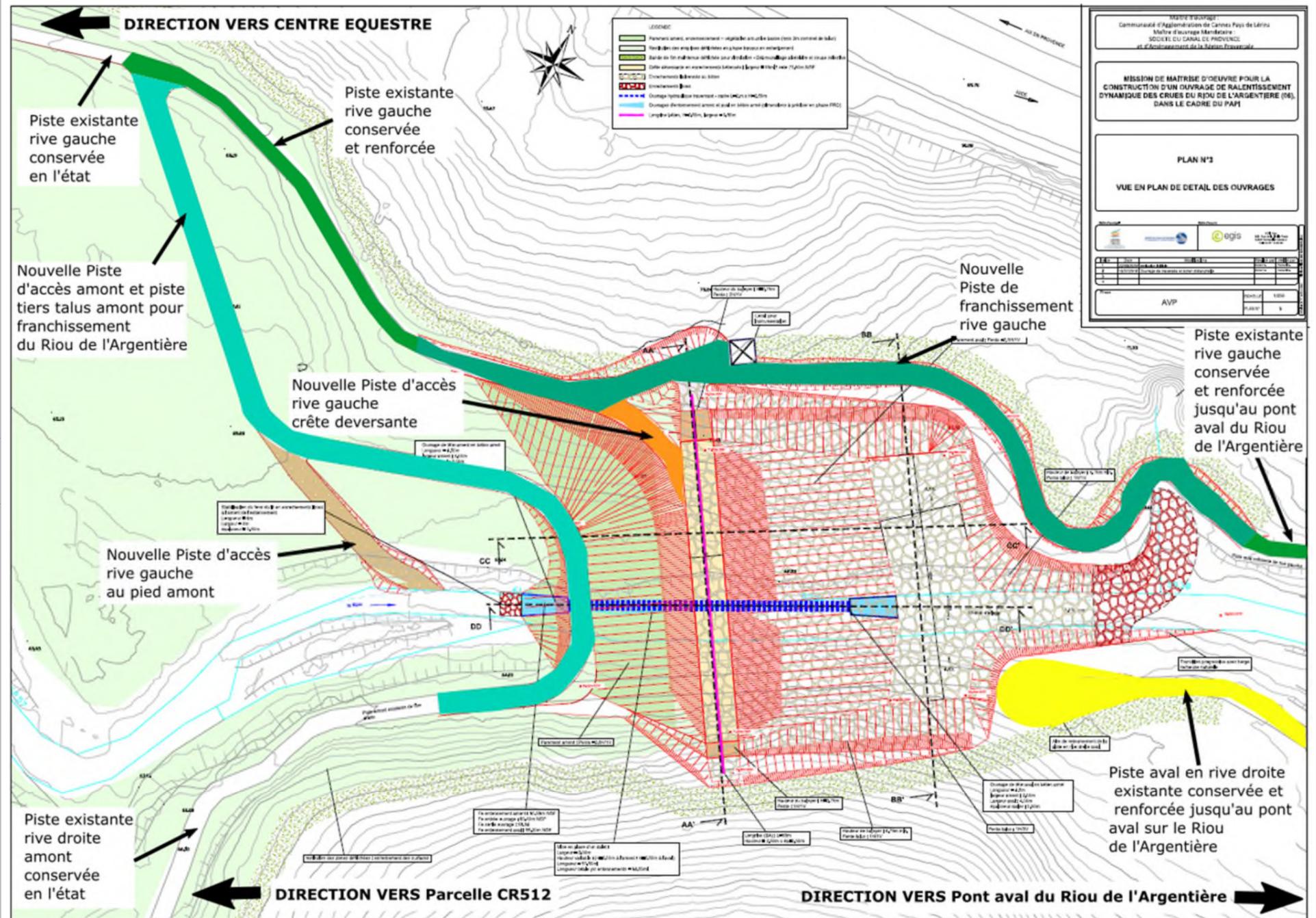


Figure 22 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase d'exploitation (Zoom sur l'ouvrage des Barnières)

4.8 Rétablissement et/ ou création de réseaux

Seul le réseau télécom aérien situé en bordure de piste rive gauche sur site interfère avec l'ouvrage et doit faire l'objet de dévoiement pour assurer son maintien et rétablissement après travaux. Suite à une enquête de terrain, ce réseau semble appartenir à Orange. En phase PRO, un rapprochement avec Orange devra être réalisé afin de vérifier le nombre de riverains desservis par cette ligne. Car en cas de non maintien des activités en rive droite, il se pourrait que cette ligne télécom puisse être abandonnée. Dans ce cas, **une solution de type dépose et abandon du réseau aérien du poteau situé en rive droite sur la parcelle CR512 à proximité des 2 Bâtis, jusqu'au poteau situé à proximité du pont aval du Riou de l'Argentière, rive droite sera mise en œuvre. En solution de secours, (en cas de maintien de la ligne après travaux), un nouveau réseau télécom en souterrain pourra être mis en œuvre sous pistes du poteau du pont du Riou de l'Argentière aval jusqu'au poteau situé en rive droite sur la parcelle CR512 à proximité des 2 Bâtis.** Il permettra de franchir l'ouvrage des Barnières et le Riou de l'Argentière sans impacter la ZEC.

Une télégestion via une station d'acquisition et de télétransmission reliée à un système de supervision via des vecteurs de communication (type SOFFREL ou équivalent. sera mise en place par GSM. Pas de création d'une nouvelle ligne physique télécom.

Un local d'instrumentation est prévu en rive gauche à l'axe du barrage. Il est nécessaire de prévoir une alimentation en électricité de ce local pour alimenter les armoires de commande et de télétransmission nécessaires à l'enregistrement des données d'auscultation de l'ouvrage des Barnières. **Une solution de mise en place d'un dispositif d'alimentation autonome par panneaux solaires (et batteries) ou batteries a été retenue comme solution préférentielle.** Une solution de type pose d'un réseau BT souterrain depuis le centre Equestres des Barnières sera conservée en solution de secours jusqu'à la phase PRO.

5. Programme de gestion, d'entretien, de surveillance et de contrôle de l'ouvrage

Après réalisation de l'ouvrage, un dossier d'ouvrage devra être réalisé.

Un plan de surveillance de l'ouvrage devra être établi.

Des plans de circulation en crue et hors crue ont été établis :

- Hors crue, la piste d'accès EST permettra d'accéder à l'aval de l'ouvrage des Barnières depuis la RD7. Les pistes de l'ouvrage des Barnières permettront des interventions d'entretien, de gestion et de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage.
- Pour les crues fréquentes (jusqu'à la Q2 (12 m³/s), crue de mise en charge du pertuis), le pertuis et la piste de tiers-talus amont ne seront pas noyés. La piste d'accès EST permettra d'accéder à l'aval de l'ouvrage des Barnières depuis la RD7. Les pistes de l'ouvrage des Barnières hors d'eau permettront des interventions d'entretien, et de gestion, sur l'intégralité de l'ouvrage émergé et sur le pertuis depuis la piste à tiers-talus amont, notamment pour réaliser des interventions de décolmatage, désembaclement du pertuis de fond si nécessaires. La piste aval rive gauche de l'ouvrage des Barnières hors d'eau permettra d'accéder à la crête de l'ouvrage rive gauche et de réaliser des interventions de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage.
- Pour les crues moins fréquentes non déversantes (jusqu'à la Q50, 92 m³/s), le pertuis et la piste de tiers-talus amont seront noyés. La piste d'accès EST ne permettra pas d'accéder à l'ouvrage des Barnières depuis la RD7 selon les niveaux d'eau atteints dans le lit du Riou de l'Argentière ou les phénomènes de ruissellement des ruisseaux affluents, notamment le vallon de l'Aubro. L'accès pourra s'effectuer dès que la décrue sera confirmée. Après la crue, la piste aval rive gauche de l'ouvrage des Barnières hors d'eau permettra d'accéder à la crête de l'ouvrage rive gauche et de réaliser des interventions de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage.
- Pour les crues exceptionnelles (déversantes, à partir de la Q50, 92 m³/s), la piste d'accès EST permettra d'accéder à l'aval de l'ouvrage des Barnières depuis la RD7 dès que la décrue sera confirmée. La piste aval rive gauche de l'ouvrage des Barnières hors d'eau permettra d'accéder à la crête de l'ouvrage rive gauche et de réaliser des interventions de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage.
- Une surveillance par caméra de vidéosurveillance pourra être étudiée en phase PRO, afin de pouvoir surveiller à distance l'ouvrage lors des crues.

Pour l'ouvrage des Barnières, qui est un barrage de classe C, il sera obligatoire de faire établir :

- Une étude de danger au minimum 1 fois tous les 15 ans.
- Un rapport de surveillance au minimum 1 fois tous les 5 ans.
- Un rapport d'auscultation au minimum 1 fois tous les 5 ans.
- Un rapport de visite technique approfondie au moins 1 fois dans l'intervalle entre 2 rapports de surveillance et à l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage.

Pour l'ouvrage des Barnières, il est préconisé les visites de surveillance ci-après :

Type de Visite	Fréquence	Par	Contenu de la visite
Visites de routines	Une fois par mois Ces visites pourront être couplées aux interventions d'entretien	Le propriétaire ou l'exploitant	Inspection Visuelle complète de toutes les parties de l'ouvrage : Parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue, fosse de dissipation, pertuis de fond, local d'instrumentation, pistes et accès... Mesures manuels d'auscultation : Relevés des niveaux d'eau dans les piézomètres et la retenue amont, relevés des valeurs des cellules de pression.
Visites exceptionnelles	A l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage (après une forte crue, une tempête, un séisme, un incendie sur les versants à proximité de l'ouvrage ...)	Le propriétaire ou l'exploitant	Inspection Visuelle complète de toutes les parties de l'ouvrage : Parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue, fosse de dissipation, pertuis de fond, local d'instrumentation, pistes et accès, de la ZEC (dépôts solides, embâcles, ...)...
Visites Techniques Approfondie	Au moins 1 fois dans l'intervalle entre 2 rapports de surveillance, c.à.d une fois tous les 2 ans. A l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage Lors des premières mises en eau occasionnant la mise en charge du pertuis jusqu'aux premiers déversements, soit pour des crues comprises entre Q2 et Q50	Un bureau d'étude agréé	Inspection Visuelle complète de toutes les parties de l'ouvrage : Parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue, fosse de dissipation, pertuis de fond, local d'instrumentation, pistes et accès, de la ZEC (dépôts solides, embâcles, ...).. Analyse des mesures d'auscultation détaillée dans chaque rapport d'auscultation 1 fois tous les 5 ans. Ou Analyse des mesures d'auscultation sommaire après chaque visite entre chaque rapport d'auscultation.
Visite du service de contrôle	Visite décennale : Une fois tous les 10 ans	à l'initiative du Service du Contrôle en présence du maître d'ouvrage et de l'exploitant et d'un bureau d'étude agréé	Inspection visuelle complète : - un examen visuel de l'ouvrage ; - le contrôle du bon fonctionnement et du bon entretien des ouvrages d'évacuation des crues et de vidange de fond, ainsi que des dispositifs d'auscultation ; - Le contrôle de l'exécution des demandes formulées lors de la visite précédente.

Tableau 8 : Visites de surveillance de l'ouvrage des Barnières

Pour l'ouvrage des Barnières, il est préconisé la composition du dispositif d'auscultation et la fréquence des relevés d'auscultation ci-après :

Capteurs	Type de relevé	Fréquence	Par
Capteur de niveau d'eau de la retenue amont	Automatique	Rapatrié sur système de supervision qui prévoit des alarmes en cas de dépassement de seuil - A définir en phase PRO.	Centrale d'acquisition
Echelle limnimétrique	Manuel	Une fois par mois	L'exploitant ou le propriétaire lors des visites de routine
Cellules de pression interstitielles	Automatique	Rapatrié sur système de supervision qui prévoit des alarmes en cas de dépassement de seuil - A définir en phase PRO	Centrale d'acquisition
	Lecture des relevés par l'opérateur et vérification du bon fonctionnement de la télégestion.	Une fois par mois	L'exploitant ou le propriétaire lors des visites de routine
Piézomètres à tube ouvert	Manuel	Une fois par mois	L'exploitant ou le propriétaire lors des visites de routine
Capteur de niveau automatique sur piézomètres	Automatique	Rapatrié sur système de supervision qui prévoit des alarmes en cas de dépassement de seuil - A définir en phase PRO	Centrale d'acquisition
Bornes topographiques d'auscultation	Manuel	2 campagnes complètes par an les 3 premières années 1 campagne complète par an après 3 ans	Un géomètre spécialisé mandaté par le propriétaire ou l'exploitant

Tableau 9 : Fréquence des relevés d'auscultation de l'ouvrage des Barnières

Le rajout d'une camera de video surveillance permettant de visualiser l'ouvrage notamment en cas de crue pourra également être étudié en phase PRO

Pour l'ouvrage des Barnières, il est préconisé les modalités d'entretien ci-après :

	Riou de l'Argentière, Vallon de l'Esterel et Vallon du grand Cabrol en amont de la ZEC	Zone d'expansion de crue (ZEC)		Zone de débroussaillage (partie aval de la ZEC y compris Bande de 20 m en amont du pied amont du barrage)	Pistes amont (Rive gauche, rive droite, tiers-talus, piste de pied, rampe d'accès à la crête)	Talus amont, Crête et Talus aval y compris fosse de dissipation	Pistes aval (Rive gauche, rive droite)	Bande de 20 m en aval de la fosse de dissipation	Ouvrages Hydrauliques			Dispositif d'auscultation
Objectif	Limiter le risque d'embâcles	Limiter le risque d'embâcles	Gestion de la sédimentation en amont du barrage et maintien de la continuité du transport solide	Limiter le risque d'embâcles	Circulation sur les pistes	Protection des talus contre l'érosion liée au ruissellement pluvial et aux crues	Circulation sur les pistes	Protection des talus contre l'érosion liée au ruissellement pluvial et aux crues	Entretien de l'Evacuateur de Crue	Entretien du Pertuis de fond	Entretien de la Fosse de dissipation	Entretien des Piézomètres, cellules de pression, capteurs de niveau de la retenue amont, échelle limnimétrique, bornes topographiques...
Type d'intervention d'entretien	Entretien manuel de la ripisylve (enlèvement des embâcles et coupe / abattage sélectif des arbres morts et/ ou déstabilisés)	Entretien manuel de des haies et de la ripisylve (enlèvement des embâcles et coupe / abattage sélectif des arbres morts et/ ou déstabilisés)	Inspection, prélèvement mécanique éventuel et réinjection des sédiments à l'aval du barrage après les crues morphogènes	Inspection et débroussaillage non sélectif de la végétation (Débroussaillage et entretien de la végétation arbustive)	Inspection et Restauration des revêtements de pistes si nécessaire.	Inspection et Entretien manuel de la végétation (Débroussaillage et entretien de la végétation arbustive)	Inspection et Restauration des revêtements de pistes si nécessaire.	Inspection et Entretien manuel de la végétation (Débroussaillage et entretien de la végétation arbustive)	Inspection et Entretien (rejointoiement des enrochements bétonnés, enlèvement des embâcles, des éboulements...)	Inspection et Entretien (curage au Bobcat, décolmatage de la grille, enlèvement des embâcles)	Inspection et Entretien manuel de la végétation de la fosse et des exutoires de drainage (Débroussaillage et enlèvement de la végétation arbustive)	Entretien et vérification du bon fonctionnement des dispositifs d'auscultation
Fréquence minimale	1 fois tous les 3 ans et systématiquement après chaque crue ou tempête significative	1 fois tous les 3 ans et systématiquement après chaque crue ou tempête significative	Après les crues morphogènes	2 fois par an et après une crue supérieure au pertuis	Visite de routine	2 fois par an	Visite de routine	2 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an

Tableau 10 : Entretien de l'ouvrage des Barnières

Gestion de la zone d'expansion de crue :

Des bornes de matérialisation de la ZEC et des panneaux d'information seront mis en place en limite de la ZEC, afin de délimiter physiquement l'emprise de la ZEC sur site.

Une servitude de rétention temporaire permettra de créer la zone d'expansion de crue en amont de l'ouvrage et de réglementer les activités et occupations du sol dans cette zone.

L'emprise de la zone d'expansion de crue (zone de surinondation à la PHE ⇔ 73,38 m NGF) représente environ 18,4 ha.

A l'issue des procédures foncières (acquisitions à l'amiable et/ ou expropriations, servitudes, conventions d'exploitation,...), les riverains qui demeureront concernés par la ZEC devront bénéficier d'une alerte en cas de prévision de crue/ météo/ inondation (qui pourra être du type SMS/ Mails) et être informés à l'avance d'un risque de non utilisation de la ZEC et de l'accès lié aux débordements du pont du Riou de l'Argentière.

Les zones de sur-inondation variables suivant les périodes de retour des crues considérées sont représentées ci-après.

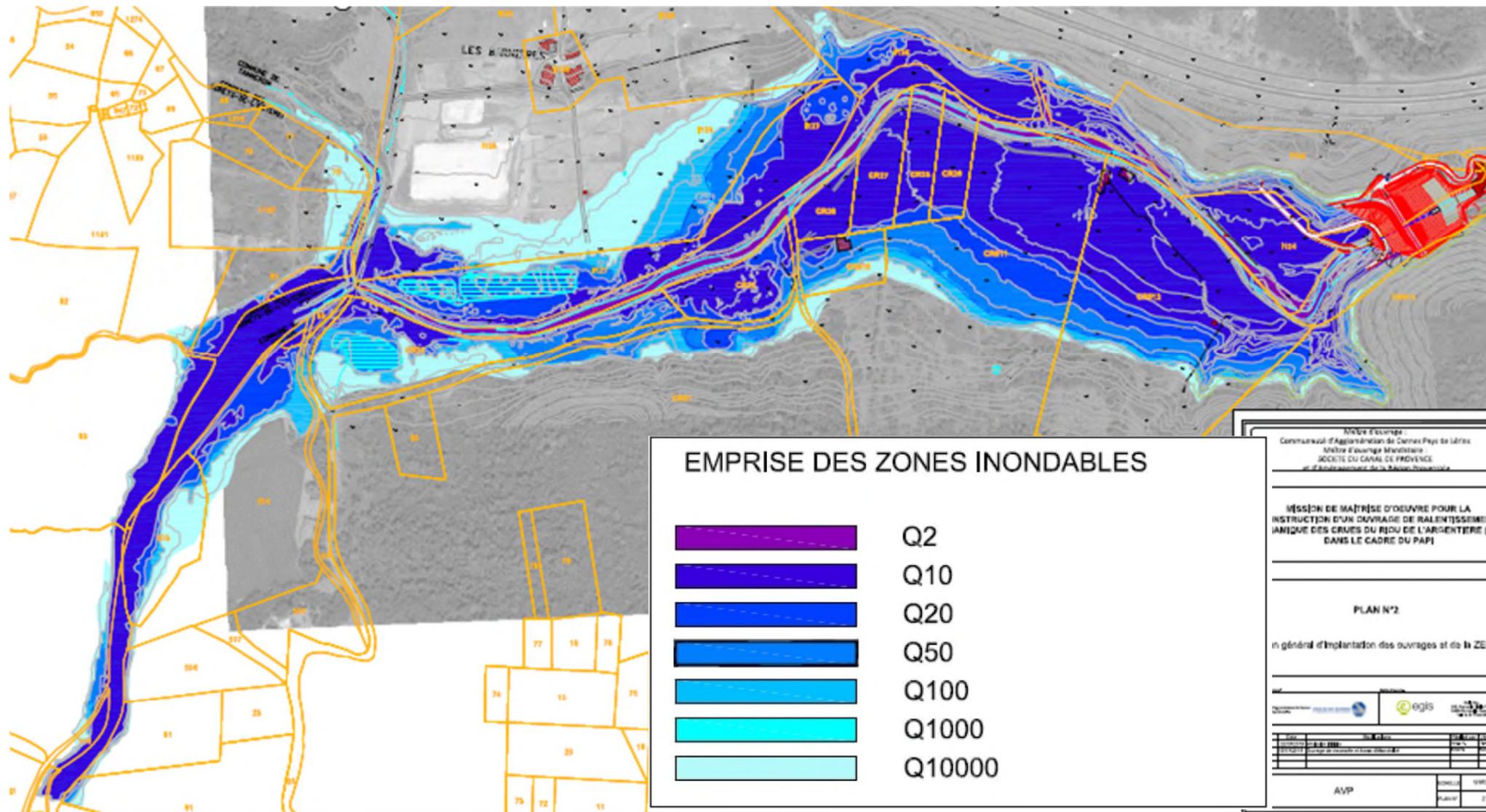


Figure 23 : Emprise de la zone d'expansion de crue de l'ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000)

6. Phasage et calendrier des travaux

Un calendrier prévisionnel de réalisation des travaux et un phasage de travaux ont été élaborés en tenant compte de toutes les contraintes du projet identifiées au stade AVP (contraintes foncières, hydrauliques vis-à-vis du risque de crue, environnementales, techniques végétales, réseaux, risque d'incendie, ...).

Les principales étapes du calendrier de réalisation des travaux sont rappelées ci-après :

- Période de préparation du chantier : 2 mois, de Juin à juillet de l'année N.
- Période d'exécution des travaux : 15 mois, de Septembre de l'année N à Novembre de l'année N+1.

Les principales étapes du phasage des travaux sont rappelées ci-après :

- Phase 1 : Période de préparation du chantier.
- Phase 2 : Travaux préparatoires permettant la libération (Nettoyage, abattage d'arbres, défrichage, débroussaillage des emprises) et la préparation des emprises (décapage, déroctage des emprises) pour la réalisation des travaux. Des ouvrages provisoires seront mis en œuvre :
 - Des pistes, accès, plateformes de travail, aires de stockages provisoires et installations de chantier seront mis en œuvre sur la zone dit de défrichage. Une seule zone d'emprunt sera finalement retenue pour réaliser le chantier (suffisante en termes de matériaux disponibles).
 - Le Riou de l'Argentière fera l'objet d'un dévoiement provisoire en rive gauche pour permettre la réalisation de l'ouvrage via la mise en place d'un batardeau amont en amont immédiat de l'ouvrage à réaliser, et d'un batardeau aval en amont de la confluence avec le Vallon de l'Aubro. Ces batardeaux obstrueront le lit mineur et seront munis de conduites permettant dévoyer le Riou de l'Argentière dans la zone des travaux, de mettre hors d'eau la zone des travaux et d'assurer in fine une protection biennal du chantier.
 - En cas d'alerte de crue, les engins de chantier et les installations de chantier seront repliés hors zone inondable sur la zone dite de "repli en cas de crue" située au Nord Ouest du centre équestre des Barnières .

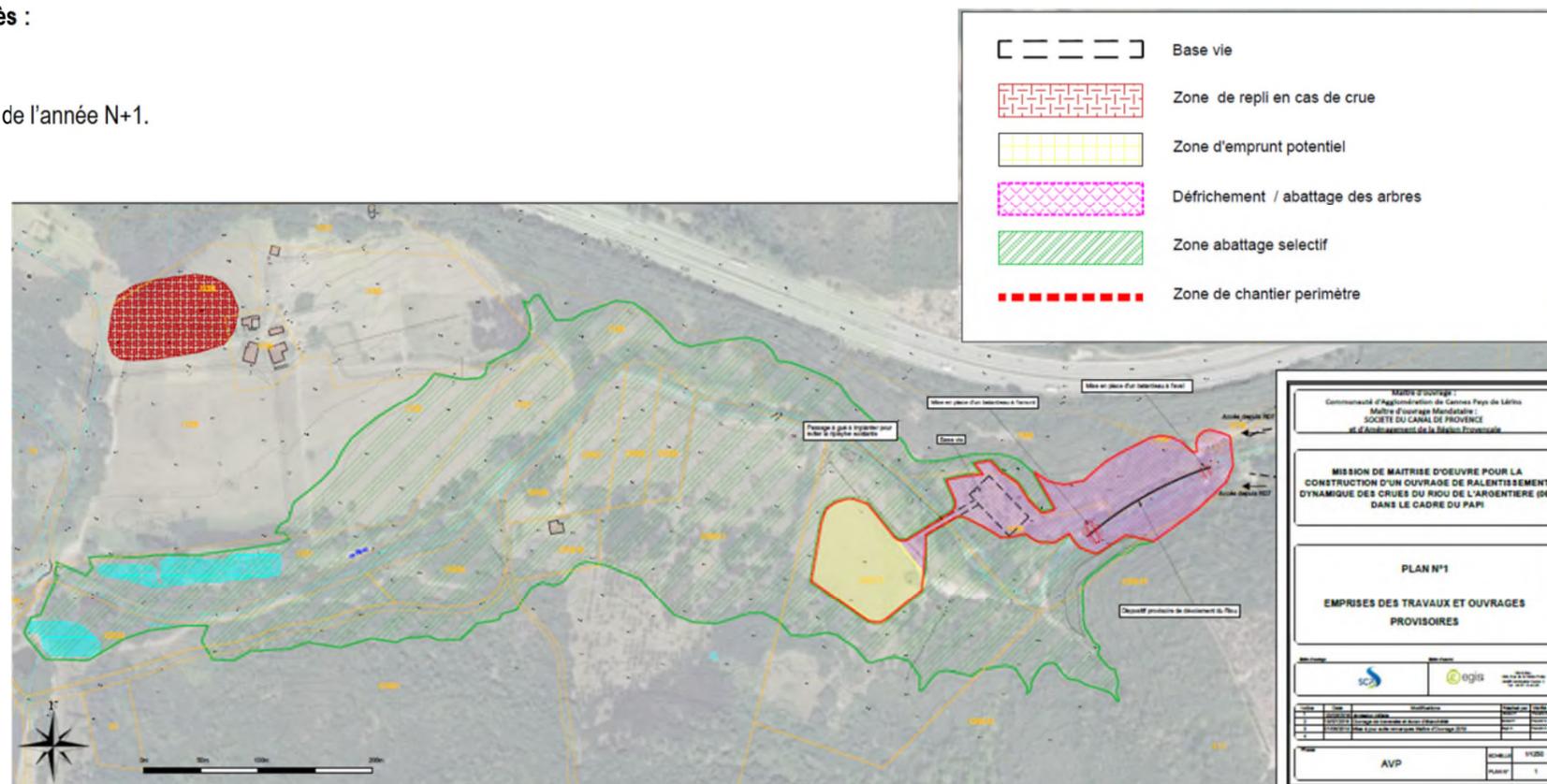


Figure 24 – Localisation des emprises de travaux

- Phase 3 : Travaux du barrage. Le phasage de travaux du barrage est rendu complexe d'une part par la nécessité d'une réalisation rapide de l'ouvrage pour minimiser sa vulnérabilité vis à vis du risque de crue et d'autre part par la nécessité de mettre en œuvre un écran d'étanchéité anti-renard en fondation de rive à rive, et un pertuis de fond traversant le barrage d'amont en aval. Le phasage des travaux nécessitera ainsi :
 - Le dévoiement du Riou de l'Argentière en rive gauche (cf. phase 2) pour réaliser le pertuis de fond, puis en rive droite dans le pertuis de fond pour réaliser le reste de l'ouvrage (phase 3).
 - La mise en œuvre de l'écran d'étanchéité en plusieurs fois (avant et après réalisation du pertuis de fond), afin de pouvoir réaliser l'écran d'étanchéité sous le pertuis de fond.

Phase 4 : Travaux divers : Mise en service de l'instrumentation, mesures compensatoires, travaux de génie végétal et remise en état.

7. Détail estimatif prévisionnel des travaux

7.1 Hypothèses du chiffrage, incertitudes, aléas

A ce stade des études, les principales incertitudes et aléas pouvant faire varier significativement le montant des travaux sont présentées ci-après de manière non exhaustive.

Les aléas ne pourront être levés en phase d'étude. Les incertitudes devront être levées en phase PRO.

Incertitudes et Aléas géotechniques :

A l'issue des investigations géotechniques AVP, des aléas, et incertitudes géotechniques demeurent et notamment sur :

- La perméabilité réelle de la fondation (Essais menés en phase G2 AVP non concluants) ;
- La profondeur de l'écran d'étanchéité dans la fondation et type d'écran (tranchée bétonnée ou clé en matériaux argileux) ;
- Les profils géophysiques P2 et P3 (non exploitables en phase G2 AVP) ;
- La profondeur de purge / décapage nécessaire (sondages complémentaires prévus en phase PRO) ;
- Les mouvements de terre du chantier liés à l'exploitation de la zone d'emprunt finalement retenue (sondages complémentaires prévus en phase PRO) ;

Afin de lever un maximum d'incertitudes et diminuer l'aléa géotechnique, des investigations et études géotechniques complémentaires devront être menées en phase PRO.

Autres incertitudes et aléas :

- **L'aléa sur la topographie existante (hors relevés terrestres)**, lié notamment à la forte densité de la végétation sur le site de l'ouvrage et à la zone du centre équestre en perpétuelle évolution ;
- **L'aléa sur les réseaux privés**. Cet aléa a été minimisé en phase AVP par une enquête de terrain ;
- **Le principe et les modalités de rétablissement des pistes d'accès** sont à valider définitivement avec les gestionnaires et/ou services routiers concernés (privés, SDIS, DDTM, ESCOTA...) selon la solution retenue en phase PRO ;
- **Le principe et les modalités de rétablissement des réseaux** sont à valider avec les concessionnaires concernés, selon la solution retenue en phase PRO ;
- **Les incertitudes sur le détail des mesures compensatoires environnementales et paysagères** à mettre en œuvre. Ces mesures seront détaillées dans les dossiers réglementaires ;
- **Le coût de la démolition (désamiantage éventuel) et l'évacuation éventuel d'ouvrages** (bâti, box en bois,...) dans les emprises de la rétention temporaire d'eau.

Les estimations présentées dans le chapitre ci-après ne prennent pas en compte les coûts liés aux incertitudes et aléas présentés ci-avant, mais un aléa global de 15% a toutefois été pris en compte dans ces estimations.

7.2 Synthèse chiffrage estimatif AVP

Sous les réserves précédentes, la synthèse du chiffrage au stade AVP (hors entretien, hors études complémentaires...) figure dans le tableau suivant :

Synthèse des solutions du Détail Estimatif AVP (hors option)			
	Montant total hors taxes (hors aléa)	Montant total H.T y c aléa (15%)	Montant total TTC y c aléa
Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	4 206 575,00 €	4 837 561,25 €	5 805 073,50 €
Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m (solution de base)	4 289 975,00 €	4 933 471,25 €	5 920 165,50 €
Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	4 148 175,00 €	4 770 401,25 €	5 724 481,50 €
Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m	4 188 175,00 €	4 816 401,25 €	5 779 681,50 €
Synthèse du Détail Estimatif AVP			
Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m (solution de base)			
Sous-total Série 1 - Prix généraux			800 000,00 €
Sous-total Série 2 - Travaux préparatoires			316 500,00 €
Sous-total Série 3 - Travaux du Barrage			3 054 505,00 €
Sous-total Série 4 - Travaux de Voiries Réseaux Divers			66 670,00 €
Sous-total Série 5 - Mesures environnementales			52 300,00 €
Sous-total Série 6 - Mesures d'intégration paysagère			Déjà inclus dans prix du projet
Montant total hors taxes (hors aléa)			4 289 975,00 €
Aléa: 15%			643 496,25 €
Montant total hors taxes y c aléa			4 933 471,25 €
			TVA 20%
			986 694,25 €
Montant total toutes taxes comprises y c aléa			5 920 165,50 €
Sous-total Série 7 - Options			
Option : Piège à embâcles artificiel en entrée de pertuis			60 000,00 €
Option de secours reseaux			100 000,00 €
Solution de Base + toutes options			
Montant total hors taxes (hors aléa)			4 449 975,00 €
Aléa: 15%			667 496,25 €
Montant total hors taxes y c aléa			5 117 471,25 €
			TVA 20%
			1 023 494,25 €
Montant total toutes taxes comprises y c aléa			6 140 965,50 €

Tableau 11 : Synthèse Chiffrage estimatif AVP

Commentaire : Le coût de l'entretien de l'ouvrage a été estimé à environ 100 000 €/H.T./an (soit ~2% du montant des travaux).



**CANNES
PAYS DE
LÉRINS**

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

**Communauté d'Agglomération
de Cannes Pays de Lérins**



**SOCIÉTÉ DU CANAL DE PROVENCE
et d'Aménagement de la Région
Provençale**

Mission de maîtrise d'œuvre pour la construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI
Phase 1 - Avant-Projet : Pièce n°2 Mémoire Technique
d'Avant-Projet

Version 3



WALL084BTF

Avril 2021

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V0	27/02/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V1	26/07/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V2	02/08/19	S. PACESCHI	M. NORMAND
V3	30/04/21	S. PACESCHI	M. NORMAND

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
D. SONDAZ	Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale	30/04/2021
S. QUASTANA		
O. PAGES		
J.L TROUVAT		

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Table des matières

1.	Cadre et objet de la mission	16
1.1	Contexte.....	16
1.2	Objectifs.....	16
1.3	Cadre de la mission	17
2.	Données d'entrée de l'AVP	19
2.1	Description du site actuel.....	19
2.1.1	Situation géographique.....	19
2.1.2	Topographie générale du site.....	20
2.2	Description des contraintes existantes	20
2.2.1	Synthèse des contraintes urbanistiques et foncières (PLU, Habitat, activités et enjeux locaux)	20
2.2.1.1	Généralités :	20
2.2.1.2	Documents d'urbanisme et servitudes.....	22
2.2.1.3	Risques naturels	22
2.2.1.3.1	Inondation.....	22
2.2.1.3.2	Feu de forêt	23
2.2.1.3.3	Mouvement de terrain.....	24
2.2.1.3.4	Séisme	24
2.2.1.3.5	Risques technologiques	24
2.2.1.4	Périmètres et espaces remarquables	24
2.2.1.4.1	Site classé de l'Estérel	24
2.2.1.4.2	Périmètres « milieu naturel »	25
2.2.2	Synthèse des contraintes d'accès	33
2.2.3	Synthèse des contraintes de réseaux	35
2.2.4	Synthèse des enjeux environnementaux	38
2.2.5	Synthèse des contraintes paysagères	57
2.2.6	Autres contraintes	62
2.2.6.1	Proximité de l'autoroute A8	62
2.2.6.2	Risque incendie	62
2.2.6.3	Risque de crue	64
2.2.7	Cadrement réglementaire du projet :	65
2.3	Synthèse des études antérieures.....	69
2.3.1	Données d'entrée et études antérieures disponibles	69
2.3.2	Synthèse des Etudes hydrologiques AVP	70
2.3.2.1	Rappel des objectifs :	70

2.3.2.2	Rappels des principales hypothèses et méthodologies utilisées :	70
2.3.2.3	Rappel des principaux résultats :	70
2.3.3	Synthèse Etudes hydrauliques	74
2.3.3.1	Rappel des objectifs :	74
2.3.3.2	Rappels des principales hypothèses et méthodologies utilisées :	74
2.3.3.3	Rappel des principaux résultats :	75
2.3.4	Synthèse des investigations complémentaires menées en phase AVP	80
2.3.4.1	Topographiques	80
2.3.4.2	Les données topographiques utilisées dans le cadre de l'AVP sont les suivantes :	80
2.3.4.3	Géotechnique	81
2.3.4.3.1	Investigations géotechniques en phase AVP	81
2.3.4.3.2	Paramètres géomécaniques G2 AVP retenus	82
2.3.4.4	Remarques :	85
2.3.4.4.1	Réutilisation de matériaux disponibles sur site	85
3.	Description des ouvrages à réaliser	88
3.1	Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues	88
3.1.1	Fonctionnement en période normale (hors crue)	88
3.1.2	Fonctionnement en période de crue	89
3.2	Dimensionnement des ouvrages principaux et justification du choix de la solution retenue	90
3.2.1	Justification de la solution retenue	90
3.2.1.1	Choix de l'implantation de l'ouvrage	90
3.2.1.2	Choix du type d'ouvrage	93
3.2.1.2.1	Généralités	93
3.2.1.2.2	Choix des ouvrages poids en remblais zonés	93
3.2.1.3	Zonage de l'ouvrage :	112
3.2.1.3.1	Remblai argileux amont et central :	112
3.2.1.3.2	Recharge aval	112
3.2.1.3.3	Drains aval	113
3.2.1.3.4	Protection parement amont partie inférieure	114
3.2.1.3.5	Protections parement amont partie supérieure, crête et parement aval	115
3.2.1.3.6	Remblai paysager	115
3.2.1.4	Choix des organes de sécurité de l'ouvrage	116
3.2.1.4.1	Choix de l'évacuateur de crue	116
3.2.1.4.2	Choix du puits de fond	122

3.2.1.5	Analyse des évolutions morphologiques du lit en cas de crue	129
3.2.1.6	Traitement des fondations et des rives	136
3.2.1.6.1	Purge du terrain naturel	136
3.2.1.6.2	Barrière anti-migration sous le remblai argileux	136
3.2.1.6.3	Ecran d'étanchéité anti-renard	136
3.2.1.6.4	Etude de solutions de type « paroi moulée »	137
3.2.1.6.5	Etude de solutions de type « tranchée bétonnée »	140
3.2.1.6.6	Etude de solutions de type « clé d'étanchéité en matériaux argileux »	142
3.2.1.6.7	Analyse comparative des différentes solutions	144
3.2.1.7	Choix du dispositif d'auscultation de l'ouvrage.....	145
3.2.1.8	Intégration paysagère des aménagements	148
3.2.1.8.1	Effets paysagers du projet :	148
3.2.1.8.2	Mesures paysagères d'atténuation envisagées pour éviter, réduire et compenser les effets du projet	148
3.2.1.8.3	Mesures paysagères d'accompagnement.....	158
3.2.1.8.4	Mesure compensatoire paysagère.....	161
3.2.1.9	Mesures environnementales	165
3.2.1.9.1	Effets environnementaux du projet :	165
3.2.1.9.2	Mesures d'atténuation.....	166
3.2.1.9.3	Mesures compensatoires.....	190
3.2.1.9.4	Mesures d'accompagnement	192
3.2.2	Dimensionnement des composantes du barrage	197
3.2.2.1	Classe de l'ouvrage	197
3.2.2.2	Crue de protection	198
3.2.2.3	Crues extrêmes de sécurité.....	199
3.2.2.4	Principe de dimensionnement des ouvrages	200
3.2.2.5	Déversoir, cote de RN, cote des PHE et cote de danger	200
3.2.2.5.1	Justification du choix du niveau de crête déversante de l'ouvrage des Barnières.	201
3.2.2.5.2	Justification de la largeur de la crête déversante de l'ouvrage des Barnières.	203
3.2.2.6	Revanches aux vagues	205
3.2.2.6.1	Principe de calcul de la revanche aux vagues	206
3.2.2.6.2	Synthèse des résultats :	207
3.2.2.7	Coursier et Dissipateur d'énergie	210
3.2.2.7.1	Principe de dimensionnement :	210
3.2.2.7.2	Dimensionnement final du Coursier et du Bassin de dissipation	213
3.2.2.8	Dimensionnement des protections hydrauliques vis-à-vis de l'érosion externe et de l'affouillement.....	217
3.2.2.8.1	Vérification vis-à-vis du risque d'érosion externe par surverse pour l'évacuateur de crue.	217

3.2.2.8.2	Vérification vis-à-vis du risque d'érosion externe par la pluie pour les talus amont et aval et la fosse de dissipation.....	223
3.2.2.9	Vérification de l'absence d'impact sur la stabilité de l'autoroute A8.....	223
3.2.2.10	Vérifications de stabilité de l'ouvrage	225
3.2.2.10.1	Principales hypothèses, vérifications, et justifications de l'ouvrage menées en phase G2 AVP	225
3.2.2.10.2	Investigations géotechniques complémentaires à mener en phase PRO.....	226
3.2.2.10.3	Vérifications complémentaires à mener en phase PRO après investigations complémentaires	228
3.3	Description des ouvrages annexes à réaliser	229
3.3.1	Rétablissement et/ ou création de voiries, pistes et accès	229
3.3.1.1	Piste d'accès travaux et d'exploitation :	229
3.3.1.1.1	Piste d'accès au site.....	229
3.3.1.1.2	Pistes d'accès de l'ouvrage.....	230
3.3.2	Rétablissement et/ ou création de réseaux.....	234
3.3.2.1	Réseaux secs	234
3.3.2.1.1	Maintien de ligne telecom existante	234
3.3.2.1.2	Liaison télécom pour instrumentation	236
3.3.2.1.3	Alimentation électrique de l'instrumentation	236
3.3.2.2	Réseaux humides	238
3.3.2.3	Gestion du pluvial.....	238
3.4	Synthèse des caractéristiques de l'ouvrage à réaliser.....	239
4.	Programme de gestion, d'entretien, de surveillance et de contrôle de l'ouvrage	247
4.1	Programme de surveillance et de contrôle de l'ouvrage.....	247
4.1.1	Principes généraux de surveillance.....	247
4.1.1.1	Généralités	247
4.1.1.2	Etablissement d'un dossier de l'ouvrage.....	247
4.1.1.3	Etablissement d'un plan de surveillance de l'ouvrage	248
4.1.2	Organisation de la surveillance.....	248
4.1.2.1	Obligations réglementaires	248
4.1.3	Plan de circulation hors crue	253
4.1.4	Plan de circulation en crue	253
4.2	Modalités de surveillance, gestion et d'entretien des ouvrages.....	254
5.	Phasage et calendrier des travaux.....	261
5.1	Calendrier prévisionnel de réalisation des travaux	261
5.1.1	Contraintes du planning.....	261

5.1.2	Synthèse du planning.....	262
5.2	Phasage des travaux.....	263
5.2.1	Phase 1 : Période de préparation du chantier	263
5.2.2	Phase 2 : Travaux préparatoires	263
5.2.3	Phase 3 : Travaux du barrage.....	263
5.2.4	Phase 4 : Travaux divers.....	264
5.3	Description des ouvrages provisoires.....	265
5.3.1	Installations de chantier.....	265
5.3.2	Zones d'emprunt.....	267
5.3.3	Zone de repli en cas de crue	267
5.3.4	Pistes de chantier	267
5.3.5	Traversée du Riou de l'Argentière, Batardeaux et dérivation du Riou de l'Argentière :.....	268
6.	Détail estimatif prévisionnel des travaux.....	270
6.1	Hypothèses du chiffrage, incertitudes.....	270
6.1.1	Incertitudes et Aléas géotechniques :	270
6.1.2	Autres incertitudes et aléas.....	270
6.2	Synthèse chiffrage estimatif AVP.....	272
7.	Annexes 273	
7.1	Revanches aux vagues	274
7.1.1	Principe de calcul de la revanche aux vagues	275
7.1.1.1	Estimation de la vitesse du vent	276
7.1.1.2	Estimation de la hauteur des vagues	277
7.1.1.2.1	Méthode de Smith :	277
7.1.1.2.2	Méthode de Bretschneider.....	280
7.1.1.3	Estimation des revanches	281
7.1.1.3.1	Estimation des revanches selon CFBR 2013 (Run up).....	281
7.1.1.3.2	Estimation des Revanches selon recommandations CFGB (Petits barrages 2002)	282
7.1.1.4	Estimation de la cote de la crête du barrage ou du pare- vague.....	283
7.1.2	Calcul des revanches pour l'ouvrage des Barnières	284
7.1.2.1	Calcul de la hauteur de vagues de projet Hd en situation RN pour l'ouvrage des Barnières.....	284
7.1.2.2	Calcul de la hauteur de vagues de projet Hd en situation PHE pour l'ouvrage des Barnières.....	285
7.1.2.3	Calcul des revanches pour l'ouvrage des Barnières par la méthode Smith/ Run up	287

	7.1.2.4	Calcul des revanches pour l'ouvrage des Barnières par la méthode Bretschneider/ Run Up ou Gaillard ou revanche minimale.....	290
7.2		Coursier et Dissipateur d'énergie	293
	7.2.1	Principe de dimensionnement :	293
	7.2.2	Calcul du ressaut hydraulique :	294
	7.2.3	Dimensionnement du Coursier et du Bassin de dissipation	296
	7.2.3.1	Dimensionnement à partir d'un niveau d'eau aval issu d'un Manning.....	296
	7.2.3.2	Dimensionnement à partir d'un niveau d'eau aval issu du modèle 2D	302
	7.2.3.3	Etude de sensibilité et optimisation	307
	7.2.3.3.1	Une étude de sensibilité sur le paramètre de débit a été menée.....	307
	7.2.3.3.2	Une étude de sensibilité sur le paramètre de pente du parement du coursier a été menée	310
	7.2.3.3.3	Une étude de sensibilité sur le paramètre de nature du parement (Ks) a été menée.	312
	7.2.3.3.4	Une étude de sensibilité sur le paramètre de convergent du coursier a été menée.....	314
	7.2.3.4	Dimensionnement final du Coursier et du Bassin de dissipation	316
7.3		Traversée du Riou de l'Argentière, Batardeaux et dérivation du Riou de l'Argentière :	321
7.4		: Parcelles impactées par la Zone d'expansion de crue (PHE ⇔ 73,38 m NGF) de l'ouvrage des Barnières	327

Liste des figures

Figure 1 : Carte de localisation du site et des principaux enjeux (Source PPRI Basse Vallée de La Siagne, SCP).....	16
Figure 2 - Carte de localisation de la zone d'étude (Source Géoportail).....	19
Figure 3 - Carte d'occupation des sols (Source : PAPI sur le Riou de l'argentière – Note d'analyse environnementale)	21
Figure 4 : Zonage du PPRIF sur la zone d'étude.....	23
Figure 5 : Périmètre de classement de l'Estérel et repérage du secteur d'étude.....	25
Figure 6 : Localisation des périmètres d'inventaire sur et à proximité de l'aire d'étude	30
Figure 7 : Localisation des périmètres contractuels sur et à proximité de l'aire d'étude	31
Figure 8 : Localisation des périmètres réglementaires sur et à proximité de l'aire d'étude	32
Figure 9 – Localisation des accès au site sur carte IGN (Source géoportail).....	33
Figure 10 – Localisation des pistes DFCl de l'accès EST au site sur carte IGN (Source géoportail/SDIS 83).....	34
Figure 11 – Plan de principe de localisation du réseau télécom aérien existant sur fond de plan n°2 de l'AVP	37
Figure 12 – Emprise des zones Natura 2000 sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)	38
Figure 13 – Emprise des zones PNA, ZSC, Terrains du Conservatoire du littoral et Espace Naturel Sensible sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019).....	40
Figure 14 – Emprise des zones humides, et des ZNIEFF sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)	41
Figure 15 – Emprise des zones « Réserve Biologique dirigée (ONF) » sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019).....	42
Figure 16 – Carte des Enjeux Habitats Naturels sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019).....	43
Figure 17 – Carte des Habitats Naturels sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019).....	44
Figure 18 – Légende de la carte des Habitats Naturels sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019).....	45

Figure 19 – Carte des Zones Humides sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021).....	46
Figure 20 : Localisation des pistes d'accès et de l'emprise de l'ouvrage	48
Figure 21 – Carte des Enjeux Flores sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)	49
Figure 22 – Carte des Espèces envahissantes sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)	50
Figure 23 : Localisation des enjeux herpétologiques au sein et à proximité de l'aire d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)	52
Figure 24 : Localisation des enjeux avifaunistiques au sein et à proximité de l'aire d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)	53
Figure 25 : Localisation des enjeux chiroptères au sein et à proximité de l'aire d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)	54
Figure 26 – Carte des Enjeux entomologiques au sein et à proximité de l'aire d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)	55
Figure 27 – Carte de Localisation des frayères potentielles pour le Barbeau méridional sur la portion du Riou de l'Argentière qui a fait l'objet de prospections spécifiques Ramboll Enviro, 2017 (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)	56
Figure 28 : Carte des enjeux de l'Atlas des paysages : (Source Atlas des paysages DREAL VAR)	59
Figure 29 : Périmètre de classement DREAL PACA	60
Figure 30 : Carte de structure paysagère au droit du secteur d'étude.....	61
Figure 31 – Répartition mensuelle des crues issue de l'exploitation de la liste des arrêtés de reconnaissance (Source rapport Etat des lieux de l'hydromorphologie du réseau hydrographique du Riou de l'Argentière, ONF/ RTM, Mars 2016)	64
Figure 32 : Localisation des points de calcul.....	72
Figure 33 : Localisation des points de calcul.....	73
Figure 34 : Localisation des points de calcul.....	74
Figure 35 : Cartographie d'incidence sur les hauteurs d'eau de l'ouvrage de ralentissement dynamique pour la crue Q50 : Etat Projet par rapport à l'Etat Actuel.....	78
Figure 36 : Cartographie d'incidence sur les vitesses de l'ouvrage de ralentissement dynamique pour la crue Q50 : Etat Projet par rapport à l'Etat Actuel.....	79
Figure 37 – Implantation des sondages réalisés dans le cadre de la G2-AVP (Source G2 AVP ERG)	82

Figure 38 – Profil géologique de la fondation (Source G2 AVP ERG)	83
Figure 39 – Plan de principe des zones potentielles d'emprunt investiguées au stade G2-AVP	86
Figure 40 – Plan de principe de la zone d'emprunt retenue pour le PRO sur fond de plan n°2 de l'AVP.....	87
Figure 41 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période normale (hors crue) - (Illustrations sources SYRIBT).....	89
Figure 42 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période de crue - (Illustrations sources SYRIBT).....	89
Figure 43 : Plan d'implantation des solutions étudiées en étude préliminaire	91
Figure 44 : Synoptique des différents types de barrages.....	93
Figure 45 : Section d'un barrage de type BCR	100
Figure 46 – Limnigraphe de la retenue amont pour différentes géométries et surfaces de pertuis de fond	122
Figure 47 – Ecrêtement de l'ouvrage pour différentes géométries et surfaces de pertuis de fond	123
Figure 48 : Principe de radier à macrorugosités – Exemple de réalisation sur le barrage de la Turdine	125
Figure 49 –Carte des processus érosifs sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Etude hydrogéomorphologique détaillée du Riou de l'Argentière et de ses affluents, ONF/ RTM mars 2016).....	130
Figure 50 – Profil en long du Riou de l'Argentière (Source : Etude hydrogéomorphologique détaillée du Riou de l'Argentière et de ses affluents, ONF/ RTM mars 2016).....	131
Figure 51 – Localisation de la zone de réinjection en aval de l'ouvrage des Barnières.....	135
Figure 52 : Emprises des travaux et ouvrages provisoires (AVP mars 2018, source EGIS)	170
Figure 53 : Emprises des travaux et ouvrages provisoires (AVP août 2019, source EGIS).....	170
Figure 54 : Vue en plan de détails des ouvrages (AVP mars 2018, source EGIS)	171
Figure 55 : Vue en plan de détails des ouvrages (AVP août 2019, source EGIS).....	171
Figure 56 : Classification de l'ouvrage des Barnières selon le décret de mai 2015	198
Figure 57 : Courbe de débit de l'évacuateur de crue des Barnières.....	203
Figure 58 : Coupe type de Principe Niveau Crue de danger et PHE.....	204
Figure 59 : Revanche dans le cas d'un barrage sans mur pare-vague	205
Figure 60 : Revanche dans le cas d'un barrage avec mur pare-vague	205
Figure 61 : Régimes d'écoulement sur ouvrage de fermeture verticale (Source Rock Manual, CETMEF 2009).	218
Figure 62 : Résumé des critères de dimensionnement dans le cas des fermetures verticales (Source Rock Manual, CETMEF 2009).	219

Figure 63 – Localisation du vallon d’Auriveastre (Source Geoportail)	224
Figure 64 : Extrait carte des vitesses au droit du Vallon de l’Aubro pour la Q10 000.	225
Figure 65 : Principe des solutions de pistes étudiées.....	230
Figure 66 – Schéma de principe des pistes d’accès en phase Travaux.....	233
Figure 67 – Schéma de principe des pistes d’accès en phase d’exploitation	233
Figure 68 – Schéma de principe des pistes d’accès en phase d’exploitation (Zoom sur l’ouvrage des Barnières).....	233
Figure 69 – Plan de principe de dévoiement du réseau télécom aérien existant sur fond de plan n°2 de l’AVP	235
Figure 70 – Plan de principe de la solution 3 sur fond de plan n°2 de l’AVP	237
Figure 71 : Emprise de la zone d’expansion de crue sans ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique).....	256
Figure 72 : Emprise de la zone d’expansion de crue avec ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique).....	257
Figure 73 : Zone des Bâtis « Maison Richon » - Comparaison des emprises de la zone d’expansion de crue avec/sans ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique)	258
Figure 74 : Comparaison des emprises de la zone d’expansion de crue avec/sans ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique)	259
Figure 75 – Localisation des emprises de travaux	266
Figure 76 : Revanche dans le cas d’un barrage mur pare-vague	274
Figure 77 : Revanche dans le cas d’un barrage avec mur pare-vague	274
Figure 78 : Carte des régions des vents définies par l’Eurocode 1	276
Figure 79 : Définition du fetch F et de la profondeur D	277
Figure 80 : Abaque de Saville et Al 1962.	278
Figure 81 : Définition de la hauteur de déferlement	281
Figure 82 : Estimation du débit aval selon formule de Manning Strickler	296

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des périmètres d'inventaires et de protection incluant l'aire d'étude principale ou se trouvant à proximité	25
Tableau 2 : 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	67
Tableau 3 : Rubriques de l'annexe à l'article R.214-1 du Code de l'Environnement susceptibles d'être concernées par le projet	67
Tableau 4 : Rubriques au titre du code forestier susceptibles d'être concernées par le projet.	69
Tableau 5 : Débits de pointe modèle hydrologique Egis	71
Tableau 6 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière sur le site de l'ouvrage de ralentissement dynamique (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017).....	72
Tableau 7 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière au droit des secteurs à enjeux aval (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017).....	73
Tableau 8 : Caractéristiques de l'ouvrage des Barnières issues des résultats du modèle Hydraulique 2D Egis Eau 2017	75
Tableau 9 : Niveaux atteints sur le déversoir	76
Tableau 10 : Débits de fuite de la retenue	76
Tableau 11 : Débits de pointe au droit des secteurs à enjeux	77
Tableau 12 : Modèle géomecanique retenu pour le corps du Barrage (Source G2 AVP ERG)	84
Tableau 13 : Modèle géomecanique retenu pour le sol de fondation (Source G2 AVP ERG)..	84
Tableau 14 de comparaison des principaux volumes de matériaux faisant l'objet d'un transport hors chantier.	103
Tableau 15 : Tableau de comparaison des principaux volumes de matériaux faisant l'objet d'une mise en œuvre sur chantier.	104
Tableau 16 : Ecrêtement de l'ouvrage pour différentes géométries et surfaces de pertuis de fond.....	123
Tableau 17- Clé de classification des mesures (CEREMA, 2018)	149
Tableau 18 : Typologie des mesures d'évitement (source : CEREMA, 2018)	150
Tableau 19 : Typologie des mesures de réduction (source : CEREMA, 2018)	150
Tableau 20 : Typologie des mesures d'accompagnement (source : CEREMA, 2018)	151
Tableau 21 : Typologie des mesures de compensation (source : CEREMA, 2018)	152
Tableau 22 : Clé de classification des mesures (CEREMA, 2018).....	166
Tableau 23 : Typologie des mesures d'évitement (source : CEREMA, 2018)	167
Tableau 24 : Typologie des mesures de réduction (source : CEREMA, 2018)	167
Tableau 25 : Synthèse des mesures d'atténuation du projet en faveur de la biodiversité.....	168

Tableau 26 : Typologie des mesures d'accompagnement (source : CEREMA, 2018)	192
Tableau 27 : Classement de l'ouvrage selon décret de mai 2015	197
Tableau 28 : Crues extrêmes de sécurité des barrages	199
Tableau 29 : Crues extrêmes de sécurité de l'ouvrage des Barnières.....	199
Tableau 30 : Hauteur de lame déversante sur l'ouvrage des Barnières par formule théorique du déversoir.....	203
Tableau 31 : Hauteur de lame déversante sur l'ouvrage des Barnières par modélisation hydraulique 2D Infoworks	204
Tableau 32 : Récapitulatif des caractéristiques de l'ouvrage	246
Tableau 33 : Obligations réglementaires de suivi des barrages selon décret de mai 2015 ...	248
Tableau 34 : Visites de surveillance de l'ouvrage des Barnières	250
Tableau 35 : Fréquence des relevés d'auscultation de l'ouvrage des Barnières	251
Tableau 36 : Entretien de l'aménagement des Barnières	260
Tableau 37 : Coefficients multiplicateurs pour le calcul des vents de différentes périodes de retour	276
Tableau 38 : Hauteur significative des vagues (Hs) en fonction de la vitesse du vent (U), de la longueur du fetch de la retenue (F) et de sa profondeur (D).....	279
Tableau 39 : Coefficients relatifs au pourcentage de vagues dépassant de la crête.....	280
Tableau 40 : Valeurs du déferlement relatif R/Hd sur un parement lisse	281
Tableau 41 : Revanche minimale en remblai	282
Tableau 42 : Impact du projet sur le foncier.....	327

Acronymes et abréviations

AVP	Avant-Projet
CACPL	Communauté d'Agglomération de Cannes Pays de Lérins
CFBR	Comité Français des Barrages et Réservoirs
CFGB	Comité Français des Grands Barrages
DDT	Direction Départementale des Territoires
DICT	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
DIG	Déclaration d'Intérêt Général
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DT	Déclaration de Travaux
DUP	Déclaration d'Utilité Publique
EP	Etudes Préliminaires
MNT	Modèle Numérique de Terrain

MOA	Maître d'Ouvrage (CACPL)
MOAD	Maître d'Ouvrage Délégué (SCP)
MOE	Société de Maîtrise d'Oeuvre (EGIS Eau)
OH	Ouvrage Hydraulique
PACA	Provence Alpes Cotes d'Azur
PAPI	Programmes d'Actions de Prévention contre les Inondations
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PNR	Parc Naturel Régional
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPRI	Plan de Prévention du Risque Inondation
PRO	Projet
PSR	Plan de Submersion Rapide
SCP	SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE et d'Aménagement de la Région Provençale
SIG	Système d'Information Géographique
ZEC	Zone d'Expansion de Crue
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZPS	Zone de Protection Spéciale (Réseau Natura 2000)
ZSC	Zone Spéciale de Conservation (Réseau Natura 2000)

1. Cadre et objet de la mission

1.1 Contexte

Le Riou de l'Argentière est un petit fleuve méditerranéen qui prend sa source dans le massif de l'Estérel (83) et dont l'embouchure se situe dans la partie urbaine de la commune de Mandelieu-la-Napoule (06). Comme tous les cours d'eaux méditerranéens, le Riou de l'Argentière est affecté par des crues très rapides et violentes, à l'origine d'inondations sur la partie urbanisée aval.

C'est pourquoi, la commune de Mandelieu-la-Napoule a décidé de réaliser un PAPI sur ce bassin. Le programme complet a été labélisé en juillet 2014.

L'ouvrage de ralentissement dynamique des crues représente la principale action du PAPI. Il correspond aux axes VI (ralentissement des écoulements) et VII (gestion des ouvrages de protection hydraulique) du programme.

1.2 Objectifs

L'ouvrage de ralentissement dynamique des crues projeté doit permettre d'écarter la crue cinquantennale (92 m³/s) sur le site des Barnières (Fréjus / Tanneron (83)), afin que les débordements générés dans les secteurs à enjeux en aval (zones habitées de la commune de Mandelieu-la-Napoule (06) et notamment les quartiers de Minelle et de Bon Puits) ne soient pas plus importants que ceux générés par une crue vingtennale (175 m³/s).

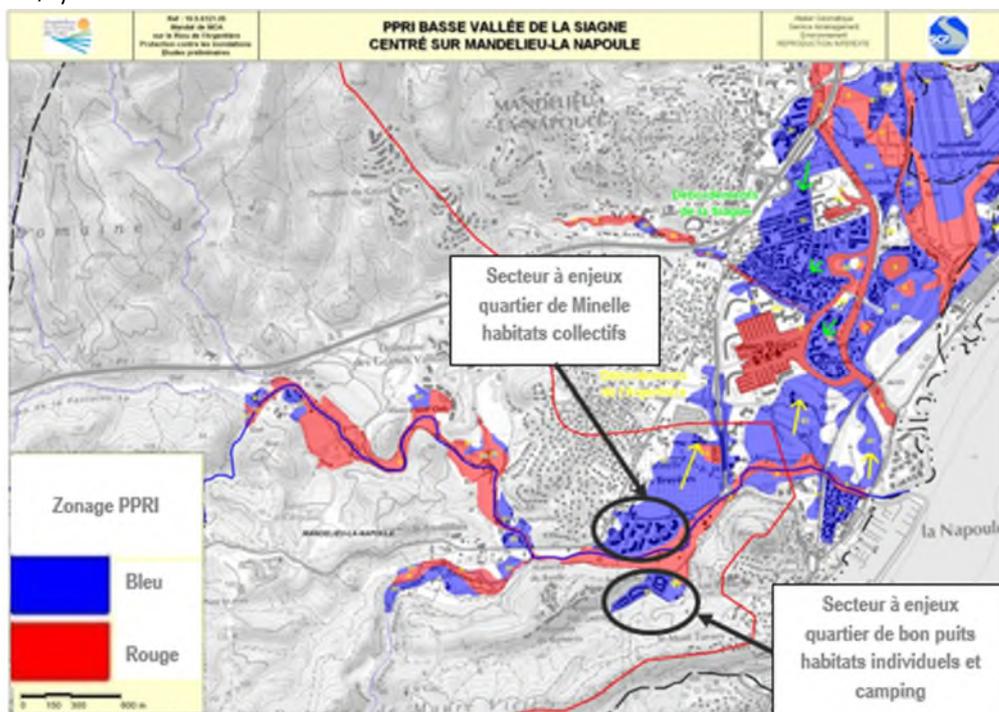


Figure 1 : Carte de localisation du site et des principaux enjeux (Source PPRI Basse Vallée de La Siagne, SCP)

Une étude préliminaire réalisée par la SCP, a défini les principes d'aménagement qui consistent à mobiliser une retenue temporaire d'eau grâce à la création d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues en remblais sur le site des Barnières.

L'ouvrage devra en outre réunir les conditions suivantes :

- écrêter sans déversement une crue cinquantennale (92 m³/s) au droit du site des Barnières,
- être le plus transparent possible pour les crues de période de retour inférieure ou égale à 10 ans (~54 m³/s au droit du site des Barnières),
- ne pas aggraver les niveaux de crue à l'aval pour les périodes de retour supérieures à 50 ans (92 m³/s au droit du site des Barnières),
- ne pas entraîner de submersion préjudiciable au droit de la retenue temporaire,
- Réduire les inondations au niveau des enjeux en aval.

1.3 Cadre de la mission

La Communauté d'Agglomération de Cannes Pays de Lérins (CACPL) assure le portage du PAPI complet du Riou de l'Argentière et de ce fait la Maîtrise d'Ouvrage de la présente mission de Maîtrise d'Oeuvre.

La Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale assure en tant que Maître d'Ouvrage délégué de la CACPL, le pilotage et le suivi des actions du PAPI du Riou de l'Argentière dans lequel s'inscrit la présente mission de maîtrise d'Œuvre.

Le groupement de Maîtrise d'œuvre constitué d'EGIS Eau (mandataire), d'ERG (sous-traitant en charge de la géotechnique), d'Opsia (sous-traitant en charge de la topographie), de Naturalia (sous-traitant en charge du volet naturaliste) et d'Akène (sous-traitant en charge du volet paysage), a été retenu pour réaliser les missions suivantes :

- Tranche ferme :
 - Phase 1 - AVP :
 - Etudes Préliminaires ;
 - Etude et modélisation hydrologique et hydraulique ;
 - Investigations topographiques et géotechniques AVP ;
 - Etudes géotechniques G2 AVP ;
 - Etude de définition du programme de gestion, surveillance et contrôle de l'ouvrage ;
 - Etudes AVP.
 - Phase 2 - Dossiers Règlementaires (DR) :
 - Cas par cas et Etude d'impact si nécessaire ;
 - Dossier Loi sur l'eau, dossier site classé, évaluation des incidences Natura 2000, DUP et servitude de surinondation temporaire ;
 - Etudes de Danger.
 - Phase 3 – PRO (y compris Etudes géotechniques G2 PRO (MC1)).
 - Phase 4 – ACT (y compris mission G2 DCE/ ACT (MC1)).
 - Phase 5 - VISA/ DET/ OPC/ AOR (y compris mission G4 (MC1)).
- Tranches Conditionnelles Dossiers Règlementaires (TC) :
 - TC1 : Dossier de dérogation au statut de protection des espèces (CNPN).

- TC2 : Dossier de mise en compatibilité des documents d'urbanisme.
- TC3 : Dossier d'autorisation de défrichement.
- TC4 : Dossier PSR (*cette tranche ne sera finalement jamais affermée, le dossier de PSR n'étant pas nécessaire pour les ouvrages inclus dans un PAPI labellisé*).

Le dossier AVP - Phase 1 est composé des pièces suivantes :

- Pièce 1 - Note de synthèse AVP ;
- Pièce 2 - Mémoire Technique AVP explicatif et descriptif ;
- Pièce 3 - Calendrier prévisionnel de réalisation des travaux ;
- Pièce 4 – Détail Estimatif AVP ;
- Pièce 5 – Dossier de Plans AVP ;
- Pièce 6 – Dossier des Annexes AVP :
 - Annexe 1 - Rapport d'études préliminaires ;
 - Annexe 2 - Rapport AVP Etude hydrologique ;
 - Annexe 3 - Rapport AVP Etude Hydraulique ;
 - Annexe 4 - Dossier Géotechnique AVP (G2 AVP) ;
 - Annexe 5 - Dossier Topographique AVP (Etat Initial) ;
 - Annexe 6 - Dossier des études d'Avant-Projet Sommaire de la solution variante de type barrage-poids en béton conventionnel, de la solution variante de type barrage sans argile avec géomembrane amont et analyse comparative de ces solutions avec la solution AVP remblais zonés/enrochements.

Le présent document est le Mémoire Technique descriptif et explicatif des études d'Avant-Projet (Pièce n°2 du dossier AVP).

2. Données d'entrée de l'AVP

2.1 Description du site actuel

2.1.1 Situation géographique

La zone d'étude s'étend sur environ 20 ha, du pont amont sur le Riou de l'Argentière du chemin d'accès au lieu-dit les Barnières sur la commune de Tanneron (83), jusqu'au pont aval sur le Riou de l'Argentière. Elle impacte la commune des Adrets-de-l'Estérel (83) à l'Ouest du chemin d'accès au lieu-dit les Barnières, la commune de Tanneron (83) en rive gauche du Riou de l'Argentière, la commune de Fréjus (83) en rive droite du Riou de l'Argentière, et la commune de Mandelieu-la-Napoule (06) sur l'extrémité Est en rive gauche du Riou de l'Argentière.

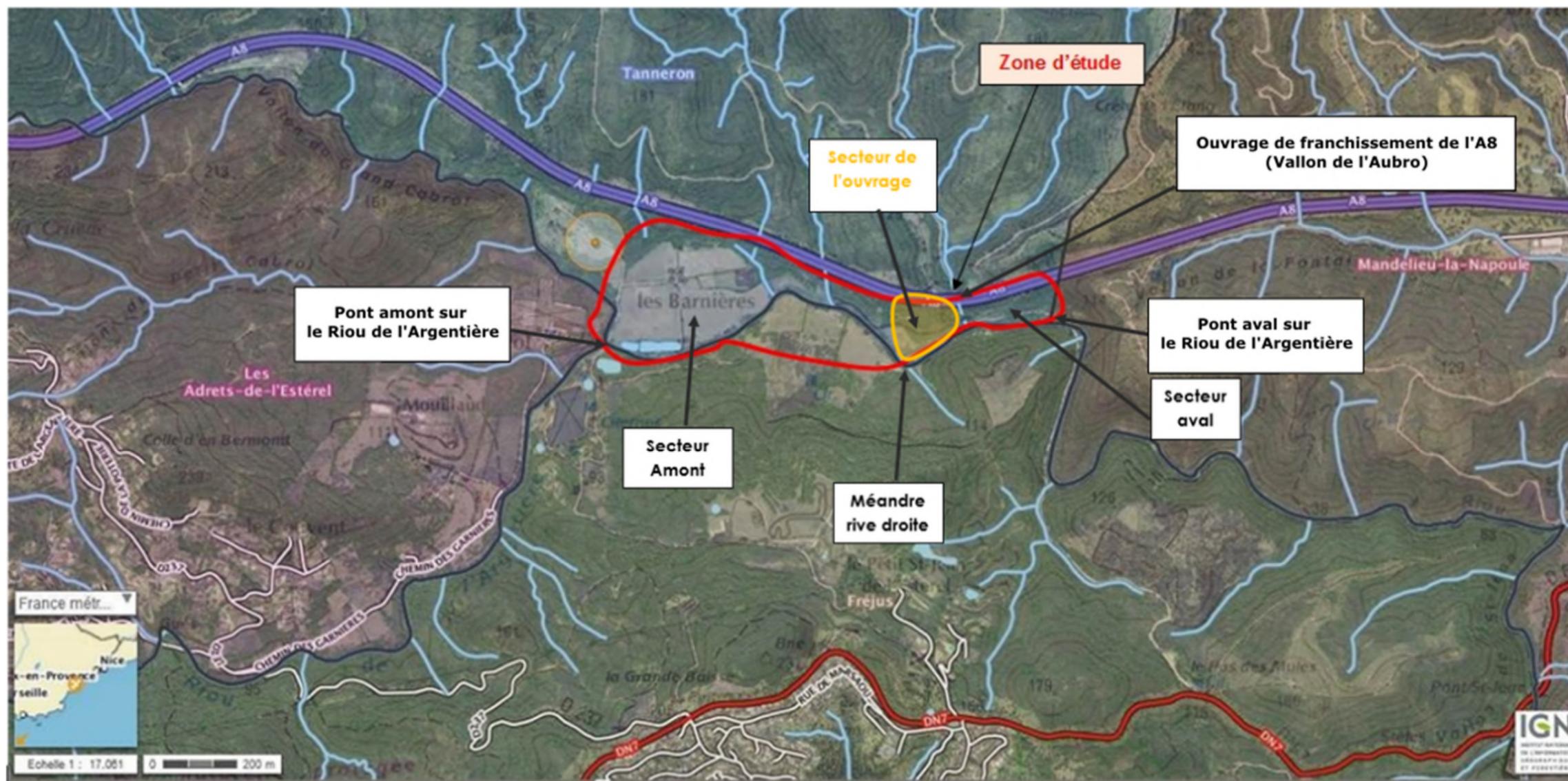


Figure 2 - Carte de localisation de la zone d'étude (Source Géoportail)

Le fuseau d'implantation de l'ouvrage de ralentissement dynamique des crues est situé sur le Riou de l'Argentière dans le verrou naturel à l'amont des gorges, entre le méandre rive droite du Riou de l'Argentière et l'aval de l'ouvrage hydraulique de franchissement routier de l'autoroute A8 (Vallon du Aubro).

2.1.2 Topographie générale du site

Le site de l'ouvrage des Barnières est situé à l'amont de la confluence avec le Vallon de l'Aubro et à l'aval de la plaine des Barnières, où est implanté le centre équestre des Barnières. Dans cette zone, la vallée est resserrée et forme un verrou hydraulique intéressant pour l'implantation de l'ouvrage de ralentissement dynamique. En effet, ce verrou naturel combiné au faible dénivelé du Riou de l'Argentière à l'amont du site (~0,5%), permet pour une faible largeur d'ouvrage (~65 m) et une faible hauteur d'ouvrage (~11,5 m au déversoir) de contenir un grand volume d'eau à l'amont (~0,39 Mm³ pour la RN).

D'un point de vue topographique, au droit du site de l'ouvrage,

- L'altitude de fond du lit du Riou de l'Argentière est de l'ordre de 60 m NGF.
- En rive gauche, la vallée remonte jusqu'à environ 91 m NGF (merlon rocheux de l'autoroute A8).
- En rive droite, la vallée remonte jusqu'à environ 107 m NGF.
- La pente naturelle du Riou de l'Argentière sur le bief amont de l'ouvrage est de l'ordre de 0,5%.
- La pente naturelle du Riou de l'Argentière sur le bief aval de l'ouvrage est de l'ordre de 1%.

2.2 Description des contraintes existantes

2.2.1 Synthèse des contraintes urbanistiques et foncières (PLU, Habitat, activités et enjeux locaux)

2.2.1.1 Généralités :

Éléments de bâtis concernés dans la zone d'étude :

- Centre équestre des Barnières en rive gauche :
 - 6 bâtis (Hors zone d'expansion de crue maximale Q10 000 (315 m³/s) ;
 - 1 autre bâti (remise à proximité de la réserve incendie) non relevé sur le plan topographique dans la zone d'expansion de crue Q1000 (231 m³/s) ;
 - Des box en bois non relevés sur le plan topographique, en limite de la zone d'expansion de crue Q1000 (231 m³/s) et très certainement implantés dans la zone d'expansion de crue maximale Q10 000 (315 m³/s), sous réserve d'absence de constructions complémentaires depuis les inspections visuelles.
- Hors Centre équestre des Barnières en rive gauche : Aucun bâti n'est présent.
- Méandre Nord en rive droite, 4 bâtis dans la zone d'expansion de crue Q1000 (231 m³/s) :
 - Un bâti habité sur la parcelle CR510 ;
 - Trois bâtis non habités sur la parcelle CR512 (entrepôts, box à chevaux).

Usages et Règlements d'eau : Pas d'information à ce stade, mais pas d'impact prévisible sur le projet. Des droits d'eau sur le Riou de l'Argentière sont susceptibles d'exister pour le centre équestre en rive gauche et les bâtis en rive droite. Un droit d'eau pompier doit exister au vue de la signalisation visible sur site au niveau de la réserve d'incendie, présente sur la parcelle I127 et alimentée par pompage dans le Riou de l'argentière.

La carte d'occupation des sols présente dans l'extrait du PAPI met en évidence :

- Des zones principalement agricoles en vert (élevage, chevaux,...) entourées de forêts en violet.
- Quelques zones de friches, prairies, végétation clairsemée, zones débroussaillées ou incendiées en jaune.

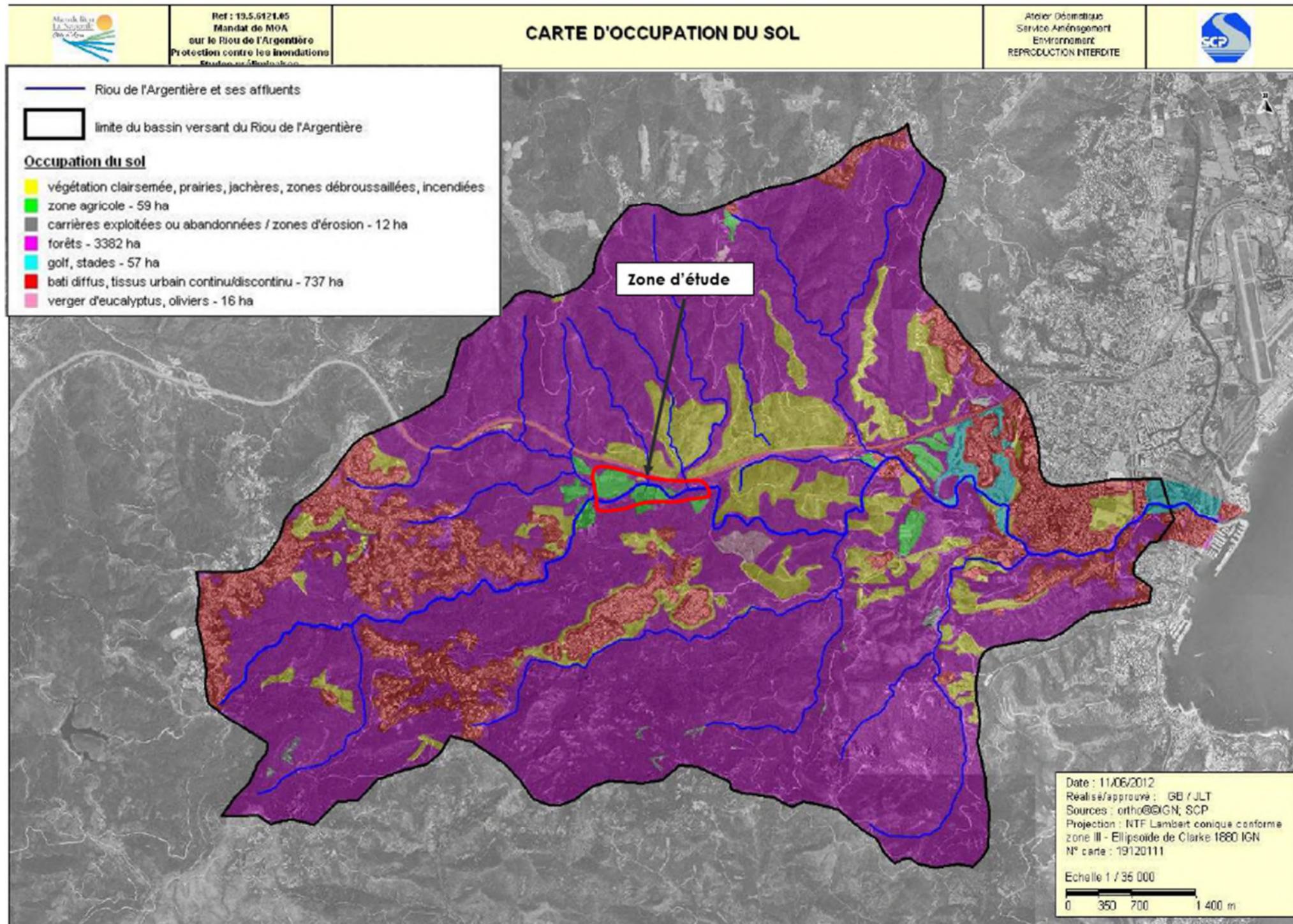


Figure 3 - Carte d'occupation des sols (Source : PAPI sur le Riou de l'argentière – Note d'analyse environnementale)

L'établissement d'une DUP devra permettre d'acquérir le foncier nécessaire à la réalisation des ouvrages définitifs et des zones d'emprunts éventuelles (si situées sur le site). L'acquisition des zones d'emprunt de matériaux située sur le site est obligatoire, afin d'éviter des problèmes ultérieurs avec les propriétaires dans la gestion financière du chantier (risque de remise en cause du prix de vente des matériaux d'emprunt en cours de chantier non maîtrisable).

Une demande d'autorisation d'occupation temporaire des terrains nécessaires à l'exécution des travaux (y compris ouvrages provisoires, accès, pistes, zones de stockage,...) devra être réalisée par le Maître d'Ouvrage. Cette procédure :

- Découlera sur un arrêté préfectoral ;
- Interviendra lorsqu'aucun accord à l'amiable n'aura pu être trouvé avec les propriétaires des terrains ;
- Est prévue par la loi du 29 décembre 1892 sur "Les dommages causés à la propriété privée par l'exécution de travaux publics" ;
- Est une autorisation qui n'est pas subordonnée à enquête publique préalable.

Nota : La présente analyse des contraintes a été réalisée lors de visites du site de la phase 1 AVP. Le site étant en perpétuelle évolution au niveau du centre équestre (nombreux aménagements constatés : carrières, déplacement de box,...) De possibles évolutions sont à redouter avant le démarrage des travaux.

2.2.1.2 Documents d'urbanisme et servitudes

La commune de Tanneron ne dispose pas de Plan Local d'urbanisme (PLU) en vigueur

Le PLU de Fréjus a été approuvé par délibération du Conseil municipal lors de la séance du 4 juillet 2019. Une mise en compatibilité du PLU de Fréjus est réalisée dans le cadre du projet. Elle implique notamment le déclassement des Espaces Boisés Classés (EBC) dans l'emprise du futur ouvrage située rive gauche du Riou. La superficie soustraite aux EBC est de 4540 m². Les EBC couvrent sur plus de 1000 ha la partie nord du territoire de Fréjus appartenant au massif de l'Estérel. L'effet du projet sur les EBC à l'échelle de la commune est donc très faible.

La zone de projet (ouvrage et ZEC) n'est pas grevée de servitudes.

2.2.1.3 Risques naturels

2.2.1.3.1 Inondation

Le plan de prévention des risques inondation (PPRI) de Fréjus, pour l'Argens et la Vernède, a été approuvé le 1er mars 2012. La zone de projet est située en dehors du zonage du PPRI de Fréjus. La commune de Tanneron ne dispose pas de PPRI. D'après le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs dans le Var, la zone d'étude est située en dehors des zones inondables cartographiées par l'atlas des zones inondables IPSEAU 2005-2007. A l'aval du projet sur le bassin versant du Riou, le PPRI de la commune de Mandelieu-la-Npoule fait l'objet d'une porter à connaissance en date du 12 mars 2020.

2.2.1.3.2 Feu de forêt

Le plan de prévention des risques incendies de forêt (PPRIF) de Fréjus a été approuvé le 12 avril 2012. Celui de Tanneron a été approuvé par anticipation suite à l'arrêté du 6 août 20141.

La zone de projet est concernée par les zonages suivants (voir figure suivante) :

- Zone R (rouge) : il s'agit de zones correspondant à un niveau d'aléa moyen à très élevé ne présentant pas d'enjeux particuliers, mais aussi zones non directement exposées au risque où certaines occupations ou utilisations du sol pourraient aggraver celui-ci ou en créer de nouveaux. Les phénomènes peuvent y atteindre une grande ampleur au regard des conditions d'occupation et les contraintes de lutte y sont également importantes. En règle générale, ces zones sont inconstructibles.
- Zone EN'1 (orange)
- Zone EN2 (bleu)

Les dispositions applicables à ces zones autorisent non seulement les infrastructures et installations publiques sans occupation humaine permanente, mais l'aménagement de plans d'eau et de retenues collinaires.

En matière de gestion de ce risque incendie, les prescriptions de l'arrêté préfectoral du Var du 19 juin 2018 et celles de l'arrêté préfectoral du 16 mai 2013 relatif à l'emploi du feu, devront être respectées.

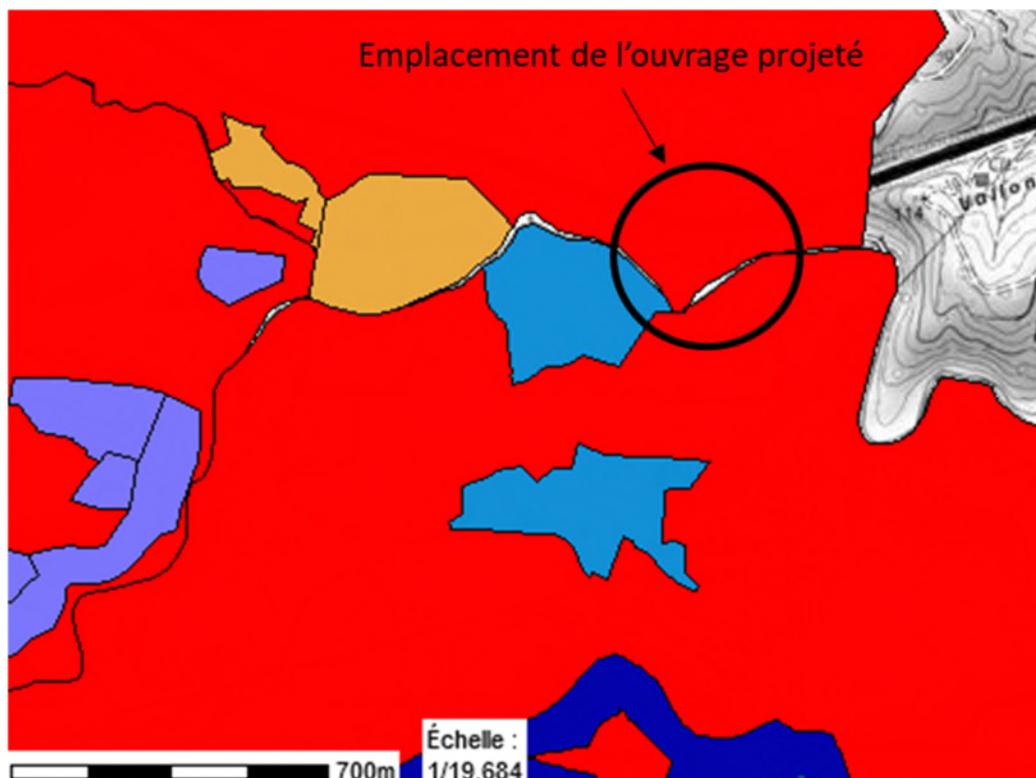


Figure 4 : Zonage du PPRIF sur la zone d'étude

Source : <http://carto.geo-ide.application.developpement-durable.gouv.fr/>

¹ http://statique.sigvar.org/virtual/1/lots/avancement_PPRIF_NOV2018.pdf [en ligne, consulté le 04/12/2019]

2.2.1.3.3 Mouvement de terrain

Les communes de Fréjus et Tanneron ne font pas l'objet d'un plan de prévention du risque mouvement de terrain². D'après le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs dans le Var, la zone d'étude est cependant située sur des communes soumises à mouvement de terrain (aléa retrait-gonflement des argiles et autres phénomènes naturels). La zone d'étude n'est pas identifiée comme étant sensible aux mouvements de terrain dans le DICRIM de la commune de Fréjus.

2.2.1.3.4 Séisme

D'après le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs dans le Var, la zone d'étude est concernée par un risque de séisme et est située en zone 1a, présentant un risque de sismicité très faible (risque de secousses légères, susceptibles de déplacer de petits objets). Les règles de construction parasismique s'appliquent.

2.2.1.3.5 Risques technologiques

Les communes de Fréjus et Tanneron sur lesquelles se situent le projet ne sont concernées par aucun plan de prévention des risques technologiques (PPRT).

D'après le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs dans le Var, les communes de Fréjus et Tanneron sont concernées par les risques technologiques liés à la présence de barrage et au transport de matières dangereuses.

Le projet se situe à une cinquantaine de mètres au sud de l'A8, en contre bas de celle-ci. Le projet est donc potentiellement concerné par les risques technologiques liés au transport de matières dangereuses sur l'A8.

2.2.1.4 Périmètres et espaces remarquables

2.2.1.4.1 Site classé de l'Estérel

L'Estérel a été classé au titre des sites par décret du 03 janvier 1996.

Le projet se situe dans le site classé, au pied de l'A8, dans un secteur naturel et agreste, relativement isolé, à l'opposé de la façade maritime ou des sommets fréquentés par le grand public.

² http://statique.sigvar.org/virtual/1/lots/Avancement_PPR_mv1_FEVRIER_2015.pdf [consulté le 04/12/2019]

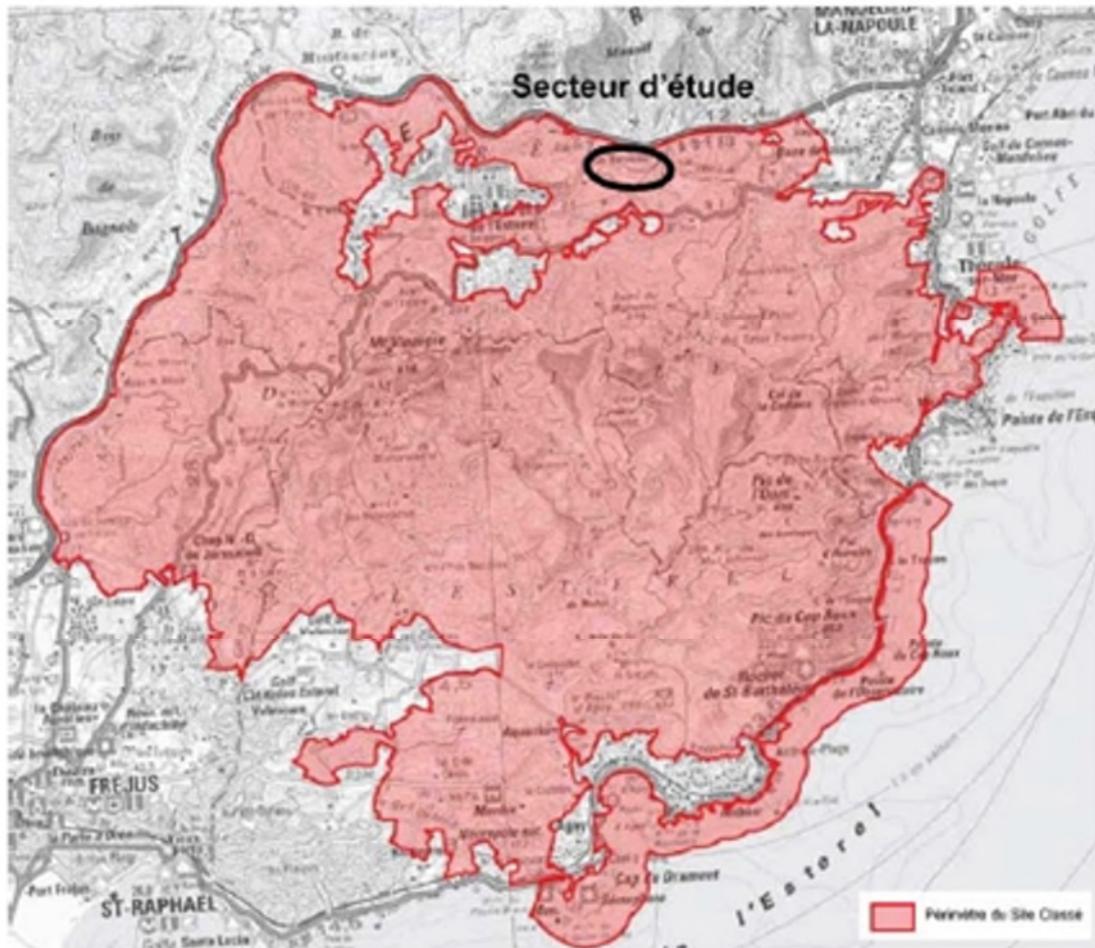


Figure 5 : Périmètre de classement de l'Estérel et repérage du secteur d'étude (source site classé DREAL PACA)

2.2.1.4.2 Périmètres « milieu naturel »

2.2.1.4.2.1 Périmètres d'intérêt écologique

Le tableau ci-après recense tous les périmètres d'intérêt écologique incluant l'aire d'étude ou situés à proximité immédiate (moins de 2 km).

Tableau 1 : Récapitulatif des périmètres d'inventaires et de protection incluant l'aire d'étude principale ou se trouvant à proximité

Statut du périmètre	Dénomination	Code	Superficie (ha)	Distance à l'aire d'étude (m)
Périmètres sur ou recoupant la zone d'étude principale				
PNA Tortue d'Hermann (sensibilité très faible)	-	-	20493,32	-
Périmètres à proximité de l'aire d'étude principale (dans un rayon de 2 km)				
ENS 06	Parc naturel départemental de L'Estérel	1	765,25	1854

Statut du périmètre	Dénomination	Code	Superficie (ha)	Distance à l'aire d'étude (m)
ENS 83	Domaine de Saint Jean de l'Est	061P18	386,31	493
Terrains du Conservatoire du littoral	Massif de l'Estérel	393	968	1022
ZSC	Estérel	FR9301628	15088,12	5
ZNIEFF Terre I	Vallons des trois termes, de maure vieille et de la gabre du poirier	83189128	450,31	193
	Vallons des trois termes, de maure vieille et de la gabre du poirier	06101114	419,77	924
	Suvières	83189130	235,2	1187
ZNIEFF Terre II	Esterel	83189100	8184,31	5
	Esterel	06101100	1414,97	924
Zone humide (PACA)	Le Riou de l'Argentière	06CEN225	19,6	586
	Mares à Isoètes de Barbossi	06CEN270	1,15	812
	Plan d'eau de Maure-Vieil	06CEN300	0,09	1789
	Mares à Isoètes Le Tremblant	06CEN279	2,15	1984
Réserve Biologique dirigée (ONF)	Suvières (De)	FR2300047	129,99	1834

La zone d'étude n'intercepte qu'un seul périmètre d'intérêt écologique : le Plan National d'Actions Tortue d'Hermann. Toutefois, elle se situe dans la partie « sensibilité très faible ».

La zone d'étude se situe à proximité (moins de 2 km) de quatorze autres périmètres d'intérêts écologique, dont un site Natura 2000 : la ZSC « Estérel » FR9301628. Compte tenu de cette proximité, la réalisation d'une évaluation des incidences Natura 2000 apparaît nécessaire. Toutefois, le projet étant soumis à Autorisation au titre de la loi sur l'eau et à Autorisation site classé une évaluation des incidences Natura 2000 est requise vis-à-vis du site le plus proche.

2.2.1.4.2.2 Périmètres d'inventaires

Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF)

Cet inventaire national, établi à l'initiative et sous le contrôle du Ministère chargé de l'Environnement, constitue un outil de connaissance du patrimoine naturel de la France. Les ZNIEFF correspondent à une portion de territoire particulièrement intéressante sur le plan écologique, participant au maintien des grands équilibres naturels ou constituant le milieu de vie d'espèces animales et végétales rares, caractéristiques du patrimoine naturel régional. Elles indiquent la présence d'habitats naturels et identifient les espèces remarquables ou protégées par la loi. Il existe deux types de ZNIEFF :

- **Les ZNIEFF de type I** sont des secteurs de superficie limitée, caractérisés par la présence d'espèces, d'association d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional.
- **Les ZNIEFF de type II** sont de vastes ensembles naturels riches et peu modifiés par l'Homme, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes. Les zones de type II peuvent inclure une ou plusieurs zones de type I.

D'après le porter à connaissance de la DREAL PACA, l'aire d'étude principale se situe à moins de 2 km de trois ZNIEFF Terrestre de type I et de deux ZNIEFF Terrestre de type II.

Zones humides

Les zones humides (ZH) constituent des parties du territoire faisant l'objet d'une protection particulière, prévue par les droits de l'environnement et de l'urbanisme. Le Code de l'Environnement (art. L. 211-1) définit les ZH ainsi : « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

Les zones humides présentent un intérêt écologique particulièrement important. Elles sont une zone de transition entre les milieux terrestre et aquatique et abritent des espèces à fortes valeurs patrimoniales.

D'après le porter à connaissance des départements concernés, l'aire d'étude principale se situe à moins de 2 km de quatre zones humides.

2.2.1.4.2.3 Périmètres contractuels

Périmètres du réseau Natura 2000

La réglementation européenne repose essentiellement sur le Réseau Natura 2000 qui regroupe la Directive Oiseaux (du 2 avril 1979) et la Directive Habitats-Faune-Flore (du 21 mai 1992), transposées en droit français. Leur but est de préserver, maintenir ou rétablir, dans un état de conservation favorable, des habitats naturels et des espèces de faune et de flore sauvages d'intérêt communautaire.

Zone Spéciale de Conservation (ZSC) / Site d'Importance Communautaire (SIC)

La Directive Habitats-Faune-Flore (CE 79/43) concerne le reste de la faune et de la flore. Elle repose sur une prise en compte non seulement d'espèces mais également de milieux naturels (les « habitats naturels », les éléments de paysage qui, de par leur structure linéaire et continue ou leur rôle de relais, sont essentiels à la migration, à la distribution géographique et à l'échange génétique d'espèces sauvages.), dont une liste figure en annexe I de la Directive. Suite à la proposition de Site d'Importance Communautaire (pSIC) transmise par la France à l'U.E., elle conduit à l'établissement des Sites d'Importance Communautaire (SIC) qui permettent la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC).

D'après le porter à connaissance de la DREAL PACA, l'aire d'étude principale se situe à moins de 2 km d'une Zone Spéciale de Conservation : la ZSC FR9301628 « Estérel ».

Espace Naturel Sensible

Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) ont pour objectif de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues et d'assurer la

sauvegarde des habitats naturels ; mais également d'aménager ces espaces pour être ouverts au public, sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel.

D'après le porter à connaissance de la DREAL PACA, l'aire d'étude principale se situe à moins de 2 km d'un ENS situé dans les Alpes Maritimes : Parc naturel départemental de l'Estérel ; et d'un ENS situé dans le Var : Domaine de Saint Jean de l'Est.

Terrains du Conservatoire du Littoral

La mission du conservatoire du littoral consiste à assurer la protection de sites remarquables d'un point de vue paysager et écologique via la maîtrise foncière. Il en confie ensuite la gestion en priorité aux collectivités territoriales. A ce jour, plus de 153 000 hectares sont protégés par ce biais.

D'après le porter à connaissance de la DREAL PACA, l'aire d'étude principale se situe à moins de 2 km d'un terrain du Conservatoire du Littoral : le Massif de l'Estérel.

Plan National d'Actions

Les plans nationaux d'actions sont des documents d'orientation non opposables visant à définir les actions nécessaires à la conservation et à la restauration des espèces les plus menacées afin de s'assurer de leur bon état de conservation. Ils répondent ainsi aux exigences des directives européennes dites « Oiseaux » (79/409/CEE du 2 avril 1979) et « Habitat, Faune, Flore » (92/43/CE du 21 mai 1992) qui engagent au maintien et/ou à la restauration des espèces d'intérêt communautaire dans un bon état de conservation.

Cet outil de protection de la biodiversité, mis en œuvre depuis une quinzaine d'année et renforcé à la suite du Grenelle Environnement, est basé sur 3 axes : la connaissance, la conservation et la sensibilisation. Ainsi, ils visent à organiser un suivi cohérent des populations de l'espèce ou des espèces concernées, à mettre en œuvre des actions coordonnées favorables à la restauration de ces espèces ou de leur habitat, à informer les acteurs concernés et le public et à faciliter l'intégration de la protection des espèces dans les activités humaines et dans les politiques publiques.

Chaque plan est construit en trois parties. La première fait la synthèse des acquis sur le sujet (contraintes biologiques et écologiques propres à l'espèce, causes du déclin et actions déjà conduites) tandis que la deuxième partie décrit les besoins et enjeux de la conservation de l'espèce et la définition d'une stratégie à long terme. Enfin, la troisième partie précise les objectifs à atteindre, les actions de conservation à mener et les modalités organisationnelles de l'application du plan.

Un plan national d'action est habituellement mis en œuvre pour une durée de 5 ans.

D'après le porter à connaissance de la DREAL PACA, l'aire d'étude principale s'inscrit au sein du Plan National d'Actions de la Tortue d'Hermann, dans le périmètre « absence ».

2.2.1.4.2.4 Périmètres réglementaires

Réserve biologique dirigée (ONF)

Une réserve biologique dirigée (ou intégrale) fait partie des espaces naturels protégés qui sont des zones désignées ou gérées dans un cadre international, communautaire, national ou local en vue d'atteindre des objectifs spécifiques de conservation du patrimoine naturel.

Une réserve biologique dirigée est un espace protégé en milieu forestier, ou en milieu associé à la forêt, dans lequel une gestion conservatoire visant la protection d'espèces et d'habitats remarquables ou menacés est mise en place.

D'après le porter à connaissance de la DREAL PACA, l'aire d'étude principale se situe à moins de 2 km d'une Réserve biologique dirigée : Suivières (De).



Figure 7 : Localisation des périmètres contractuels sur et à proximité de l'aire d'étude

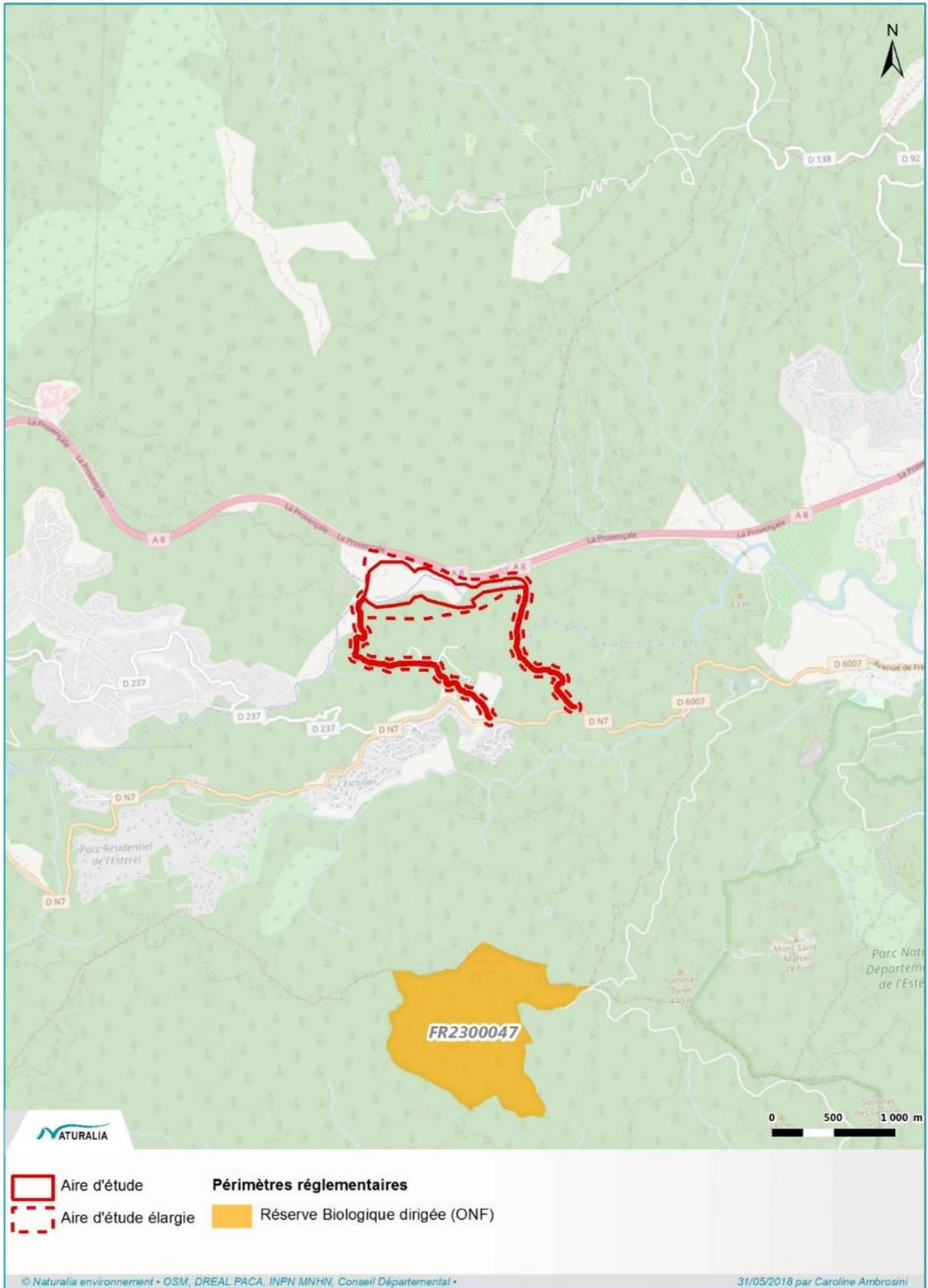


Figure 8 : Localisation des périmètres réglementaires sur et à proximité de l'aire d'étude

2.2.2 Synthèse des contraintes d'accès

2 accès au site sont envisageables :

Accès chantier Ouest envisageable	Accès chantier Est envisageable
<p>Un accès Ouest est envisageable via la RD7 entre Mandelieu-la-Napoule et Fréjus, à partir du chemin traversant la propriété privée le Petit Saint-Jean de l'Esterel jusqu'au centre équestre des Barnières (~1,9 km de la RD7 au pont des Barnières). A partir du centre équestre des Barnières, une piste existante (en terre) en rive gauche permet d'accéder au droit de la zone de l'ouvrage de ralentissement des crues (~1,1 km du pont des Barnières à l'ouvrage de traversée de l'autoroute).</p> <p>Ce chemin présente de nombreux passages étroits (sans possibilité de croisement), une structure en mauvais état et il longe de nombreuses habitations privées avec clôtures parfois dans un état très précaire (murs fissurés). Cet accès est susceptible de nécessiter la reprise du pont amont du Riou de l'Argentière.</p>	<p>Un accès Est est envisageable via la RD7, à partir du chemin (en GNT/terre) traversant des propriétés privées, depuis la citerne du Pas des Mules. Ce chemin (~1,4 km de la RD7 jusqu'au pont aval de la zone d'étude) permet d'accéder à des pistes existantes en terre menant au droit de la zone de l'ouvrage de ralentissement des crues en rive droite (~350 m) et gauche (~350 m) du Riou de l'Argentière. La piste en rive gauche permet également de rejoindre le centre équestre des Barnières. Ce chemin est référencé comme piste DFCI (H13 les insignières / H15 Crête de l'Etang) de la RD7 au vallon de l'Aubro.</p> <p>Ce chemin présente plusieurs passages en forte pente, peu de zones de croisement, cependant il présente l'avantage de ne pas longer d'habitations. Sa structure dégradée et endommagée par le ruissellement et la crue du Riou de l'Argentière a été renforcée par des travaux récents (réalisés par un tiers indépendamment du maître d'ouvrage). Cet accès est susceptible de nécessiter la reprise du pont aval du Riou de l'Argentière. Cette piste est concernée par 3 affluents du Riou de l'Argentière : L'affluent le plus en aval est un fossé (à sec la plupart du temps) dont l'exutoire est la piste qu'il traverse par surverse sans ouvrage particulier jusqu'au Riou de l'Argentière. Il s'agit donc d'un franchissement d'affluent de type passage à gué. Les 2 affluents du Petit -Saint-Jean-de-l'Esterel (les plus en amont) se rejoignent dans un fossé longeant la piste jusqu'à la traversée de la piste via un ouvrage busé en remblais (2 buses de faibles diamètres). Lors d'une visite de juillet 2019, cet ouvrage busé et son amont immédiat ont été constatés remplis de matériaux (dépôt réalisé par un tiers indépendamment du Maître d'ouvrage). Une forte zone d'érosion par surverse pluviale (y compris déchaussement de l'ancrage aval rive gauche du mur a été constatée sur ce passage busé coté aval. Une reprise de cet ouvrage busé est à prévoir dans le cadre des travaux.</p> <p>Une servitude de passage devra être obtenue par le Maître d'Ouvrage pour pouvoir utiliser cette piste d'accès en phase de travaux et d'exploitation.</p>

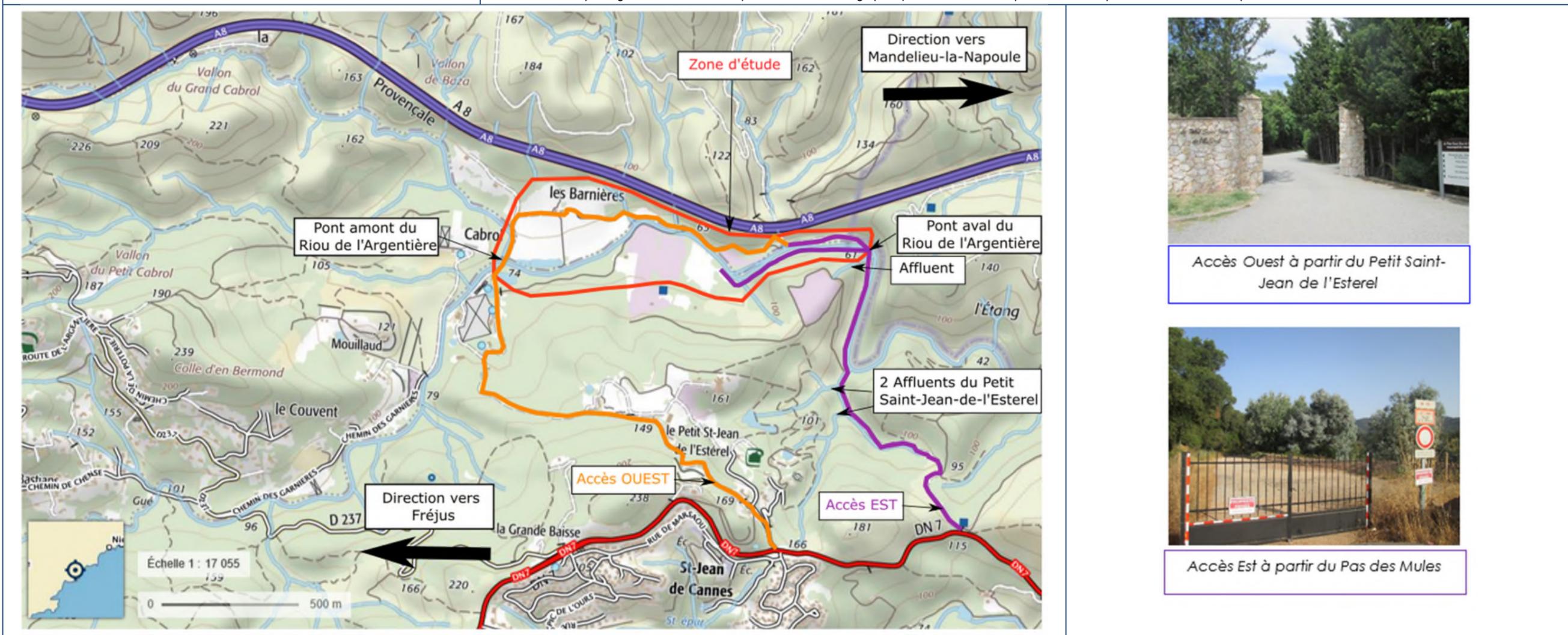


Figure 9 – Localisation des accès au site sur carte IGN (Source géoportail)

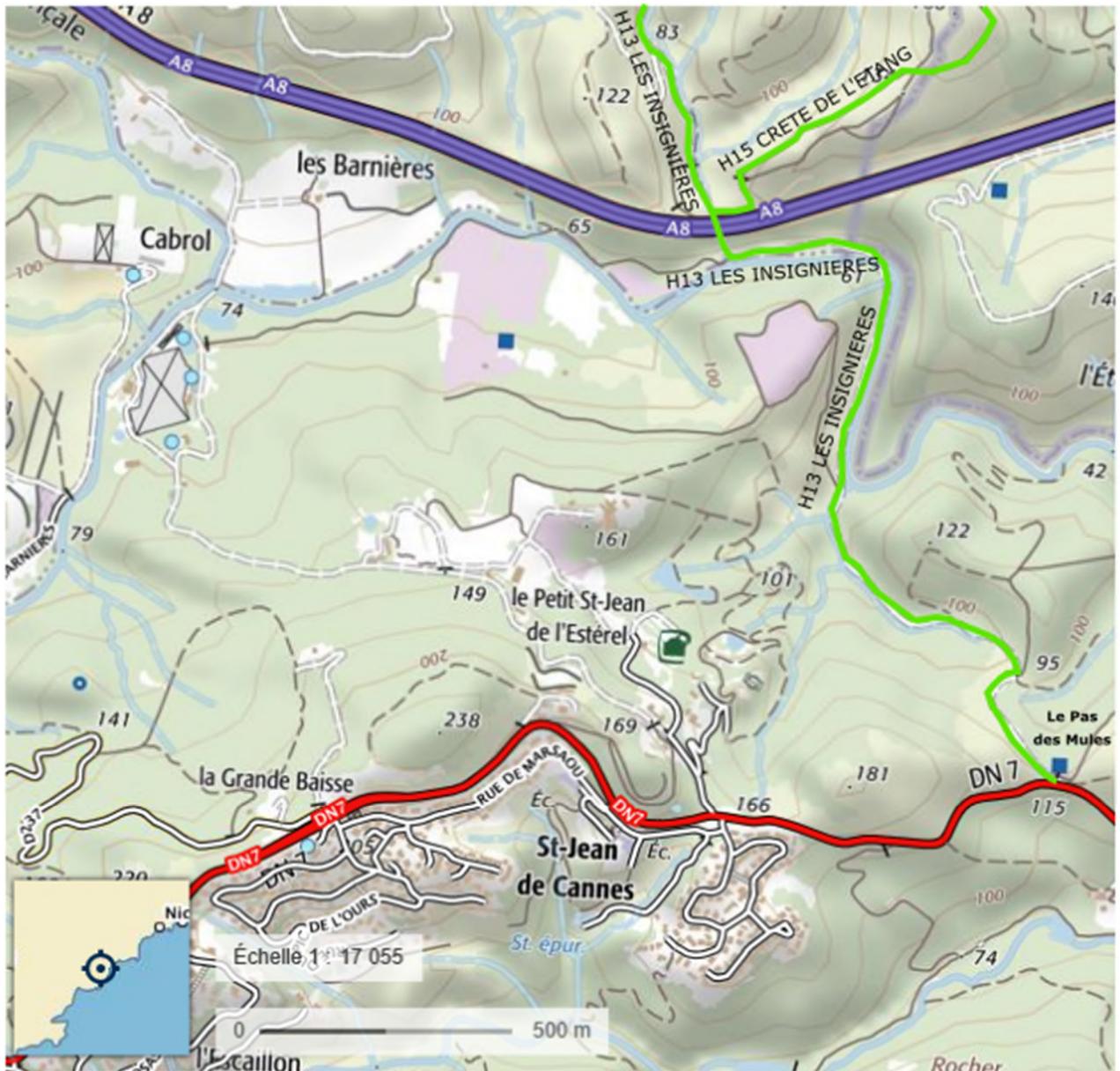


Figure 10 – Localisation des pistes DFCI de l'accès EST au site sur carte IGN (Source géoportail/ SDIS 83)

2.2.3 Synthèse des contraintes de réseaux

Le détail de l'analyse des contraintes réseaux menée dans le cadre de la présente mission est consigné dans le rapport d'étude préliminaire (Egis Eau, 2016) (cf. annexe du dossier AVP).

Après relance des déclarations de travaux (DT) le long du Riou de l'Argentière, sur la zone d'étude du site des Barnières, l'intégralité des concessionnaires a répondu aux DT :

- Les concessionnaires non concernés par le projet sont : ENEDIS 06, Mairie Mandelieu La Napoule, VEOLIA Eau, Numéricable, CG83, ILIAD, SCP.
- **Les concessionnaires concernés par le projet sont : ESCOTA, ENEDIS 83, Orange, Ville de Fréjus, Mairie de Tanneron, Mairie des Adrets-de-l'Estérel :**

Réseaux secs :	Constat :	Actions :
ENEDIS 83 :	Présence de réseaux BT Aérien interférant avec la retenue d'eau temporaire :	Pas de dévoiement nécessaire.
	Selon la topographie disponible, les poteaux situés dans l'emprise de la ZEC (71,5 m NGF) Q50 (92 m ³ /s) devraient présenter des TN ne descendant pas en dessous de 67 m NGF. Ces poteaux seront donc soumis à une hauteur d'eau pour la Q50, de l'ordre de 5 m. Les lignes aériennes BT semblent donc hors d'eau pour la Q50. Les poteaux sont par ailleurs situés en amont du verrou naturel et donc hors zone de contraction significative de l'écoulement. Les contraintes hydrauliques devraient donc rester faibles dans la zone d'implantation des poteaux.	
	Présence de réseaux HTA Aérien dans la zone aval de l'ouvrage, en aval de l'ouvrage de franchissement de l'A8 (Vallon de l'Aubro), mais n'interférant pas avec l'ouvrage.	Pas de dévoiement nécessaire.
	Présence de réseaux HTA souterrain (3x1x150Al) dans la zone aval de l'ouvrage, en aval de l'ouvrage de franchissement de l'A8 (de l'Aubro), mais n'interférant pas avec l'ouvrage.	Pas de dévoiement nécessaire
Orange :	Pas d'interférence avec le projet selon les plans du concessionnaire	Pas de dévoiement nécessaire
ESCOTA réseaux secs	Pas d'interférence avec le projet selon les plans du concessionnaire	Pas de dévoiement nécessaire

Réseaux humides :	Constat :	Actions :
ESCOTA (pluvial)	Pas d'interférence avec le projet selon les plans du concessionnaire	Pas de dévoiement nécessaire
Pluvial	L'ouvrage de traversée de l'autoroute (A8) sert d'exutoire pluvial au Vallon de l'Aubro.	Pas de dévoiement nécessaire. Le maintien et la continuité de cet exutoire devra être assuré en phase travaux et après les travaux.

Autres réseaux:	Constat :	Actions :
Ville de Fréjus	Concernés par la demande de DT, mais pas de plan de localisation de leurs ouvrages fournis. Après relance des concessionnaires, il a été confirmé l'absence d'ouvrage dans l'emprise du projet. <i>La mairie des Adrets-de-l'Estérel a confirmé la présence de 2 buses pluviales au niveau du pont des Barnières du centre équestre.</i>	Pas de dévoiement nécessaire
Mairie de Tanneron		
Mairie de Mandelieu la Napoule		
Mairie des Adrets-de-l'Estérel		

Réseaux Privés :	Constat :	Actions :
AEP /Eaux brutes	Une installation de Pompage est présente à proximité de la réserve d'eau d'incendie au Sud-Ouest du centre équestre. 2 regards bétons sont également présents sur site. Cette installation munie d'ouvrages béton non étanches interfère uniquement avec la retenue d'eau temporaire (ZEC).	Pas de dévoiement nécessaire.
Assainissement non collectif :	Une fosse septique est présente à proximité immédiate du seul bâti habitable du centre équestre hors ZEC Q1000 (231 m ³ /s) (confirmée par enquête de terrain).	Pas de dévoiement nécessaire.
Réseaux électriques :	Des réseaux électriques privés souterrains BT sont probablement présents dans la zone du centre équestre / réserves incendies notamment pour alimenter le dispositif de pompage observé sur site. Ces réseaux interfèrent uniquement avec la retenue d'eau temporaire (ZEC).	Pas de dévoiement nécessaire.
Réseaux télécom :	Un réseau télécom aérien présent en bordure de la piste existante rive gauche et reliant la parcelle CR512 en rive droite, à l'accès Est, interfère avec la retenue temporaire d'eau (ZEC) et l'ouvrage lui-même. Selon l'enquête de terrain menée auprès des riverains, ce réseau télécom aérien traverse le Riou de l'Argentière au niveau de l'entrepôt à chevaux situé en rive droite (Parcelle CR512), alimente ce riveain, puis quelques riverains en amont en rive droite du Riou de l'Argentière. Selon les riverains, Orange est le propriétaire de la ligne (malgré l'absence de ce réseau sur les plans fournis par Orange)	Hors zone des gorges, en rive droite, pas de dévoiement nécessaire. Dans la zone des gorges, des travaux de dévoiement et d'adaptation (ouvrage traversant /franchissement) seront nécessaires (mise en souterrain ou maillage en aérien hors emprise ZEC Q1000 (231 m³/s)).
	Des réseaux télécom privés souterrains sont probablement présents dans la zone du centre équestre / réserves incendies.	Pas de dévoiement nécessaire.

Conclusion : Seul le réseau télécom aérien situé en bordure de piste rive gauche sur site interfère avec l'ouvrage et doit faire l'objet de dévoiement.

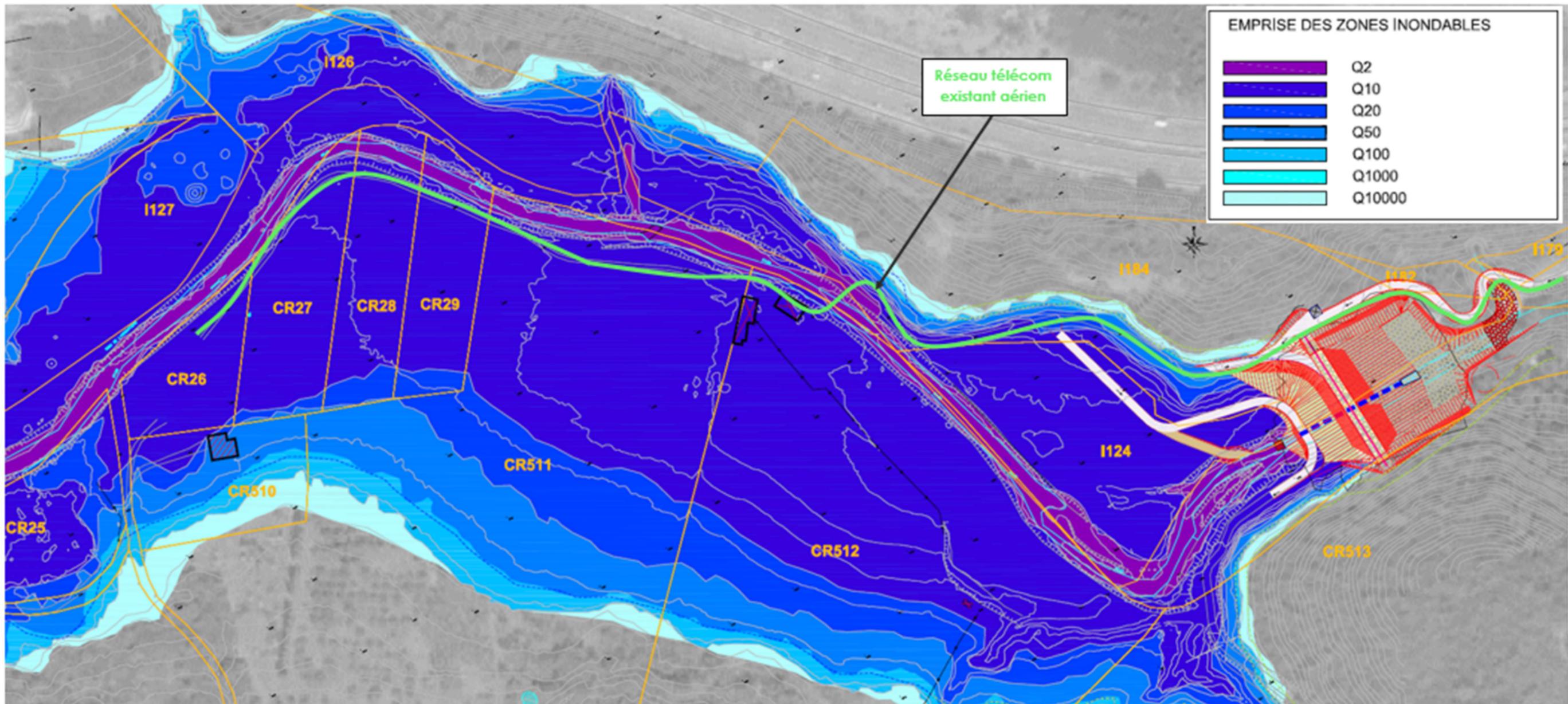


Figure 11 – Plan de principe de localisation du réseau télécom aérien existant sur fond de plan n°2 de l'AVP

2.2.4 Synthèse des enjeux environnementaux

Le détail des enjeux écologiques et cadres réglementaires associés est consigné dans le dossier d'autorisation unique (cf. rapport volet biodiversité des dossiers réglementaires). La zone d'étude est située hors Natura 2000 :

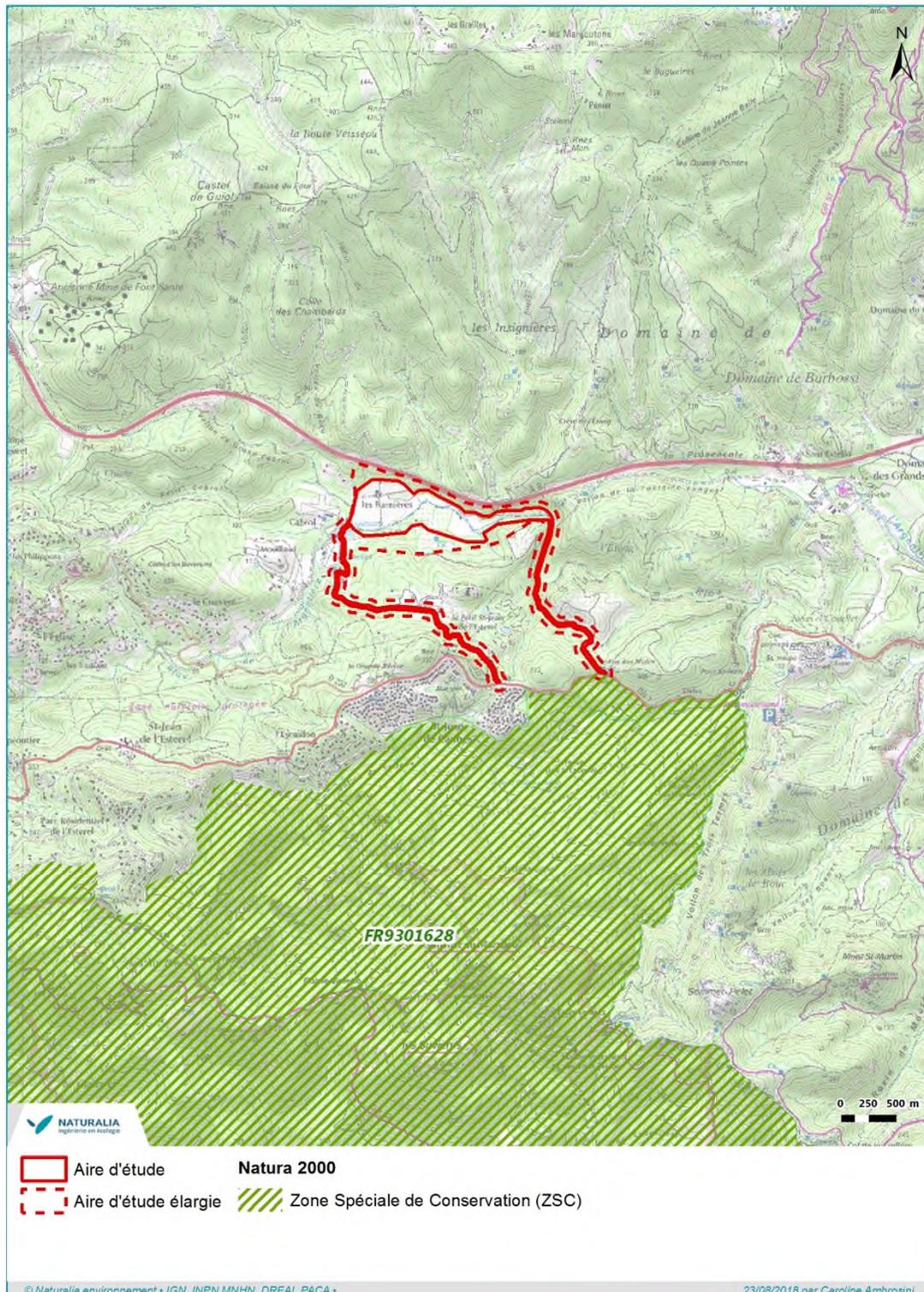


Figure 12 – Emprise des zones Natura 2000 sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)

L'aire d'étude élargie du projet du PAPI au niveau du site des Barnières sur la commune de Tanneron présente une richesse écologique avérée en raison notamment de la présence de **nombreux périmètres d'intérêt écologique** situés à proximité immédiate du site d'étude (moins de 2 km) :

- **3 ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) de type I,**
- **2 ZNIEFF de type II,**
- **1 ZSC (Zone Spéciale de Conservation de la Directive Habitats Faune Flore),**
- **2 ENS (Espaces Naturels Sensibles),**
- **1 Terrain du Conservatoire du littoral,**
- **4 zones humides (inventaire du département),**
- **1 Réserve Biologique Dirigée (ONF),**
- **1 Plan National d'Action (PNA Tortue d'Hermann Sensibilité très faible).**

Ces périmètres d'intérêt écologique sont présentés dans les cartes ci-après.

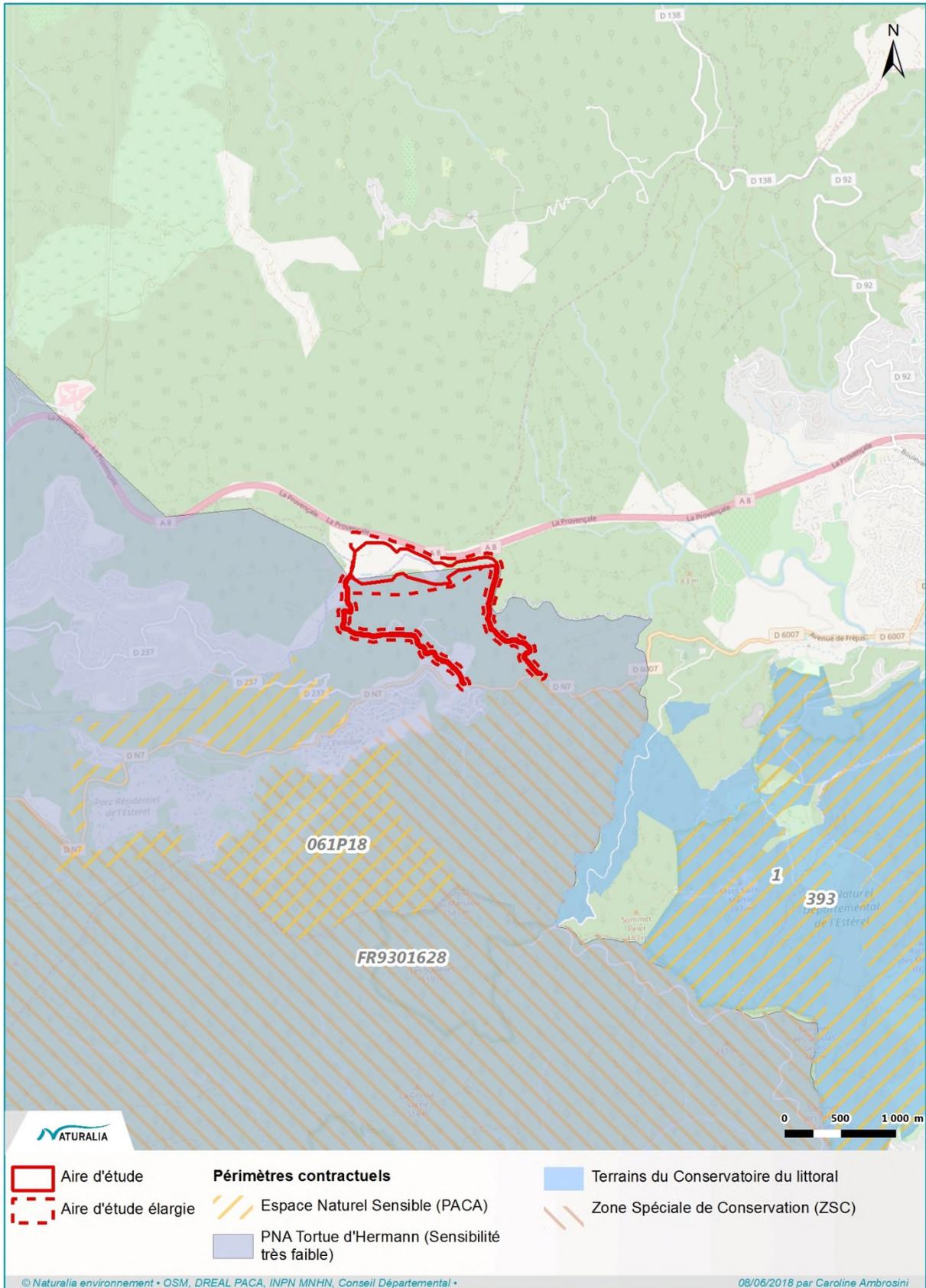


Figure 13 – Emprise des zones PNA, ZSC, Terrains du Conservatoire du littoral et Espace Naturel Sensible sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)

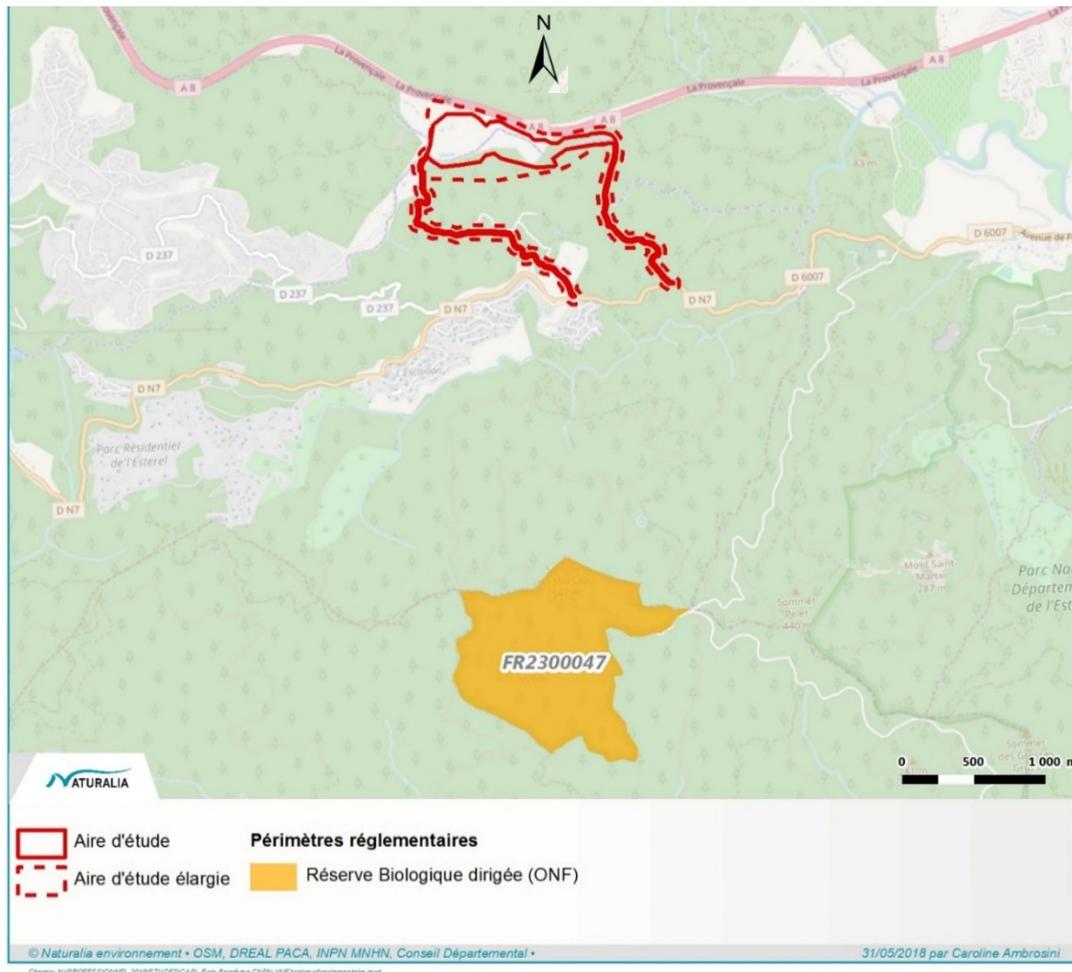


Figure 15 – Emprise des zones « Réserve Biologique dirigée (ONF) » sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)

La zone d'étude n'intercepte qu'un seul périmètre d'intérêt écologique : le Plan National d'Actions Tortue d'Hermann. Toutefois, elle se situe dans la partie « sensibilité très faible ».

La zone d'étude se situe à proximité (moins de 2 km) de quatorze autres périmètres d'intérêts écologique, dont un site Natura 2000, la ZSC « Estérel » FR9301628. Compte tenu de cette proximité, la réalisation d'une évaluation des incidences Natura 2000 pourrait s'avérer nécessaire. Toutefois, le projet étant soumis à Autorisation au titre de la loi sur l'eau et à Autorisation site classé, une **évaluation des incidences Natura 2000 est requise** vis-à-vis du site le plus proche.

Les espèces en présence au sein de cette zone d'étude apparaissent profondément perturbées par les activités humaines qui conduisent à une homogénéisation des milieux. Des formations patrimoniales sont toutefois encore présentes avec un cortège faunistique associé présentant des enjeux de conservation, mais ces formations constituent le plus souvent des éléments relictuels ou dans un état de conservation dégradé.

- **Parmi les habitats naturels recensés, 5 sont d'intérêt communautaire.** Les formations les plus intéressantes sont constituées par les boisements frais des fonds de vallon et des bords du cours d'eau (cf. Carte ci-après).

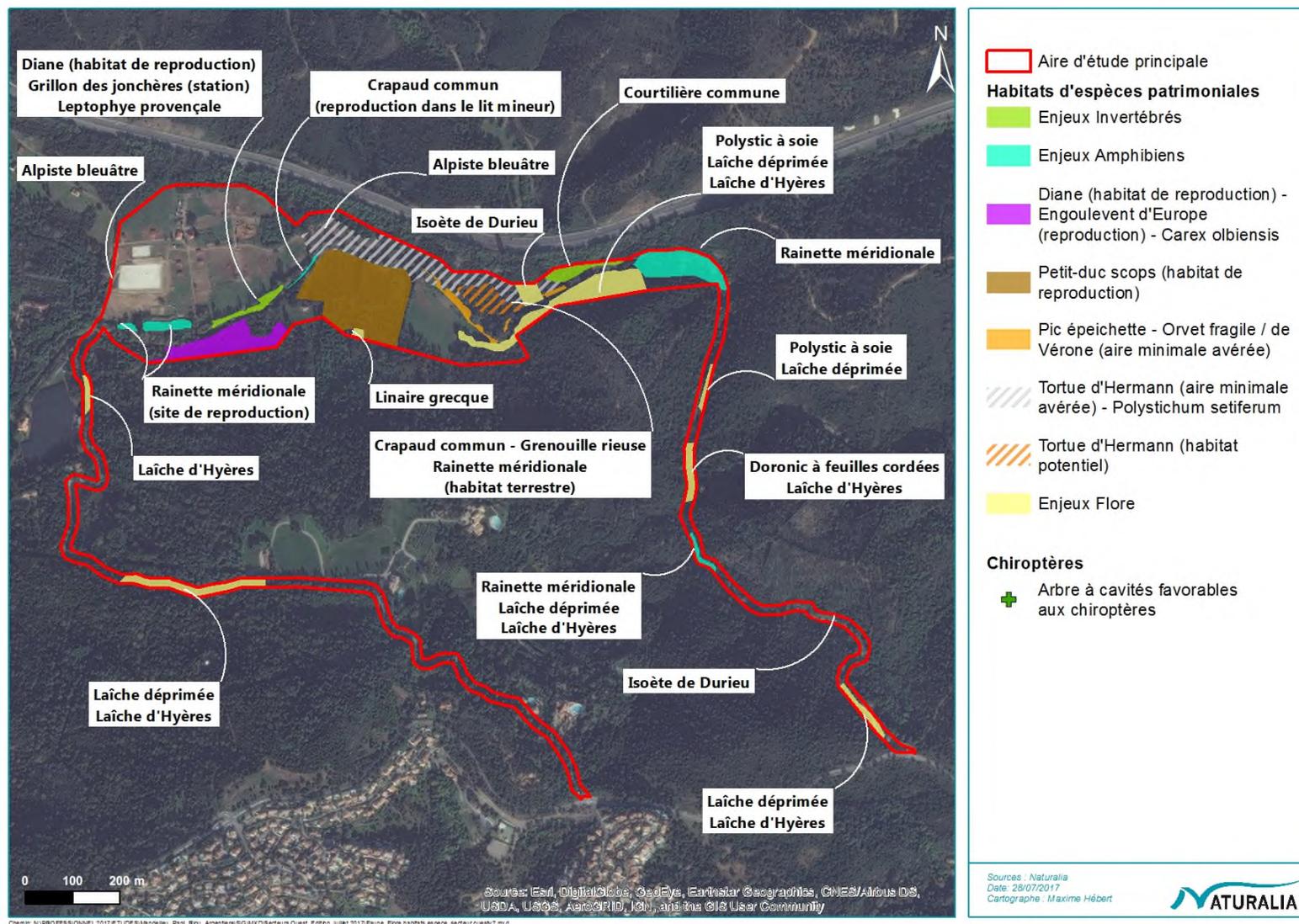


Figure 16 – Carte des Enjeux Habitats Naturels sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)

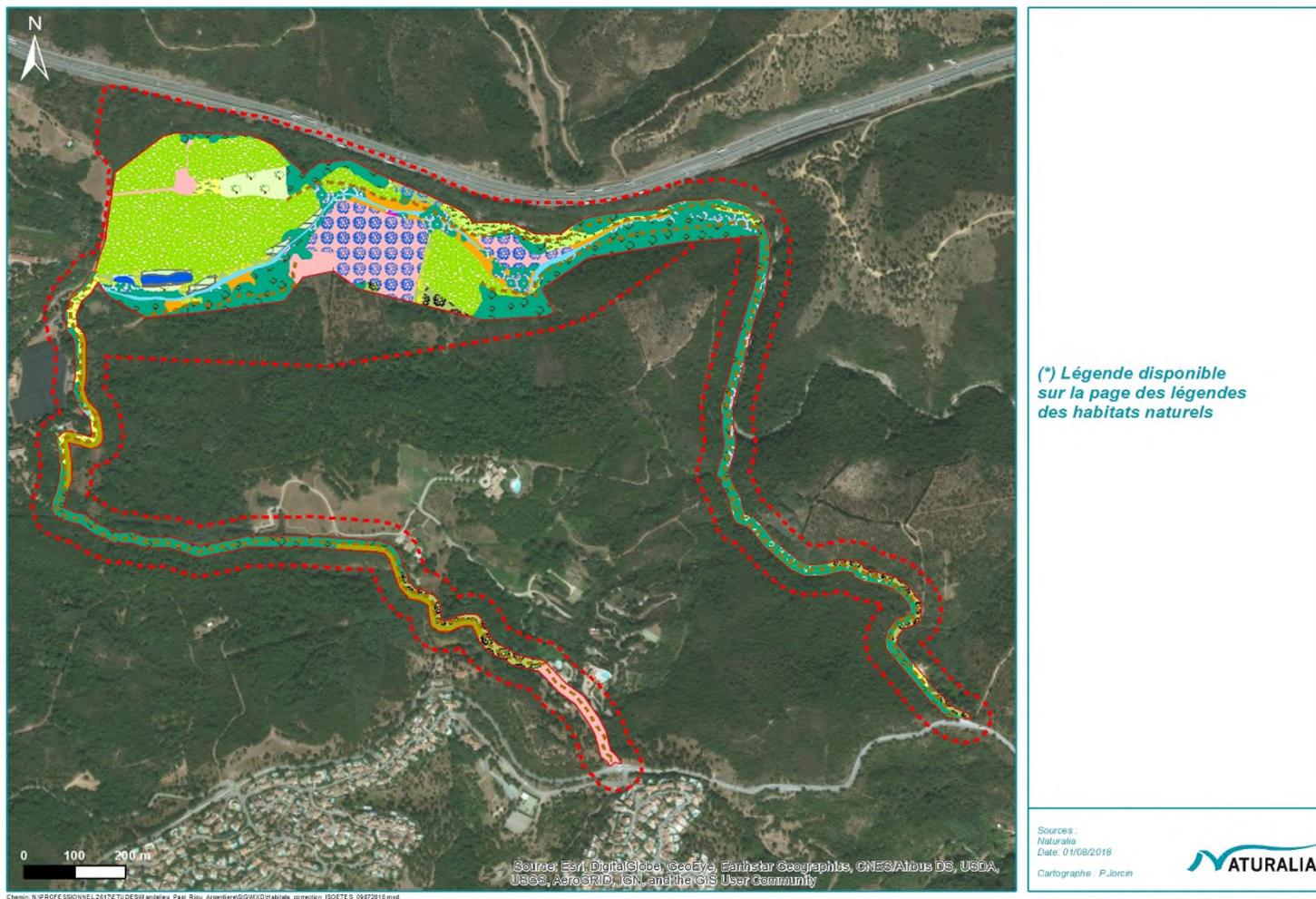


Figure 17 – Carte des Habitats Naturels sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)

LÉGENDE DES HABITATS NATURELS DOMINANTS (secteur ouest)

Habitats naturels dominants

- | | | | |
|--|--|--|---|
| | Boisements silicicoles à chêne liège (CB: 45.2 ; EUR: 9330) | | Habitations et abords, autres milieux anthropiques (CB: 86 ; EUR: NC) |
| | Boisements silicicoles à chêne liège et feuillus exotiques (mimosa) X Chênaies vertes acidiphiles à Asplenium fougère d'âne | | Maquis à Ciste de Montpellier x Fourrés à Calycotome x Pelouses siliceuses sèches (CB: 32.35 x 32.49 x 35.3 ; EUR: NC) |
| | Boisements silicicoles à chêne liège et feuillus exotiques (mimosa) X Maquis à Ciste de Montpellier x Fourrés à Calycotome x Pelouses siliceuses sèches | | Mégaphorbiaies eutrophes à Menthe à feuilles longues et Liseron (CB: 37.7 ; EUR: NC) |
| | Chênaies vertes acidiphiles à Asplenium fougère d'âne (CB: 45.313 ; EUR: 9340) | | Peuplements sub-spontanés de Canne de Provence (CB: 53.62 ; EUR: NC) |
| | Eaux douces x Bancs de galets x Communautés méditerranéennes nitrophiles des alluvions humides (CB : 22.1 x 24.21 x 24.53 ; EUR : 3280) | | Peuplements subspontanés de feuillus exotiques (acacia) (CB : 83.32 ; EUR : NC) |
| | Fourrés de Prunellier, Ronce et Aubépine x Ourlets à Fougère aigle (CB: 31.81 x 31.86 ; EUR: NC) | | Peuplements subspontanés de feuillus exotiques (acacia, eucalyptus, mimosa) X Friches et zones rudérales méditerranéennes de graminées vivaces et annuelles, et de crucifères |
| | Friches et zones rudérales méditerranéennes de graminées vivaces et annuelles, et de crucifères (CB : 87.1 x 87.2 ; EUR : NC) | | Peuplements subspontanés de feuillus exotiques (eucalyptus) (CB : 83.32 ; EUR : NC) |
| | Galerias méditerranéennes de Peupliers, Frênes et Aulnes incluant des espèces arborées exotiques (mimosa, robinier, eucalyptus) (CB: 44.6 ; EUR: 92A0) | | Peuplements subspontanés de feuillus exotiques (mimosa) (CB : 83.32 ; EUR : NC) |
| | Galerias méditerranéennes de Peupliers, Frênes et Aulnes incluant des espèces arborées exotiques (mimosa, robinier, eucalyptus) (CB: 44.6 ; EUR: 92A0) X Pelouses amphibes méditerranéennes à Isoète (CB: 22.341 EUR:3120) | | Plans d'eau eutrophes sans végétation (CB: 89 ; EUR: NC) |
| | | | Plantations de feuillus exotiques (eucalyptus) (CB : 83.32 ; EUR : NC) |
| | | | Pâturages équins (centre équestre, parcelle de divagation) (CB: 38.1 ; EUR: NC) |
| | | | Vergers abandonnés (CB: 83.15 ; EUR: NC) |
| | | | Pistes DFCI |

© NATURALIA

ESRI, Digital Globe, CNES,

P.Jorcin le : 09/07/2018

Figure 18 – Légende de la carte des Habitats Naturels sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)

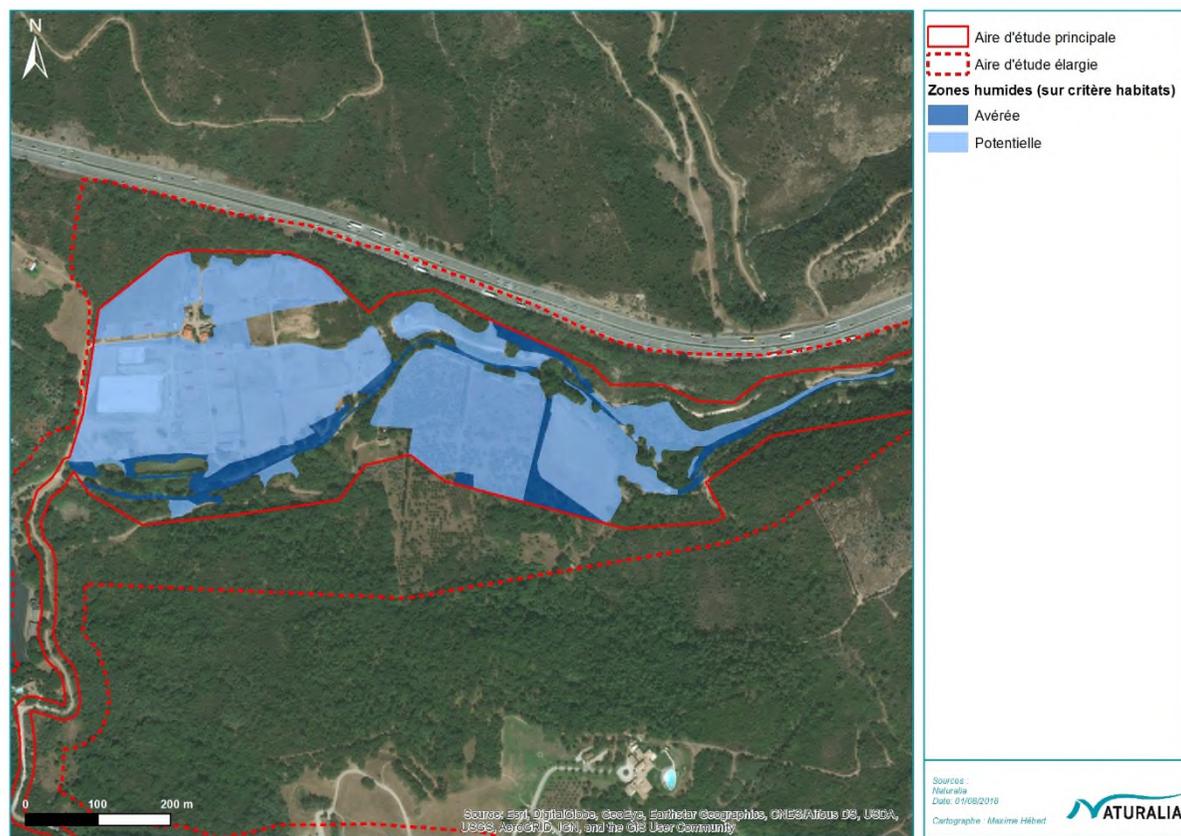


Figure 19 – Carte des Zones Humides sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)

L'aire d'étude comporte ainsi six habitats hygrophiles ou aquatiques relevant d'un enjeu « zone humide potentielle » (25,17 ha) et quatre habitats relevant d'un enjeu « zone humide avérée » (12,05 ha). Au regard de la configuration du terrain, de la végétation et du projet, seuls les habitats relevant d'un enjeu « zone humide potentielle » et « zone humide avérée », et qui sont impactés directement par le projet, devront faire l'objet de sondages pédologiques afin de statuer sur leur caractère « humide ».

A ce jour, aucun sondage pédologique n'a été réalisé. En accord avec la DREAL PACA, aucun sondage pédologique ne sera entrepris puisque ces surfaces seront traitées dans le cadre de la mesure compensatoire et iront au-delà des surfaces envisagées.

■ **Concernant la flore, 7 espèces à enjeu ont été recensées, dont 6 sont protégées** (2 sont protégées sur le plan national et 4 en région PACA).

Piste d'accès dit « EST »

- Quatre plantes protégées recensées (*Carex depressa* subsp. *basilaris*, *C. olbiensis*, *Polysticum setiferum* et *Isoetes duriei*) ;
- Seules les trois premières sont significativement représentées en marge de la piste (essentiellement à l'aval, au contact du talweg) ;
- Plantes des fonds de vallon, versants frais d'ubac et bords de cours d'eau ombragés ;
- Les talus situés à l'amont de la piste sont peu attractifs pour des plantes exigeantes, ils témoignent d'une rudéralisation notable.

Piste d'accès remontant en rive droite le Riou de l'Argentière jusqu'à la zone de l'ouvrage

- Trois plantes protégées recensées (*Carex depressa* subsp. *basilaris*, *C. olbiensis*, *Polysticum setiferum*) ;
- Essentiellement représentées en pied de versant au contact étroit de la piste où elles sont relativement abondantes.

Zone d'emprise du futur ouvrage

- Quatre plantes protégées recensées (*Carex depressa* subsp. *basilaris*, *C. olbiensis*, *Polysticum setiferum* et *Isoetes duriei*) ;
- Population de *Carex* représentée en rive droite, en pieds de versant, en ubac, sous couvert des boisements de pente ;
- Population de *Polystic* recensée en rive droite sur terrasses alluviales et sous couverts des boisements rivulaires ;
- Population d'*Isoete* présente en rive gauche en pieds de versant et en marge de la plantation d'Eucalyptus, elle rassemble une dizaine d'individus.

Piste d'accès dit « Ouest »

- Une plante protégée (*Carex olbiensis*) ;
- Population essentiellement répartie en bordures sud et ouest de la piste, en retrait de quelques mètres sous couvert frais de la chênaie ;
- Localement répartie de part et d'autre de la piste et au plus près de la bande de roulement (10-20 individus) ;
- Milieux très altérés dans la première moitié de la descente.

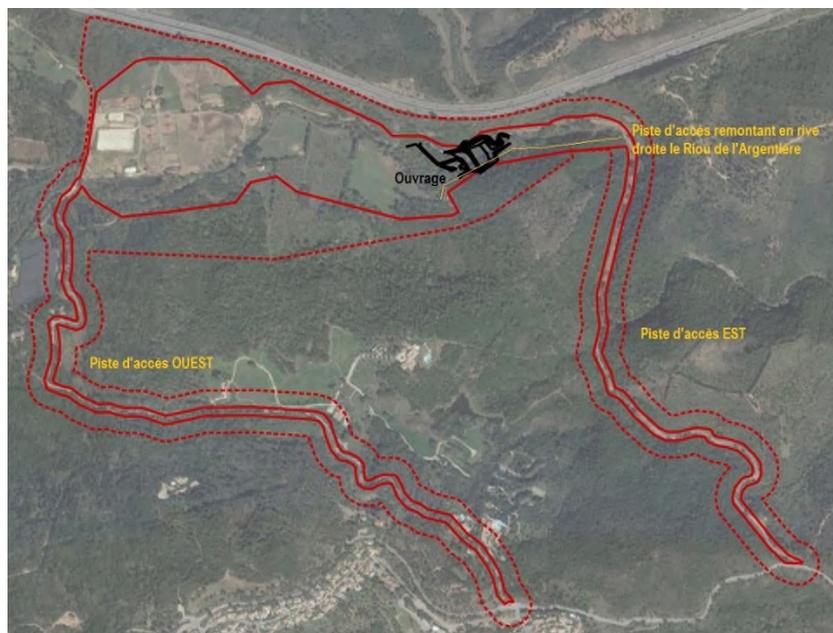


Figure 20 : Localisation des pistes d'accès et de l'emprise de l'ouvrage

Par ailleurs, une dizaine de plantes exotiques et envahissantes ont été observées, dont 6 ont un statut majeur sur le secteur d'étude. (cf. carte ci-après)

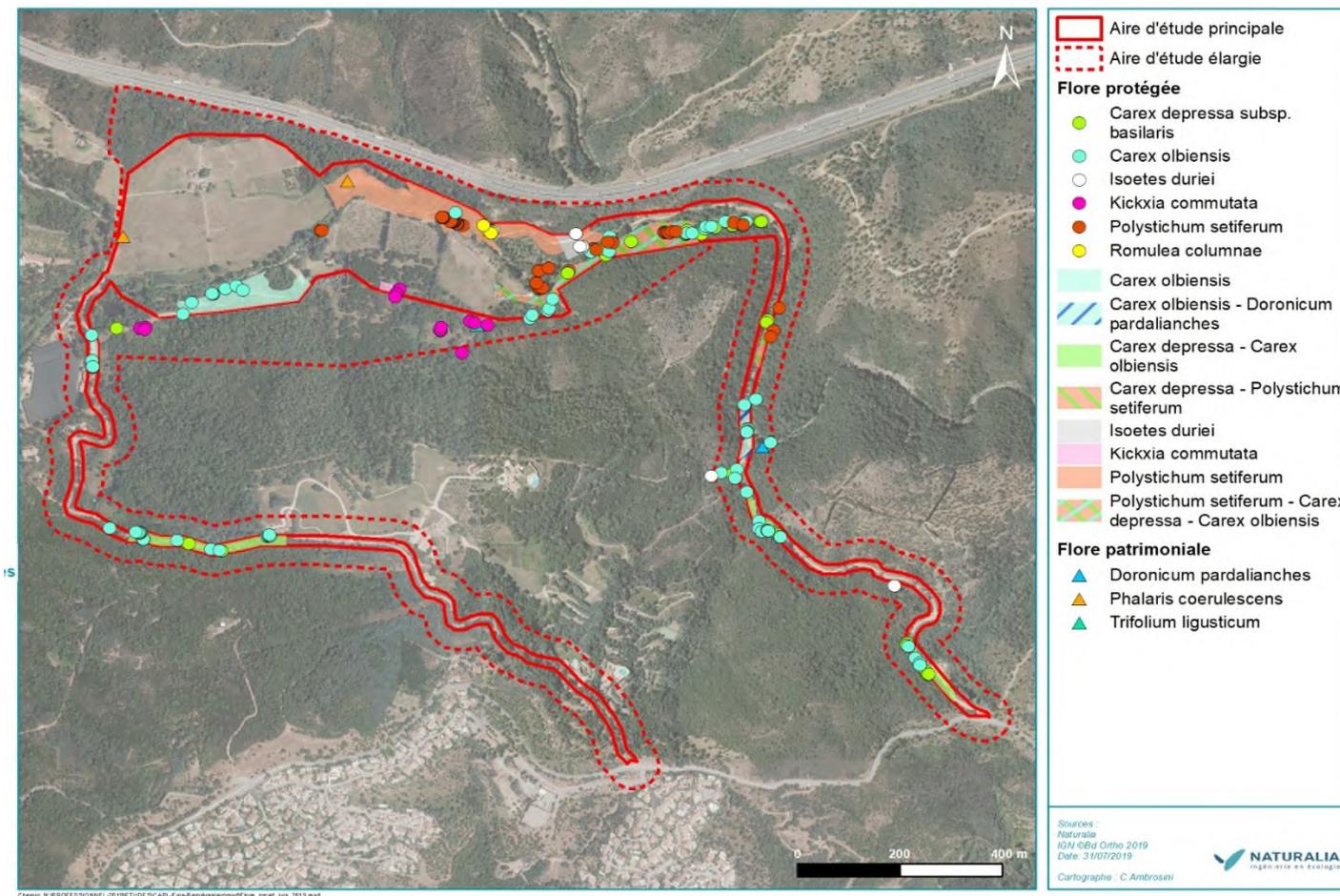


Figure 21 – Carte des Enjeux Flores sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2019)

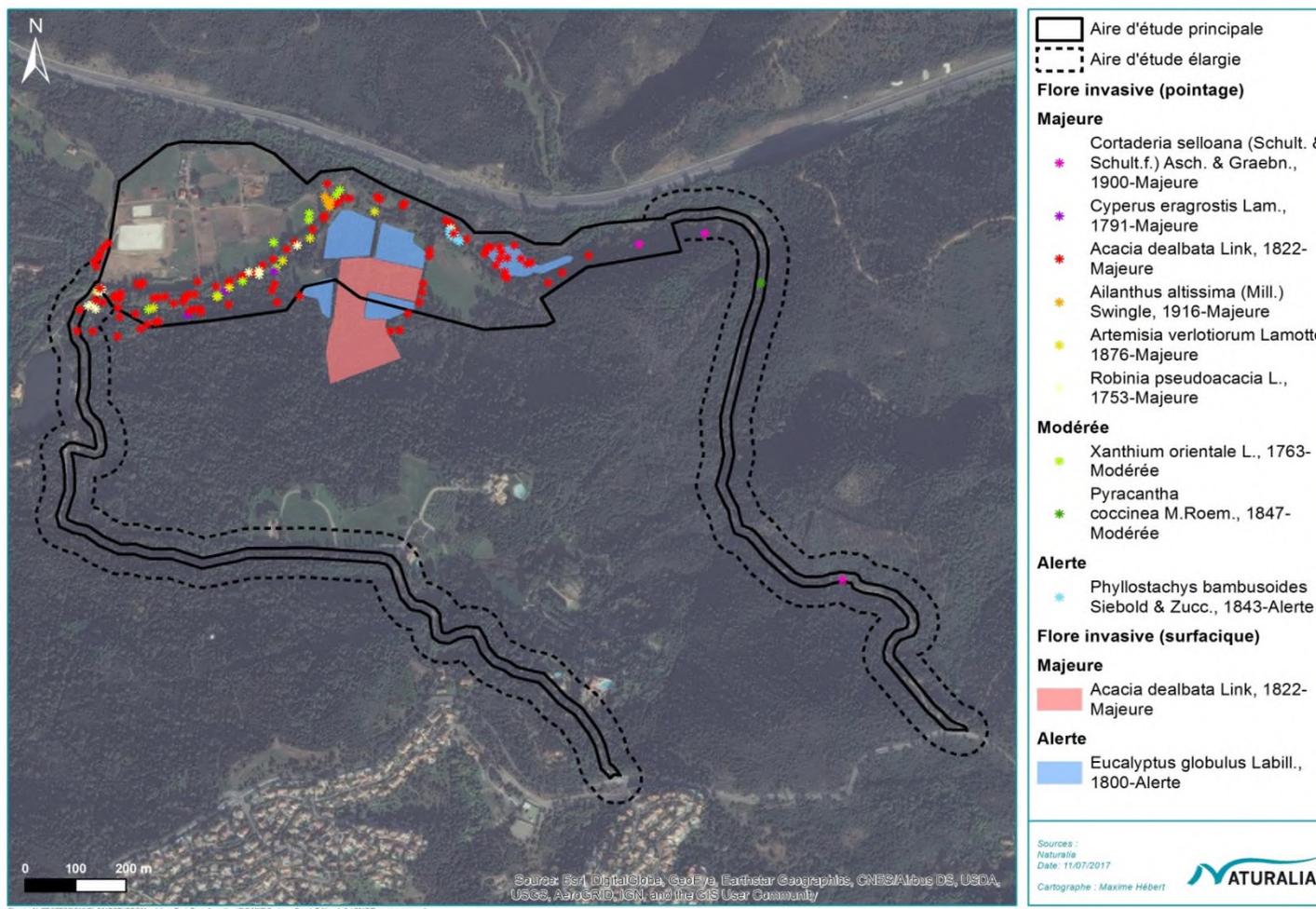


Figure 22 – Carte des Espèces envahissantes sur la zone d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentièrre – Naturalia, 2021)

■ **Concernant la faune** (cf. carte ci-après) :

- **Pour l'entomofaune, sur l'ensemble des espèces recensées, 6 sont des espèces à enjeu.** On notera parmi celles-ci la présence de la Diane (protection nationale), mais aussi de sa plante-hôte, l'Aristolochie, sur la zone d'étude. **Le Grillon des jonchères présente un enjeu local assez fort. La Leptophie provençale présente un enjeu local assez fort.**
- **Concernant les reptiles, une espèce protégée à très fort enjeu (la Tortue d'Hermann) et une espèce patrimoniale à enjeu assez fort (l'Orvet de Vérone) sont présentes sur la zone d'étude,** en plus du cortège d'espèces plus communes, mais protégées sur le plan national (Lézards vert occidental et des murailles, couleuvres). Ces dernières espèces possèdent une bonne résilience et un enjeu de conservation faible dans la région PACA.
- **Concernant les chiroptères, trois espèces à enjeu et protégées nationalement sont présentes sur la zone d'étude,** en plus du cortège d'espèces plus communes, mais protégées sur le plan national et communautaire (de type pipistrelles). **Seul le Murin à oreilles échancrées présent un enjeu local assez fort.** Ces dernières espèces possèdent une bonne résilience et un enjeu de conservation faible dans la région PACA. Les chiroptères recensés semblent utiliser le site principalement en tant que zone de chasse et de transit, mais certaines de ces espèces utilisent des gîtes arboricoles (plusieurs arbres-gîte potentiels sont présents sur le secteur d'étude).
- **Du point de vue des mammifères (hors chiroptères), trois espèces à enjeu ont été recensées** dont deux qui sont protégées sur le plan national.
- **Pour les amphibiens, deux espèces à enjeu et protégées nationalement sont présentes sur la zone d'étude (Rainette méridionale et Salamandre tachetée),** en plus du cortège d'espèces plus communes mais protégées sur le plan national (Grenouille verte et Crapaud commun). Ces dernières espèces possèdent une bonne résilience et un enjeu de conservation faible dans la région PACA, mais de nombreux sites de reproduction ont été identifiés sur la zone d'étude et les populations sont assez importantes.
- **Concernant les poissons, trois espèces à enjeu sont présentes,** dont deux à statut particulier sur la Liste rouge nationale (Anguille d'Europe et Barbeau méridional) et une protégée sur le plan national et communautaire (Barbeau méridional). Des frayères de cette dernière espèce sont potentiellement présentes sur la portion du cours d'eau concernée par les inventaires. **Au final, des enjeux locaux fort ont été recensés pour l'Anguille d'Europe, le Barbeau méridional et les zones de frayères du Barbeau méridional**
- **Enfin, du point de vue des oiseaux, parmi les espèces observées sur la zone d'étude élargie, six espèces à enjeu et protégées nationalement sont présentes,** en plus du cortège d'espèces plus communes mais protégées sur le plan national.

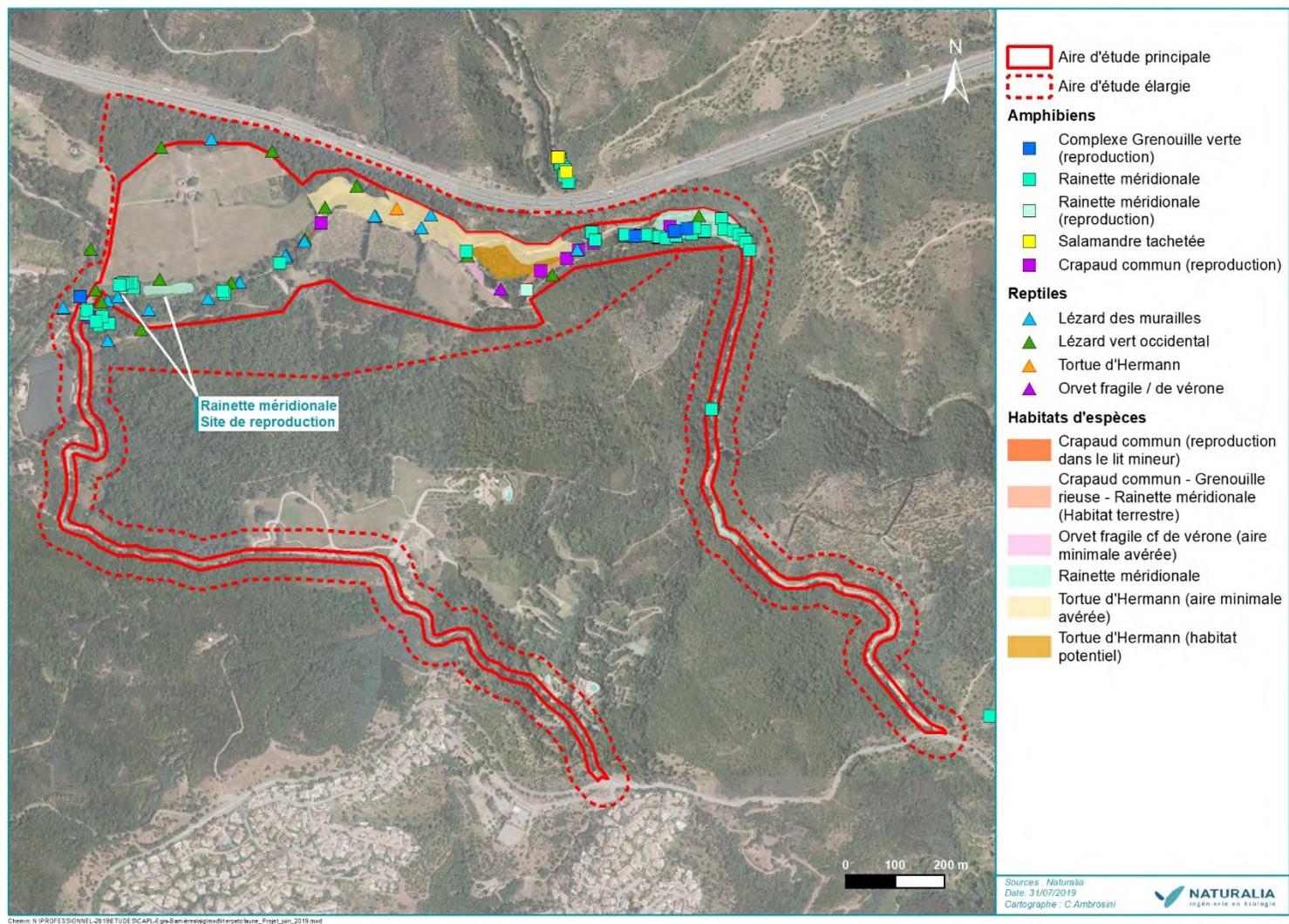


Figure 23 : Localisation des enjeux herpétologiques au sein et à proximité de l'aire d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)

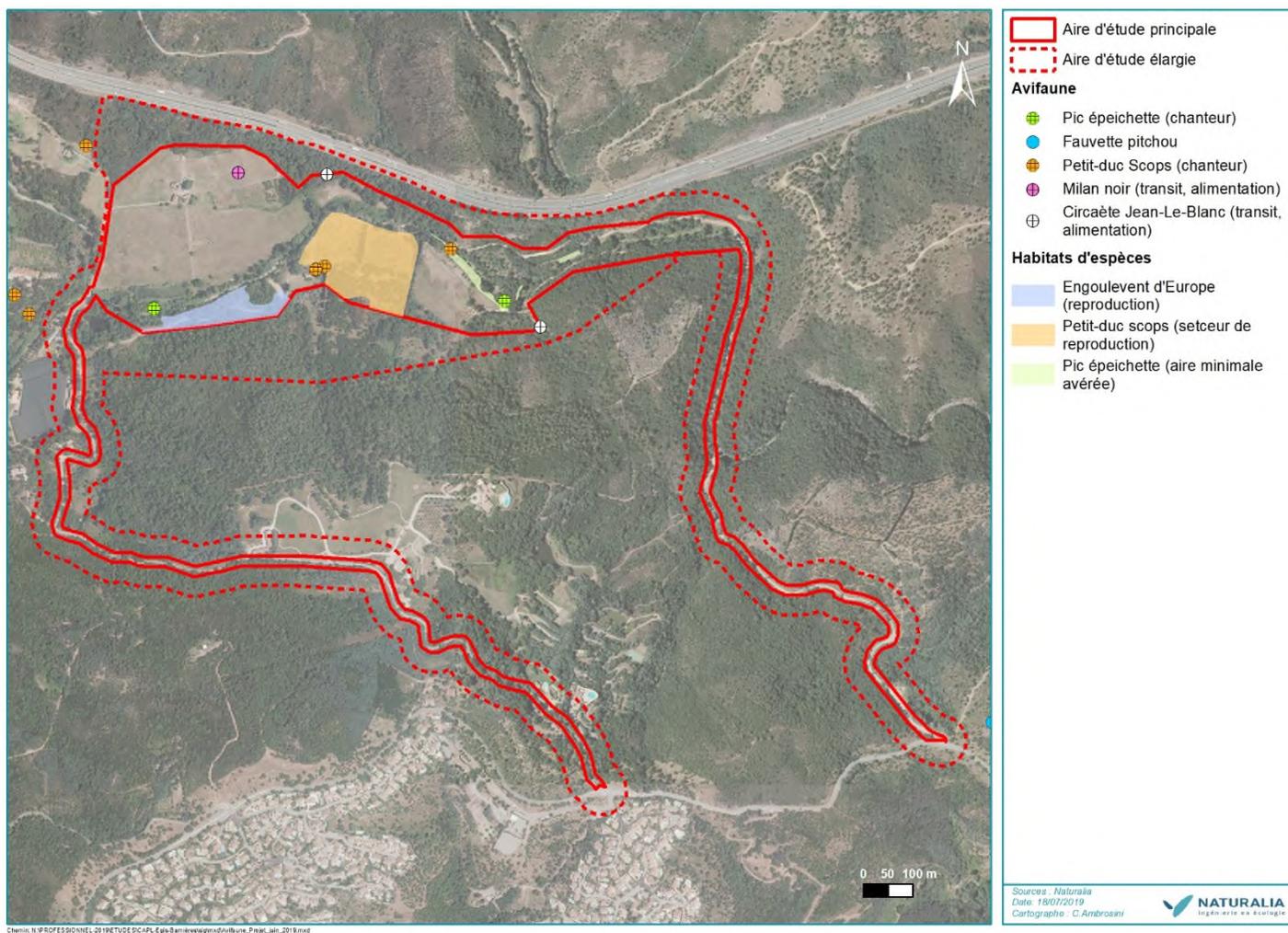
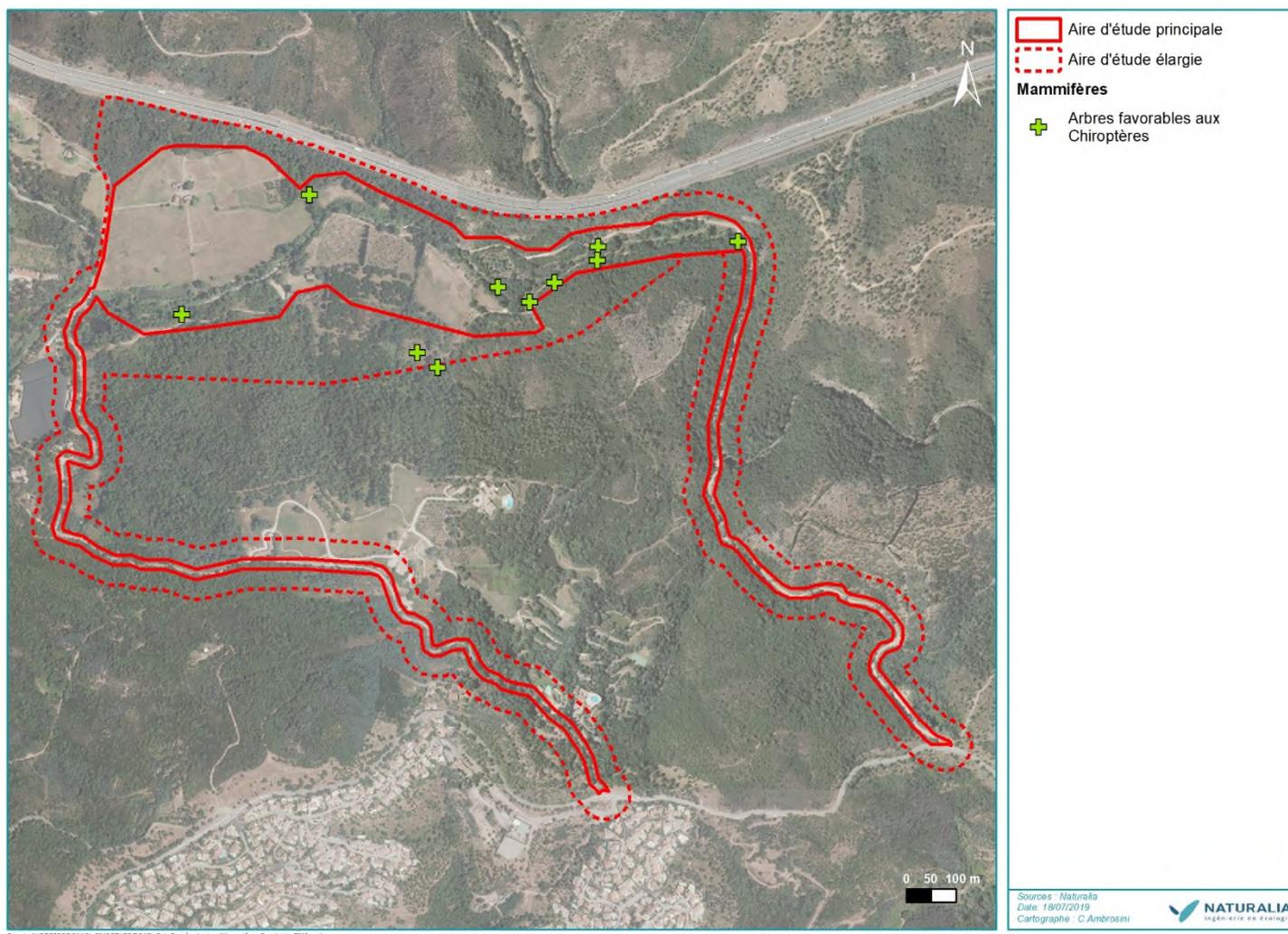


Figure 24 : Localisation des enjeux avifaunistiques au sein et à proximité de l'aire d'étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)



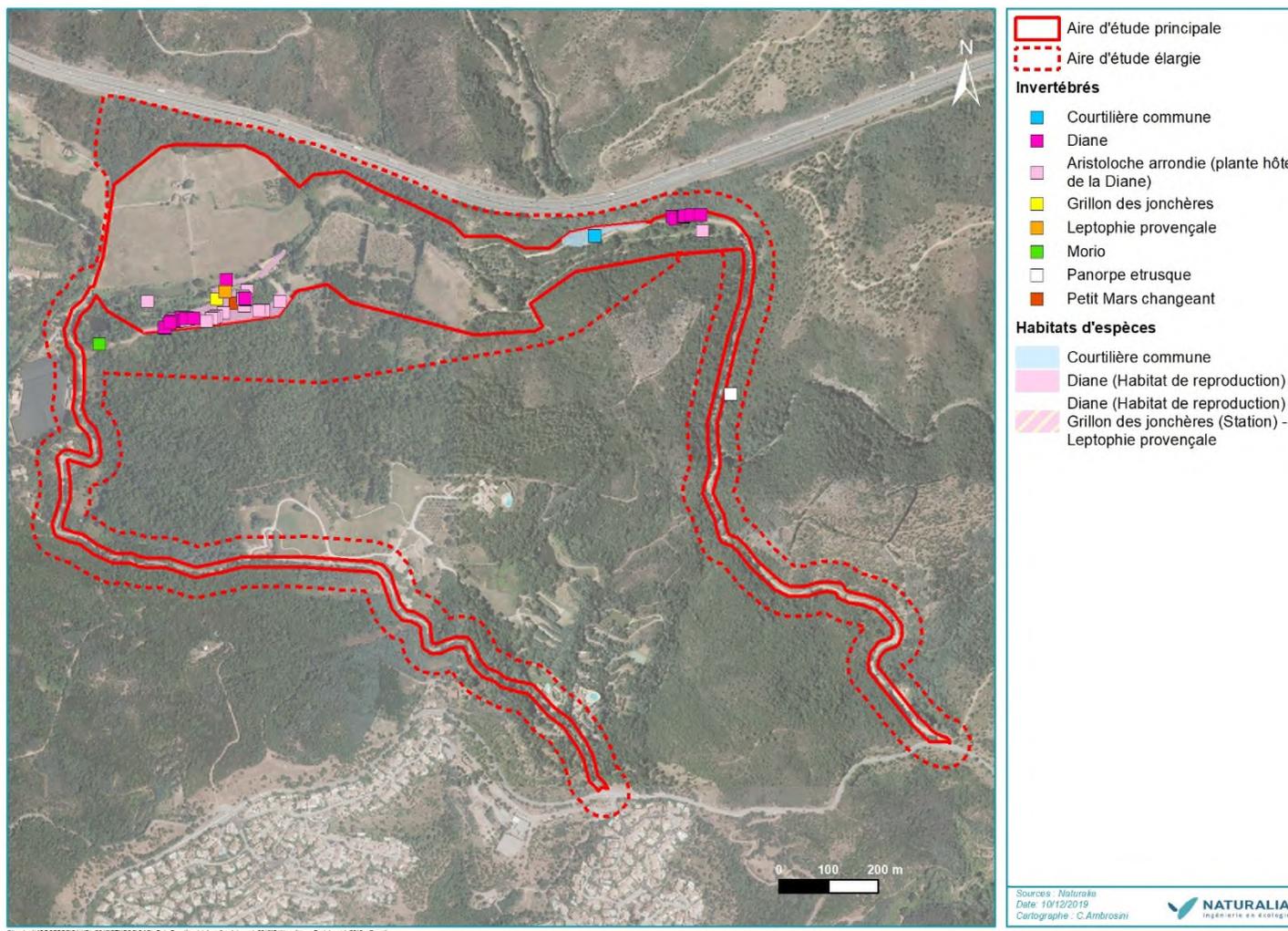


Figure 26 – Carte des Enjeux entomologiques au sein et à proximité de l’aire d’étude (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l’Argentière – Naturalia, 2021)

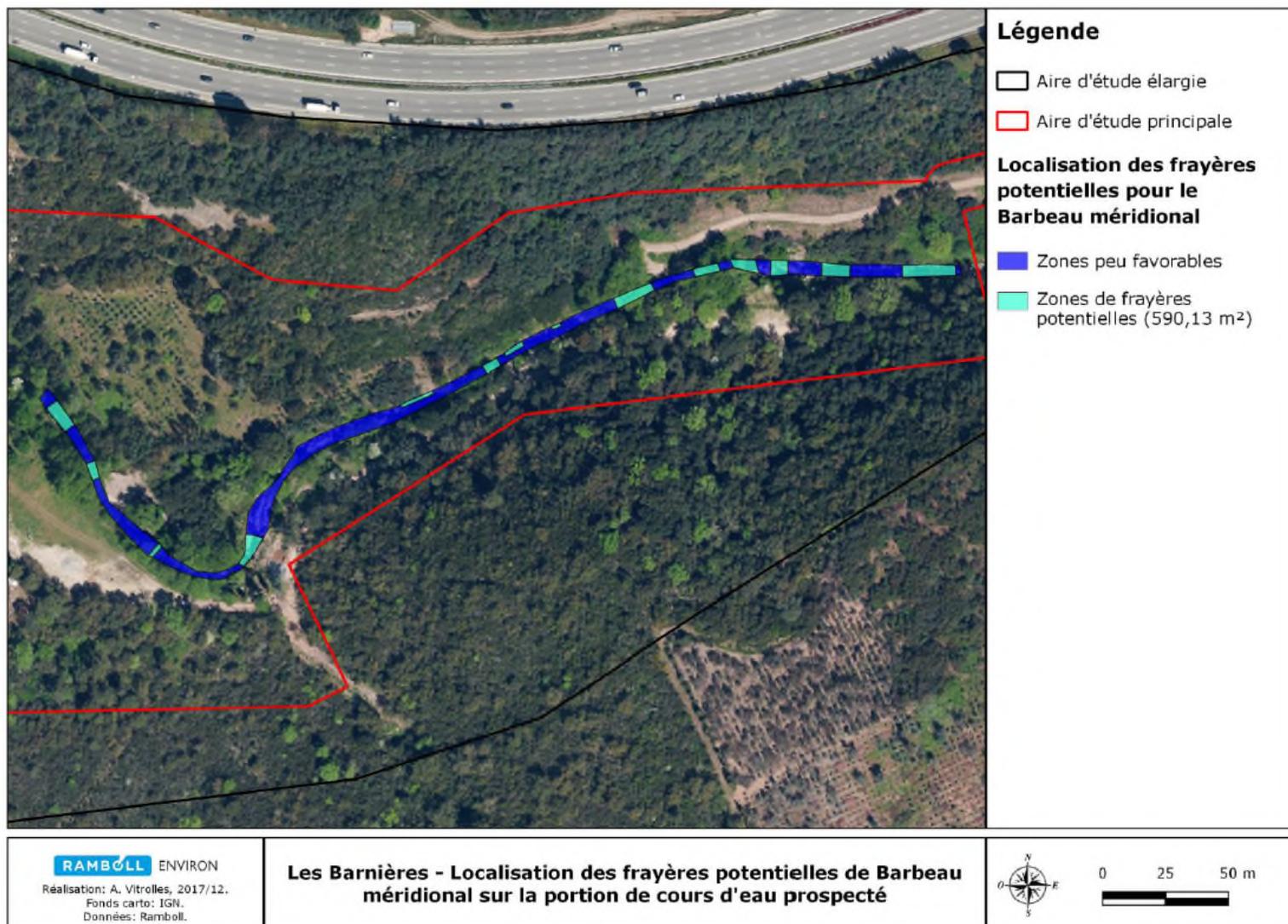


Figure 27 – Carte de Localisation des frayères potentielles pour le Barbeau méridional sur la portion du Riou de l'Argentière qui a fait l'objet de prospections spécifiques Ramboll Enviro, 2017 (Source : Dossier CNPN Ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière – Naturalia, 2021)

2.2.5 Synthèse des contraintes paysagères

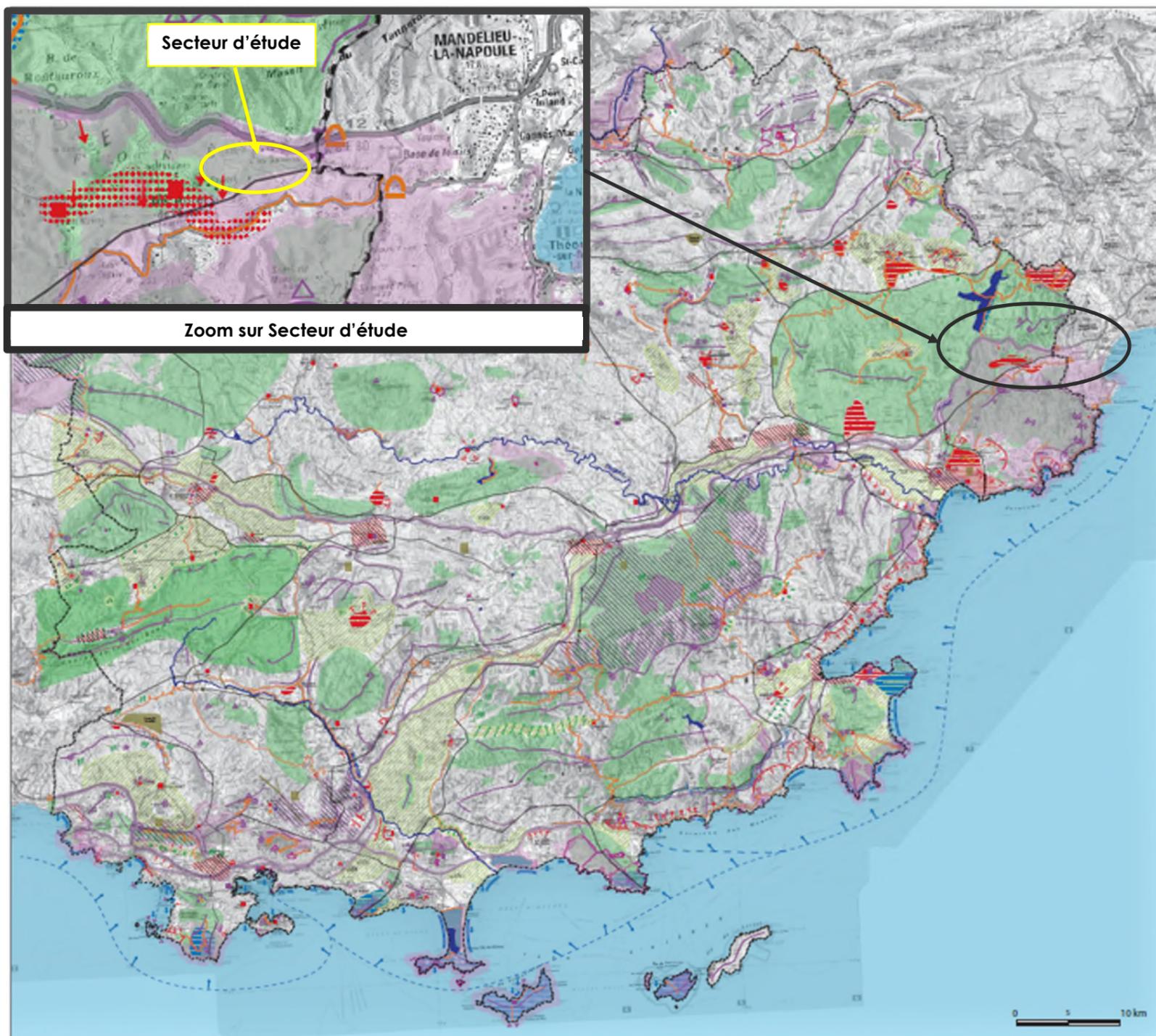
Le détail des contraintes et enjeux paysagers est consigné dans le dossier site classé.

Le massif de l'Estérel a été labellisé Grand Site de France. L'opération grand site a été lancée en mars 2019 avec 3 objectifs :

- Restaurer et protéger la qualité paysagère naturelle et culturelle du site.
- Améliorer la qualité des visites (dispositifs d'accueil, aires de stationnement, circuits, information).
- Favoriser le développement socio-économique local.

Les caractéristiques paysagères du secteur d'étude sont rappelées ci-après :

- **A l'échelle du massif de l'Estérel, un paysage naturel pittoresque composé de :**
 - Structure géologique de roches volcaniques de couleur rouge ;
 - Relief chahuté, avec pics, pentes raides et vallons encaissés ;
 - Ambiances naturelles de maquis ponctuées de chênaies, de pinèdes et de végétaux exotiques (mimosa, eucalyptus, laurier rose ...) ;
 - Délimitation nord par l'A8 construite au début des années 1960, très fréquentée ;
 - Au sud la méditerranée a inspiré de nombreux peintres impressionnistes et fauves : représentation sociale et image médiatique forte ;
 - L'agriculture a régressé dès la fin 19^{ème} et au début du 20^{ème} siècle ;
 - L'urbanisation s'est fortement développée sur les contreforts du massif et en cœur autour des Adrets-de- L'Estérel.



CARTE DES ENJEUX PAYSAGERS LOCALISES

Constats

Enjeux / Effets

1. ACTIVITÉS AGRICOLES ET/OU PASTORALES

	Zone de déprise agricole perceptible	Maintien d'espaces ouverts / Paysages diversifiés, biodiversité
	Principale structure rurale de qualité	Équilibre / Harmonie et identité des terroirs

2. ESPACES NATURELS ET FORESTIERS

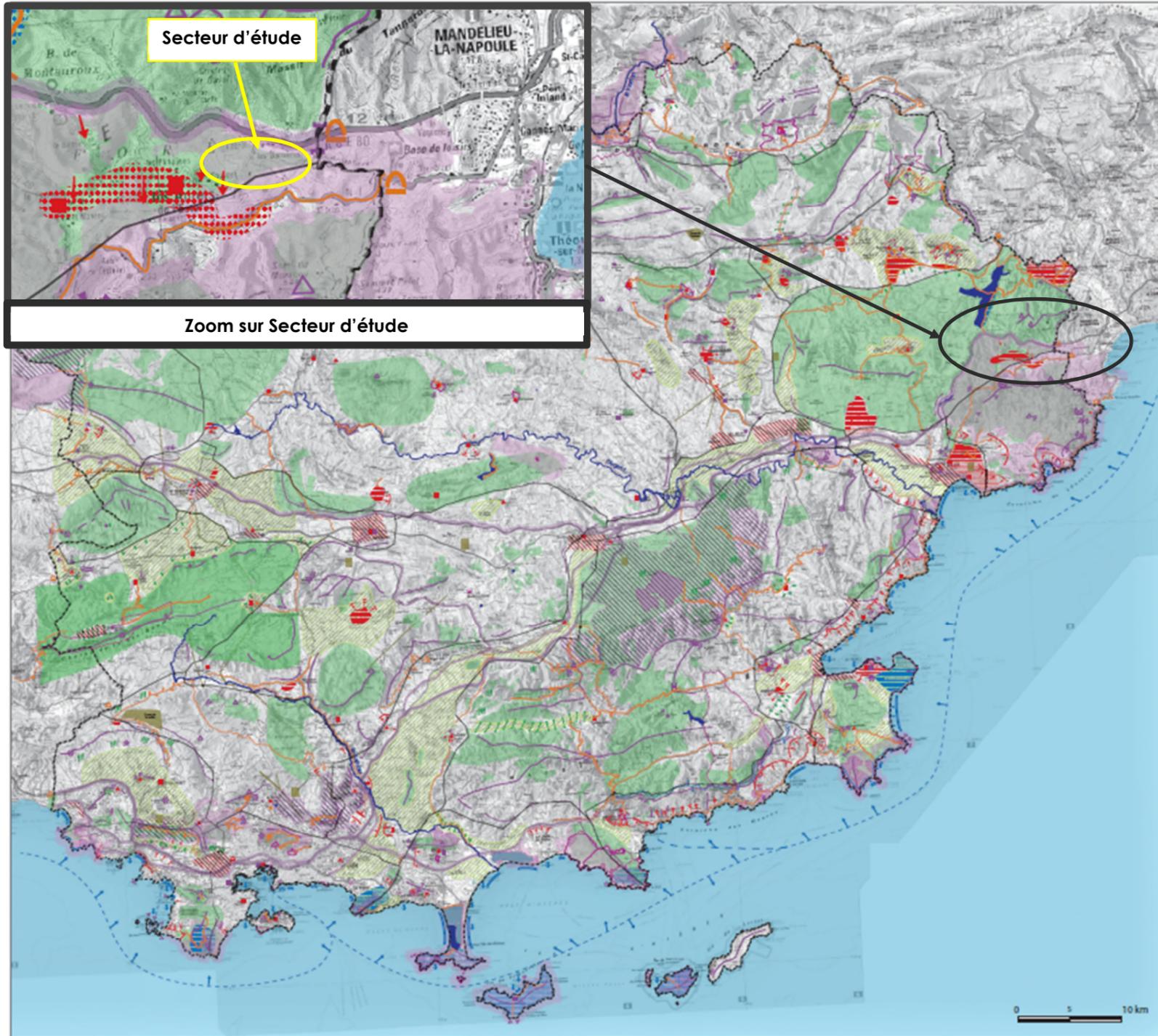
	Secteur marqué par les incendies	Reconstruction forestière / Cadre de vie, érosion des sols
	Ensemble mixte forêt / agriculture à dominante forestière	Gestion / Maintien des équilibres
	Ripisylve remarquable	Maintien d'un corridor écologique boisé / Structuration et animation de l'espace
	Zone humide douce / saumâtre	Préservation des richesses écologiques et paysagères / Maintien de la diversité et de la spécificité du milieu

3. URBANISATION

	Silhouette de village remarquable	Préservation et gestion du socle et de la silhouette / Diversité architecturale et urbaine
	Ensemble bâti ou urbain remarquable	Maintien de la qualité / Diversité architecturale et urbaine
	Entrée d'agglomération dégradée	Requalification urbaine et paysagère / Nouvelle image, nouveaux usages
	Secteur d'extension urbaine	Mutations rapides, à guider dans un projet urbain / Limitation de la banalisation
	Secteur pavillonnaire sur les versants et dans les plaines	Maîtrise de l'extension, densification / Amélioration de la qualité paysagère et limite de l'étalement
	Progression de l'habitat diffus	Maîtrise de l'évolution / Préservation des espaces agricoles et naturels
	Arrêt ou coupure d'urbanisation	Limite donnée au tissu urbain / Conservation de continuité paysagère, espace de respiration

4. RÉSEAUX ET INFRASTRUCTURES

	Porte d'entrée du département	Point de vue à mettre en valeur / Image valorisante et identitaire
	Paysage de route et point de vue offert de qualité	Maintien de la qualité de la voie et de ses abords / Diversité des paysages découverts
	Installation ou infrastructure à fort impact paysager	Reconquête paysagère / Valorisation des paysages et cadre de vie



5. PERCEPTIONS ET ÉLÉMENTS DE PAYSAGE REMARQUABLE

Site protégé

	Site classé	Maintien, gestion des sites naturels, littoraux et urbain / Mise en valeur des richesses patrimoniales identitaires du département, tourisme et accueil du public
	Site inscrit	
	Projet de classement (Gros cerveau, Coudon, Plaine des Maures, Concors)	
	Propriété du Conservatoire du Littoral	
	Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager	

Éléments de patrimoine à fort enjeu paysager

	Élément bénéficiant d'une protection (chapelle, fort)	Sensibilité des abords en vue proche ou lointaine / Valorisation du patrimoine
	Élément non protégé	
	Élément paysager formant point focal	Sensibilité des abords et des axes de vue / Valorisation des éléments paysagers
	Ligne de crête forte	
	Point de vue remarquable	Sensibilité particulière des premiers plans et des panoramas / Maintien de la diversité et de la qualité des paysages perçus
	Grand axe de vue (autoroute et voie ferrée)	
	Écran ou seuil paysager (gorges, col...)	Changement de perception (resserrement ou basculement) / Compréhension de l'événement visuel

6. LITTORAL ET MER

	Structure littorale ou portuaire	Gestion de l'aménagement et de la fréquentation / Accès privilégié au littoral artificialisé
	Secteur de plage aménagé	
	Espace littoral à dominante naturelle ou lac soumis à une forte fréquentation touristique	Gestion intégrée de milieu fragile / Conservation de la qualité paysagère et écologique
	Route ou sentier littoral ou maritime offrant des points de vue remarquable	Gestion des points de vue et des panoramas / Perception privilégiée des espaces littoraux
	Perception de la côte depuis les navettes maritimes	

Fond cartographique : BD Alti - Scan 100 - IGN
 Sources : Agence Paysages - CELRL - DDE 83 - DIREN PACA
 Réalisation : Carto-Graphic - 2007



Figure 28 : Carte des enjeux de l'Atlas des paysages : (Source Atlas des paysages DREAL VAR)

■ **A l'échelle du site classé de l'Estérel :**

- L'Estérel est classé au titre des sites par décret du 03 01 1996.
- Le projet se situe dans le site classé, au pied de l'A8, dans un secteur relativement isolé, privé, à l'opposé de la façade maritime ou des sommets fréquentés par le grand public, mais dans des paysages naturels et agrestes représentatifs de l'identité de l'Estérel.

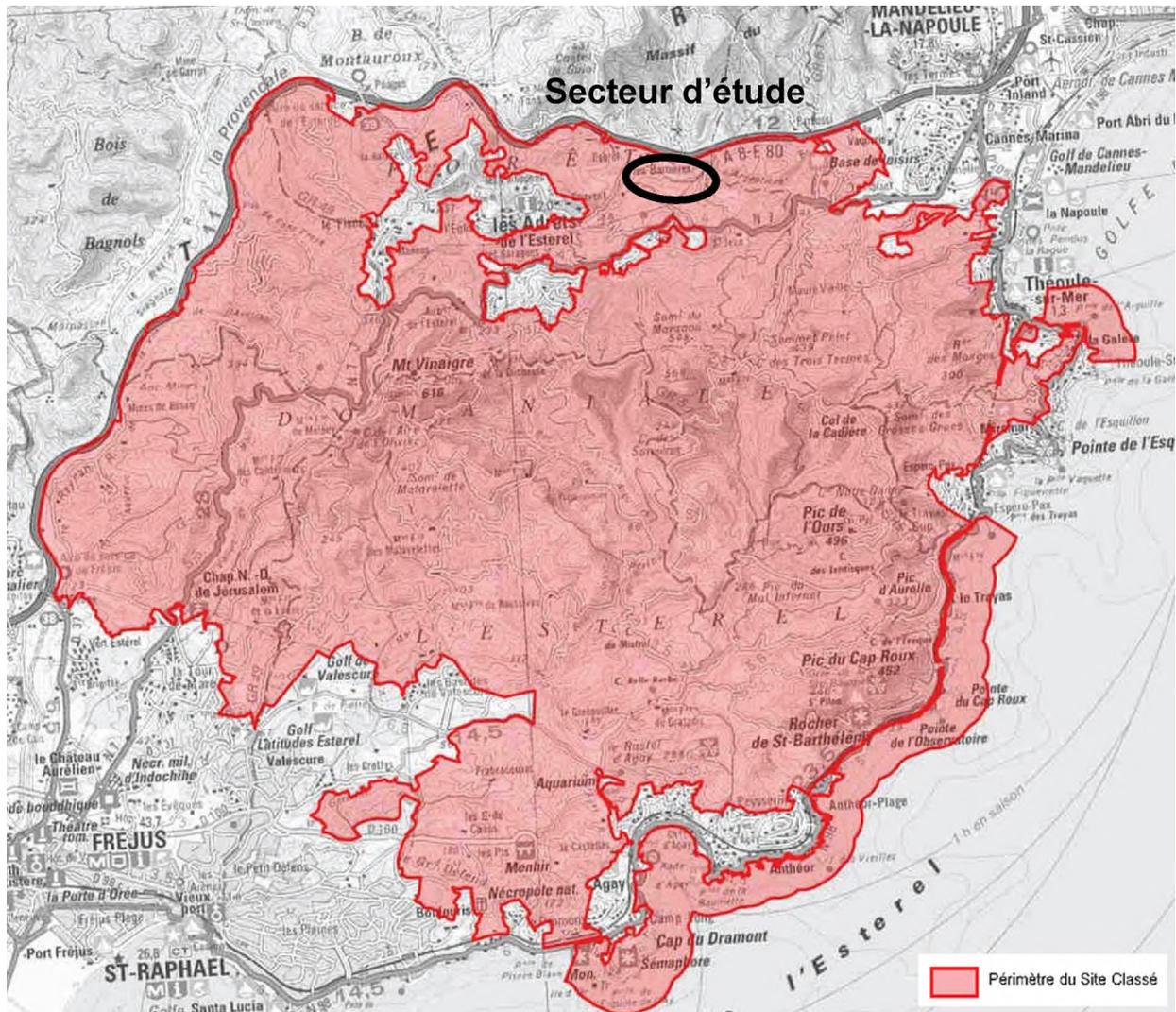


Figure 29 : Périmètre de classement DREAL PACA

■ A l'échelle de la dépression des Barnières :

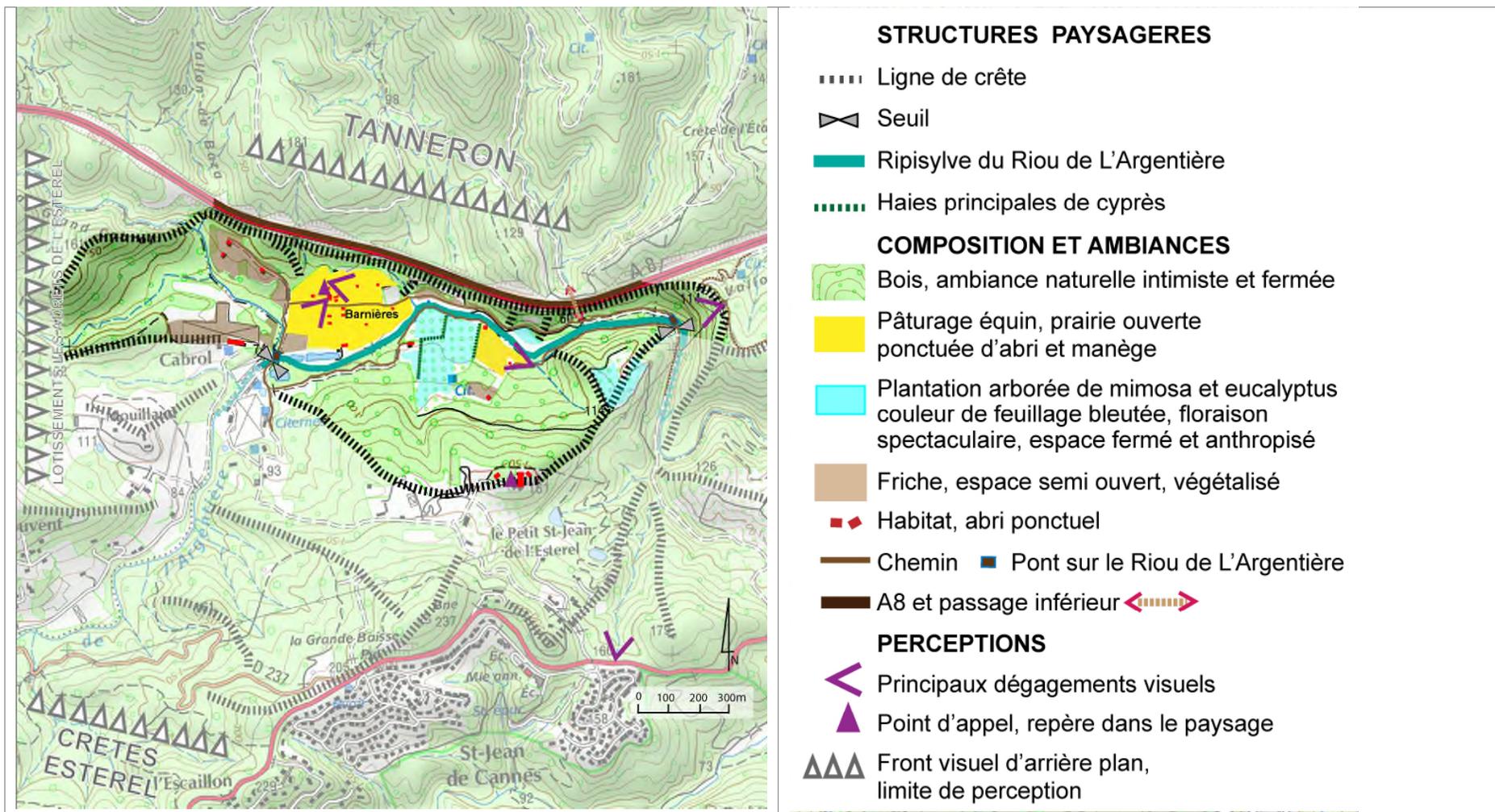


Figure 30 : Carte de structure paysagère au droit du secteur d'étude

Le site des Barnières est une dépression agricole, où les vergers ont disparu au profit de prairie équestre et plantations horticoles (mimosa, eucalyptus).

■ **A l'échelle du vallon du Riou de l'Argentière :**

- Un paysage fermé, végétal, intimiste, peu perçu de l'extérieur avec un accès limité (privé)
- Un paysage de contraste entre :
 - l'ubac et les Adrets-de-l'Estérel ;
 - les ambiances végétales et le bruit de l'A8 ;
 - la belle ripisylve du Riou de l'Argentière et les parcelles agrestes anthropisées (culture de mimosa, eucalyptus, prairie équestre et divers abris).

2.2.6 Autres contraintes

2.2.6.1 Proximité de l'autoroute A8

La rive gauche du site longe l'autoroute A8.

- L'absence d'impact du projet sur la stabilité des talus rive gauche situés sous l'A8 est à confirmer : Impact sur la zone amont du projet lié à la zone d'expansion de crue, impact direct au droit de l'ouvrage des Barnières lié à sa construction, et impact sur sa zone aval lié aux écoulements hydrauliques en crue.
- En cas de création d'une piste d'accès à l'ouvrage des Barnières depuis l'autoroute A8, les modalités de réalisation et prescriptions du concessionnaire (ESCOTA) devront être recueillies en phase PRO. En particulier, la fermeture totale et sans discontinuité des clôtures/ portails en bordure de l'A8 devra être maintenue en permanence.

2.2.6.2 Risque incendie

Les prescriptions de l'Arrêté préfectoral du var du 19 juin 2018 devront être respectées et notamment :

Article 13 : « Du 21 juin au 20 septembre, (ces dates pouvant être modifiées en fonction des conditions climatiques à la demande du préfet de zone de défense Sud) sur la base du niveau de risque incendie par massif, l'apport et l'usage d'appareils, matériels ou engins, pouvant être à l'origine d'un départ de feu (engins équipés de broyeurs, débroussailleuses et tronçonneuses à moteur, appareils et matériels nécessaires aux travaux de découpe, de soudure et d'abrasion, réchauds, etc...) sont réglementés comme suit :

- **Risque Faible ou Léger (couleur verte) :** Travaux autorisés.
- **Risque modéré (couleur jaune) :** Travaux et matériels autorisés sous réserves que la sécurité soit assurée en permanence par un dispositif de prévention et d'extinction approprié, à l'appréciation du responsable du chantier.
- **Risque sévère (couleur orange) :** Les travaux et usages d'appareils, matériels ou engins, pouvant être à l'origine d'un départ de feu sont interdits, à l'exception des travaux agricoles, des travaux d'exploitation forestière et des travaux présentant un caractère d'intérêt général respectant les préconisations suivantes : Autorisation de 5h00 à 13h00, sous réserve que la sécurité soit assurée en permanence par un dispositif d'extinction débitant au moins 40 litres d'eau par minute, composé d'un groupe motopompe avec

réserve de 400 litres d'eau minimum, une lance à eau et une longueur de tuyau permettant d'atteindre tout point du chantier, afin d'éviter et de parer à tout début d'incendie, la protection des travaux de découpe doit être assurée par des paravents et plaques anti-projections et les travaux de soudures effectués sous bâches ignifugées.

- **Risque très sévère et Extrême (couleur rouge)** : Tous les travaux et usages d'appareils, matériels ou engins, pouvant être à l'origine d'un départ de feu, sont interdits. »

Article 14 : « Les dispositions de l'article 13 ne s'appliquent pas à l'usage de ces appareils, matériels ou engins, lorsqu'ils sont utilisés pour des interventions d'urgence relevant d'un impératif de sécurité publique, sous réserve :

- Que le SDIS (CODIS, Tel : 04.94.39.41.18) et la DDTM (PC Forêt VAR, Tel : 04.89.96.43.61) soient informés au préalable ;
- Que la sécurité soit assurée en permanence par un dispositif d'extinction débitant au moins 40 litres d'eau par minute, composé d'un groupe motopompe avec réserve de 400 litres d'eau minimum, une lance à eau et une longueur de tuyau permettant d'atteindre tout point du chantier, afin d'éviter et de parer à tout début d'incendie et par un moyen de communication téléphonique ou radio.
- Que les travaux de découpe soient assurés derrière des paravents et/ou plaques anti-projections et les travaux de soudures sous bâches ignifugées. »

Les travaux critiques vis-à-vis du risque d'incendie, c'est-à-dire nécessitant l'usage d'appareils, matériels ou engins, pouvant être à l'origine d'un départ de feu tel que défini dans l'Arrêté préfectoral du var du 19 juin 2018, **sont à réaliser de préférence hors période estivale du 21 juin au 20 septembre. En cas de nécessité de réalisation de certains de ces travaux pendant la période estivale du 21 juin au 20 septembre, les prescriptions de sécurité de l'arrêté cité ci-avant devront être mises en œuvre.**

2.2.6.3 Risque de crue

Historiquement, la répartition mensuelle des crues sur le Riou de l'Argentière est donnée par la figure ci-après :

RÉPARTITION MENSUELLE DES CRUES



Figure 31 – Répartition mensuelle des crues issue de l'exploitation de la liste des arrêtés de reconnaissance (Source rapport Etat des lieux de l'hydromorphologie du réseau hydrographique du Riou de l'Argentière, ONF/ RTM, Mars 2016)

90% des crues du Riou de l'Argentière ont lieu sur les mois de septembre, octobre, novembre et décembre.

Les travaux critiques du chantier devront donc être réalisés de janvier à août, afin de minimiser le risque de crue.

Des mesures de surveillance et de vigilance contre les crues devront être prises en compte en phase travaux. Il s'agira uniquement d'une surveillance/ vigilance météorologique, car les temps de réaction du bassin versant en terme de propagation de crue ne sont pas compatibles avec la mise en place d'un dispositif de mesure des débits/ hauteurs d'eau sur le Riou de l'Argentière.

L'entrepreneur en charge de la réalisation des travaux devra en permanence se tenir informé des prévisions des cours d'eau susceptibles d'avoir un impact sur le chantier, en prenant un abonnement à un service météo/ vigicrues/ inondation d'alerte.

2.2.7 Cadrage réglementaire du projet :

Le projet sera soumis à la demande de dérogation au statut de protection des espèces protégées (CNPN) au titre des articles L.411-1, L. 411-2 du Code de l'Environnement.

Le projet a pour objectif principal la prévention du risque inondation en réduisant les débordements dans les zones à enjeux humains et socio-économiques de la commune de Mandelieu-la-Napoule (secteur dans lequel 8 décès ont été recensés lors de l'événement du 03/10/2015). Il s'inscrit dans la SLGRI sur un territoire couvert par un TRI. **Il n'existe pas d'autre solution alternative satisfaisante, à la dérogation**, qui ne nuit pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle.

Il fait donc l'objet d'une demande de dérogation au statut de protection des espèces, intégrée au dossier de demande d'autorisation environnementale :

- **Évaluation des incidences NATURA 2000** au titre des articles L. 414-1 à 7 du code de l'environnement. En application de ces articles, le projet étant soumis à autorisation au titre des rubriques de l'article R214-1 du Code de l'Environnement, et à autorisation de travaux en site classé, il est soumis à Évaluation des incidences Natura 2000.
- **Permis d'aménager** au titre de l'article R421-19 du Code de l'Urbanisme. En application de cet article, le projet comprenant des exhaussements de sols de plus de 2m de haut sur plus de 100 m², et étant situé dans un site classé, il est soumis à permis d'aménager.

Le projet est soumis aux procédures réglementaires interdépartementales (06-83) ci-après :

- **Une demande d'examen au cas par cas vis-à-vis du régime d'étude d'impact.** A noter que cette demande a fait l'objet d'un arrêté portant décision de réaliser une étude d'impact.
- **Un permis d'aménager** comprenant :
Une Autorisation au titre des sites classés en application de l'article L. 341-10 (Massif de l'Estérel oriental)
- **Un dossier soumis à enquête publique** comprenant :
 - **Une Autorisation environnementale**
 - Un dossier « Loi sur l'eau » (Autorisation au titre des articles L. 214-1 à 6 du code de l'environnement) comprenant
 - Une Etude de danger ;
 - Une étude d'impact (également intégrée au titre de la DUP et valant évaluation environnementale de la mise en compatibilité du PLU de Fréjus) ;
 - Un Avant-Projet.
 - Une Évaluation des incidences du projet sur le site Natura 2000 de l'Estérel au titre des articles L. 414-1 à 7 du code de l'environnement

- Une autorisation de défrichement au titre du code forestier
 - Une demande de dérogation pour la capture ou l'enlèvement, la destruction et la perturbation intentionnelle de spécimens d'espèces animales et végétales protégées (dérogation aux interdictions mentionnées à l'article L.411-1 du code de l'environnement, au titre de l'article L.411-2-c du Code de l'Environnement (« dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publique ou pour d'autres raisons d'intérêt public majeur »)).
- **Une Déclaration d'utilité publique emportant mise en compatibilité du PLU de Fréjus** (avec enquête parcellaire conjointe) comprenant notamment l'étude d'impact valant évaluation environnementale de la mise en compatibilité du PLU de Fréjus.

Les dossiers d'autorisation environnementale et de Déclaration d'utilité publique emportant mise en compatibilité du PLU (MECPLU) de Fréjus feront l'objet d'une instruction interdépartementale (06/83).

L'enquête publique qui sera menée conformément au code de l'environnement portera sur :

- La demande d'autorisation environnementale,
- La déclaration d'utilité publique emportant mise en compatibilité du PLU de Fréjus,

A noter par ailleurs que l'analyse des documents d'urbanisme des communes impactées par le projet a fait ressortir les principaux points suivants :

- Commune de Fréjus :
 - Le projet (ouvrage et ZEC amont) s'inscrit dans un espace boisé classé → Mise en compatibilité du PLU
 - Un espace remarquable naturel → Dérogation pour un ouvrage de sécurité publique : cf. décret du 21 mai 2019. Le nouvel article R121-5 du code de l'urbanisme autorise les équipements d'intérêt général nécessaires à la sécurité des populations et à la préservation des espaces et milieux, sous réserve que leur localisation et leur aspect ne dénaturent pas le caractère des sites, ne compromettent pas leur qualité architecturale et paysagère et ne portent pas atteinte à la préservation des milieux.
- Communes des Adrets de l'Estérel et Tanneron : appliquent le RNU.

Rubriques de la nomenclature dont relève le projet
Tableau 2 : 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

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 (et éventuelles rubriques issues d'autres nomenclatures (ICPE, IOTA, etc.))
21a) Barrages de classes B et C pour lesquels le nouveau volume d'eau ou un volume supplémentaire d'eau à retenir ou à stocker est inférieur à 1 million de m ³ 21f) Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions tels que les aménagements hydrauliques au sens de l'article R. 562-18 du code de l'environnement. 10) Canalisation et régularisation des cours d'eau	L'ouvrage projeté est un barrage de classe C (IOTA 3.2.5.0) et un aménagement hydraulique en vue de prévenir les inondations en partie aval du cours d'eau (IOTA 3.2.6.0). Modification du profil sur 120 m environ (longueur de l'aménagement) (rubrique IOTA 3.1.2.0). Destruction d'environ 0.1 ha de frayères (1000 m ²) (rubrique IOTA 3.1.5.0)

Tableau 3 : Rubriques de l'annexe à l'article R.214-1 du Code de l'Environnement susceptibles d'être concernées par le projet

Rubriques suivantes de l'annexe à l'article R. 214-1 du code de l'Environnement		
Rubriques susceptibles d'être concernées	Caractéristiques du projet	Procédure correspondante
3.1.1.0. Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant : 1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ;	L'ouvrage fera obstacle aux crues de période de retours supérieure à 2 ans.	AUTORISATION
2° Un obstacle à la continuité écologique : a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (A) ; b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation (D).	Différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage	DECLARATION
3.1.2.0. 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, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau : 1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A) ; 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D).	Modification du profil en long du lit mineur et dérivation temporaire sur une longueur supérieure à 100m (profil en long concerné par le barrage et la fosse de dissipation : ≈120m)	AUTORISATION

Rubriques suivantes de l'annexe à l'article R. 214-1 du code de l'Environnement		
Rubriques susceptibles d'être concernées	Caractéristiques du projet	Procédure correspondante
<p>3.1.5.0. 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 crustacées et des batraciens :</p> <p>1° Destruction de plus de 200 m² de frayères (A) ;</p> <p>2° Dans les autres cas (D).</p>	Les travaux dans le lit mineur entraîneront la destruction de 0.1 ha d'habitat identifié comme zone de frayères potentielles pour le Barbeau méridional	AUTORISATION
<p>3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :</p> <p>1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m² (A) ;</p> <p>2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m² (D).</p>	L'ouvrage aura une emprise de l'ordre de 5 800 m ² en lit majeur.	DECLARATION
<p>3.2.3.0. Plans d'eau, permanents ou non :</p> <p>1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A) ;</p> <p>2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D).</p>	Plan d'eau temporaire associé au barrage de classe C (IOTA 3.2.5.0)	NON CONCERNE
<p>3.2.5.0. Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R. 214-112 (A).</p>	Barrage de Classe C	AUTORISATION
<p>3.2.6.0. Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions :</p> <p>-système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 (A) ;</p> <p>-aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 (A).</p>	Aménagement hydraulique incluant un Barrage de Classe C	AUTORISATION
<p>3.3.1.0. Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 1 ha (A) ;</p> <p>2° Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha (D).</p>	Retenue d'eau temporaire	NON CONCERNE

Tableau 4 : Rubriques au titre du code forestier susceptibles d'être concernées par le projet

Rubriques suivantes au titre du code forestier : Autorisation de défrichement		
Rubriques susceptibles d'être concernées	Caractéristiques du projet	Procédure correspondant au projet
<p>1° Superficie de défrichement < 0,5 ha :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Non soumis à Étude d'impact (EI) ■ Non soumis à Enquête publique (EP) ■ Non soumis à mise à disposition du public (MDP) <p>2° Superficie de défrichement entre 0,5 ha et 9,9 ha :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Soumis à Étude d'impact (EI) au cas-par-cas sur décision de l'Autorité environnementale (AE). À défaut, délivrance d'une attestation indiquant que l'Étude d'impact (EI) n'est pas nécessaire. ■ Non soumis à Enquête publique (EP) ■ Soumis à mise à disposition du public (MDP) si Étude d'impact (EI) <p>3° Superficie de défrichement entre 10 ha et 24,99 ha :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Soumis à Étude d'impact (EI) au cas-par-cas sur décision de l'Autorité environnementale (AE). À défaut, délivrance d'une attestation indiquant que l'Étude d'impact (EI) n'est pas nécessaire. ■ Soumis à Enquête publique si Étude d'impact (EI) <p>4° Superficie de défrichement supérieure ou égale à 25 ha :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Soumis à Étude d'impact (EI) ■ Soumis à Enquête publique (EP) 	<p>Surface de défrichement ~10162 m² <=> ~1,016 ha</p> <p>(cf. § 9.3. : «<i>Emprises à défricher</i>»)</p>	<p>Autorisation de défrichement dans le cadre de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Étude d'impact (EI) au cas-par-cas sur décision de l'Autorité environnementale (AE). À défaut, délivrance d'une attestation indiquant que l'Étude d'impact (EI) n'est pas nécessaire. - Non soumis à Enquête publique (EP) - Soumis à mise à disposition du public (MDP) si Étude d'impact (EI)

2.3 Synthèse des études antérieures

2.3.1 Données d'entrée et études antérieures disponibles

- Études antérieures : Rapports AVP phase 1 - Mission de maîtrise d'œuvre pour la construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI :
 - Rapport Etude hydraulique, Egis Eau Version 4 Juillet 2018 (**appelé dans la suite du présent rapport : Rapport AVP de modélisation hydraulique**).
 - Rapport Etude hydrologique, Egis Eau Version 9 Juillet 2018 (**appelé dans la suite du présent rapport : Rapport AVP d'étude hydrologique**).
 - Rapport Etude Préliminaire, Egis Eau Version 1 Décembre 2016 (**appelé dans la suite du présent rapport : Rapport AVP d'étude Préliminaire**).
 - Rapport G2 AVP 17CGc006Aa, ERG, Version A Mars 2018, (**appelé dans la suite du présent rapport : Rapport G2-AVP**).
- Rapport mission géotechnique G1 réalisé par la société SCP en janvier 2015 ;
- Etude préliminaire (SCP), CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE DE RALENTISSEMENT DYNAMIQUE DES CRUES DU RIOU DE L'ARGENTIERE (06), DANS LE CADRE DU PAPI : PROGRAMME DE TRAVAUX, (**appelé dans la suite du rapport : Etude préliminaire SCP**) ;

- Extrait dossier du PAPI : étude hydrologique ;
- Rapport hydromorphologie du Riou de l'Argentière (ONF / RTM).

2.3.2 Synthèse des Etudes hydrologiques AVP

Le détail des études hydrologiques menées dans le cadre de la présente mission est consigné dans le rapport AVP d'étude hydrologique (cf. annexe du dossier AVP).

2.3.2.1 Rappel des objectifs :

L'objectif de l'étude hydrologique était :

- D'actualiser les débits caractéristiques du Riou de l'Argentière ;
- De faire un bilan des connaissances et d'avoir une approche globale à l'échelle du bassin versant.
- De calculer les débits de pointe et les hydrogrammes à minima à chaque point de confluence et au droit des secteurs à enjeux (correspondant aux secteurs modélisés) : Q10, Q20, Q50, Q100, crue d'Octobre 2015, ainsi que les crues exceptionnelles (Q1 000 et Q10 000) au droit du site envisagé pour l'ouvrage de ralentissement dynamique.

2.3.2.2 Rappels des principales hypothèses et méthodologies utilisées :

Un modèle hydrologique pluie-débit a été réalisé en utilisant le logiciel PCSWMM, qui s'appuie sur un modèle de simulation hydraulique particulièrement complet (résolution totale des équations de Barré de Saint-Venant). Il permet notamment :

- de simuler des pluies synthétiques ou observées (événements ponctuels ou chroniques) et de propager les débits générés sur les bassins versants étudiés.
- à partir du découpage du bassin principal en sous-bassins homogènes, de :
 - Générer le ruissellement sur chacun d'entre eux à l'aide d'un modèle pluie-débit,
 - Propager les débits ainsi produits dans le réseau.

Le modèle hydrologique a été calé sur l'évènement d'Octobre 2015, à partir :

- De la pluviométrie reconstituée pour chaque sous-bassin versant ;
- Des débits estimés en certains points du bassin versant par la méthode HyMEX dans le cadre du RETEX de l'évènement du 03/10/2015 par les Services de l'Etat ;
- Du résultat du calage du modèle hydraulique 2D du Riou de l'Argentière.

La spatialisation de la pluie et l'état de saturation des sols de l'évènement d'Octobre 2015 a notamment bien été prise en compte.

Le modèle hydrologique ne prend pas en compte le laminage dans sa fonction de propagation des hydrogrammes. Une modélisation hydraulique 2D a été réalisée (cf. chapitre ci-après).

Les débits et hydrogrammes des crues exceptionnelles du Riou de l'Argentière (période de retour 1 000 et 10 000 ans) ont été estimés par la méthode du Gradex.

2.3.2.3 Rappel des principaux résultats :

Les estimations de débit du Riou de l'Argentière issues du modèle hydrologique Egis Eau 2017 se situent légèrement au-dessus des estimations BCEOM de 1999 et légèrement en-dessous de celle du PAPI.

Le calage du modèle pluie-débit mis en œuvre par Egis Eau dans le cadre de cette étude, sur les observations de l'évènement d'octobre 2015 permet d'améliorer notablement les estimations de débit sur le bassin versant du Riou de l'Argentière.

La période de retour de l'évènement d'octobre 2015 a été estimée à l'aide du modèle hydrologique Egis Eau 2017 : En amont de la confluence avec le Vallon du Grand Cabrol, le débit de pointe du Riou de l'Argentière est inférieur à 50 ans et le débit de pointe Vallon du Grand Cabrol est compris entre 50 ans et 100 ans. Entre la confluence avec le Vallon du Grand Cabrol et la confluence avec le Vallon de Saint Jean, le débit de pointe du Riou de l'Argentière et de ses affluents est compris entre 50 ans et 100 ans. Sur le Riou de l'Argentière et ses affluents en aval du Vallon de Saint Jean, le débit de pointe est supérieur à 100 ans.

Bassin versant	Localisation		Débit de pointe (m ³ /s) Crue 3/10/2015	Période de retour estimée
Riou de l'Argentière	Point n°1	Avant la confluence avec le ruisseau du Grand Cabrol	44.90	T < 50 ans
Riou de l'Argentière	Point n°2	Amont confluence avec vallon Saint Jean	134.00	50 < T < 100 ans
Riou de l'Argentière	Point n°3	Aval confluence avec vallon Saint Jean	229.00	~100 ans
Vallon du Grand Cabrol	Point n°4	Amont confluence avec Riou de l'Argentière	27.90	50 < T < 100 ans
Vallon Saint Jean	Point n°5	Amont pont Saint Jean, amont confluence vallon des 3 Termes	62.00	T > 100 ans
Vallon Saint Jean	Point n°6	Limite Fréjus-Mandelieu, amont confluence avec Argentière	90.50	T > 100 ans
Vallon de Maure Viel	Point n°7	Mandelieu domaine de Maure Vieil	30.00	T > 100 ans
Vallon de Maupas	Point n°8	Mandelieu ligne droite amont de la carrière	46.00	T > 100 ans

Tableau 5 : Débits de pointe modèle hydrologique Egis

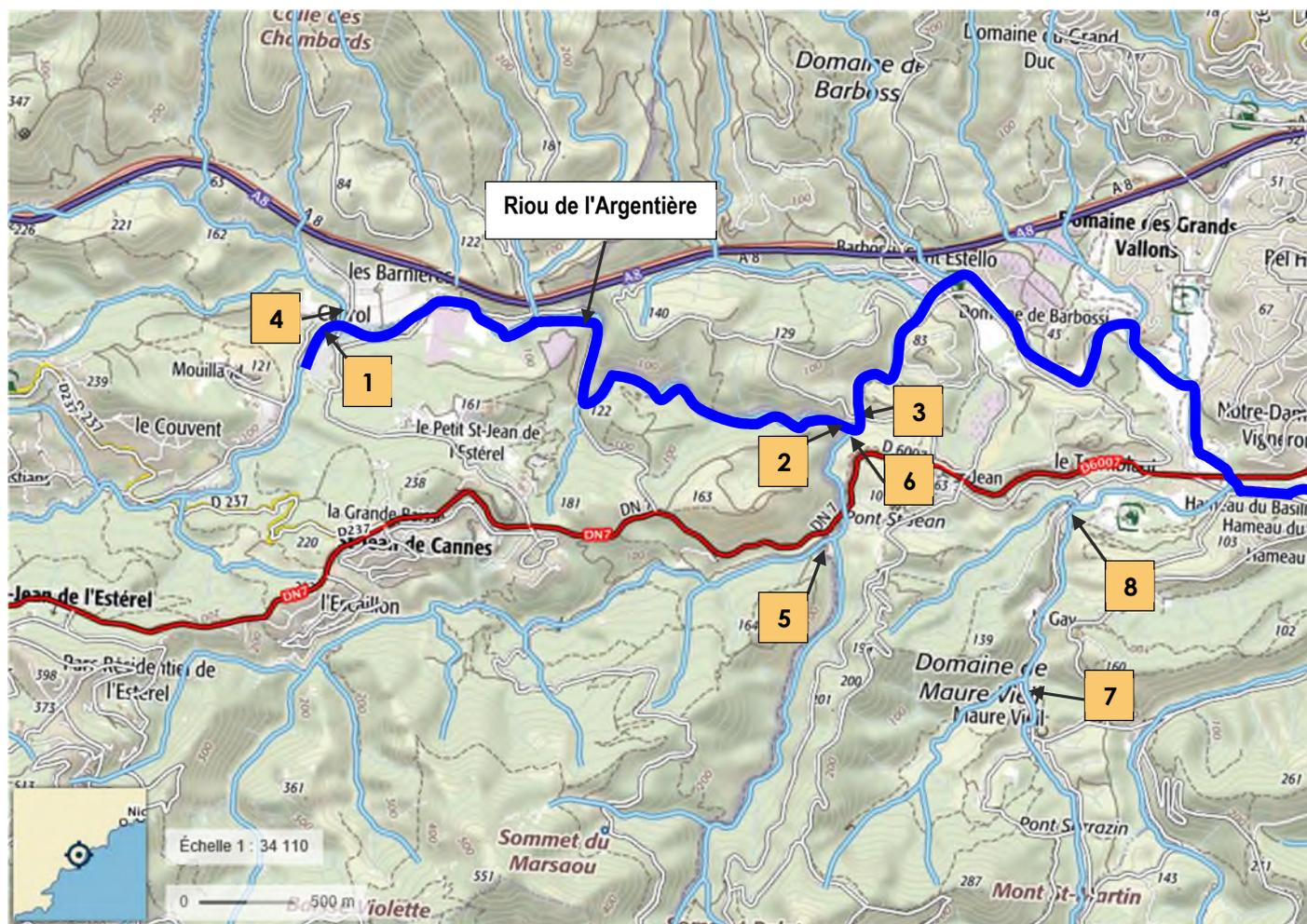


Figure 32 : Localisation des points de calcul

Au droit du site envisagé pour l'ouvrage de ralentissement dynamique des crues, la superficie du bassin versant drainé est de 15,6 km², soit 33% de la superficie totale (47 km²) du bassin versant du Riou de l'Argentière.

Les débits, volumes de crue et durée de la crue issus du modèle hydrologique Egis Eau 2017, au droit du site de l'ouvrage de ralentissement dynamique des crues des Barnières sont :

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1 000 ans	10 000 ans
Débit (m ³ /s)	53	70	92	121	231.60	315.03
Volume écoulé (m ³)	593,000	778,000	1,041,000	1,423,000	2,717,067	3,695,844
Durée de la crue	4 h 40	5 h 35	6 h 50	8 h 30	> 8 h 30	> 8 h 30

Tableau 6 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière sur le site de l'ouvrage de ralentissement dynamique (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017)

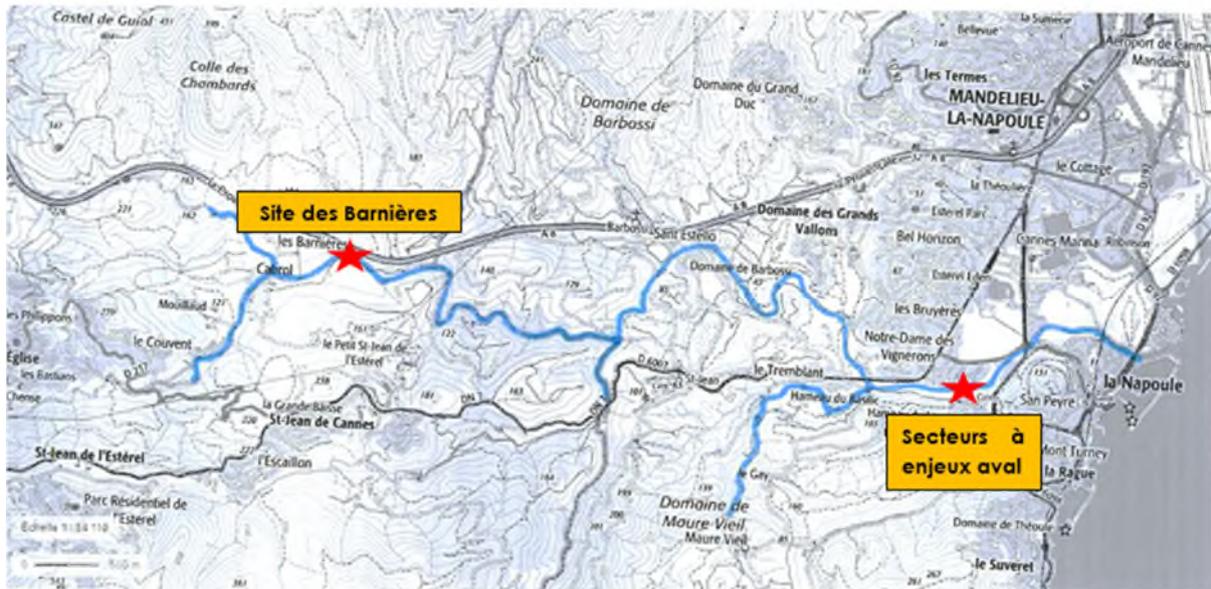


Figure 33 : Localisation des points de calcul

Les débits, volumes de crue et durée de la crue issus du modèle hydrologique Egis Eau 2017, au droit des secteurs à enjeux aval (Quartiers de Minelle et de Bon Puits) sont les suivants :

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Débit (m ³ /s)	180	233	301	383
Volume écoulé (m ³)	1,823,000	2,368,000	3,136,000	4,194,000
Durée de la crue	10 h 20	10 h 35	11 h 00	12 h 10

Tableau 7 : Débits, volumes et durée de crue du Riou de l'Argentière au droit des secteurs à enjeux aval (Source modèle hydrologique Egis Eau 2017)

L'application de la méthode du Gradex au droit du site envisagé pour l'ouvrage de ralentissement dynamique conduit aux valeurs de débits suivantes :

$$Q_{1\ 000} = 231 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10\ 000} = 315 \text{ m}^3/\text{s}$$

L'objectif de l'aménagement est, pour une crue de période de retour 50 ans au droit de l'ouvrage de ralentissement (92 m³/s), de limiter le débit au droit des secteurs à enjeux aval à une crue de période de retour 20 ans (233 m³/s). Cela revient à passer d'un débit de pointe de 301 m³/s au droit des secteurs à enjeux pour la crue 50 ans à un débit de pointe de 233 m³/s.

En première analyse, le volume disponible en amont de l'ouvrage est estimé dans les études préliminaires à 350 000 m³, ce qui permettrait de limiter le débit du Riou de l'Argentière à environ 35 m³/s pour une crue de période de retour 50 ans. L'écêtement au droit du site serait alors de l'ordre de 58 m³/s pour la crue de période de retour 50 ans. Dans le meilleur des cas, le débit de période de retour 50 ans, au droit des secteurs à enjeux, serait réduit de cette valeur et serait de l'ordre de 243 m³/s, c'est-à-dire voisin du débit de la crue de période de 20 ans (<4%). Toutefois, le modèle hydrologique ne prenant pas en compte le laminage dans sa fonction de propagation des hydrogrammes, ces résultats ne sont donnés qu'à titre indicatif. Seul le modèle hydraulique du Riou de l'Argentière permettra d'apprécier l'efficacité réelle de l'ouvrage (cf. chapitre ci-après).

2.3.3 Synthèse Etudes hydrauliques

Le détail des études hydrauliques menées dans le cadre de la présente mission est consigné dans le rapport AVP de modélisation hydraulique (cf. annexe du dossier AVP).

2.3.3.1 Rappel des objectifs :

La modélisation hydraulique a pour objectifs d'étayer l'état des lieux sur les problèmes possibles (débordements, dysfonctionnements, mises en charge, singularités hydrauliques). La modélisation du fonctionnement du réseau hydrographique est réalisée dans le but :

- De localiser les mises en charge, les points de débordement et les volumes débordés ;
- De dimensionner l'ouvrage de ralentissement dynamique, de manière à atteindre l'objectif d'écrêter la crue cinquantennale (92 m³/s) sur le site des Barnières, afin que les débordements générés dans les secteurs à enjeux en aval (zones habitées de la commune de Mandelieu-la-Napoule et notamment les quartiers de Minelle et de Bon Puits) ne soient pas plus importants que ceux générés par une crue vingtennale (175 m³/s).

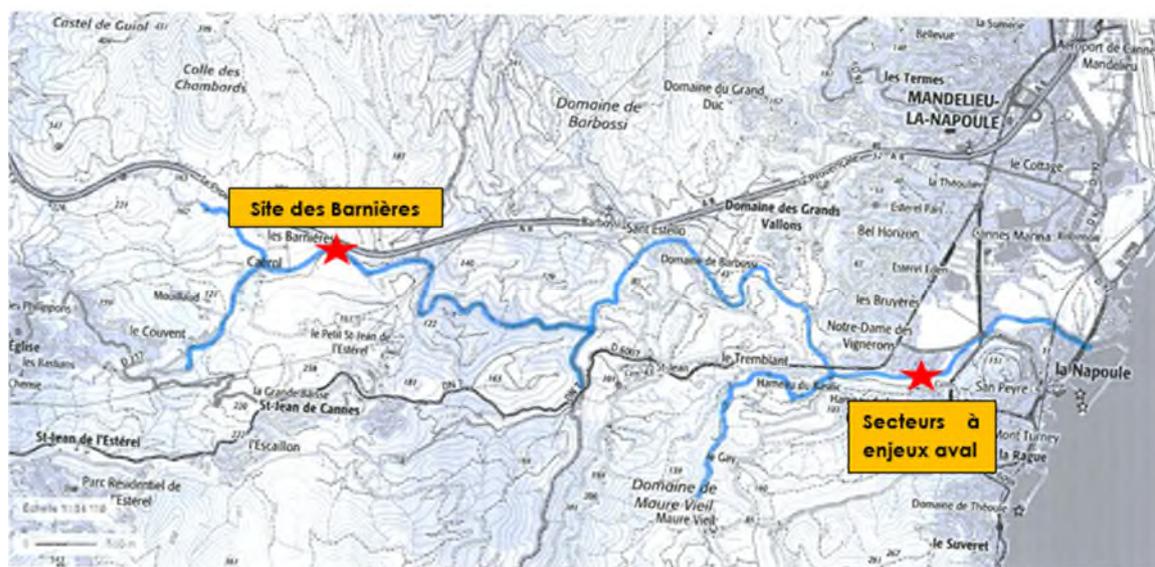


Figure 34 : Localisation des points de calcul

- De donner une estimation de l'impact des débordements : secteurs touchés, caractéristiques de l'inondation ;
- De préciser le rôle et l'importance des ouvrages singuliers dans le fonctionnement général du système ;
- De cartographier les aléas.

2.3.3.2 Rappels des principales hypothèses et méthodologies utilisées :

Compte tenu de la qualité des données topographiques disponibles, un modèle INFOWORKS ICM unidimensionnel/bidimensionnel a été mis en œuvre sur l'ensemble du champ d'inondation du Riou de l'Argentière entre le lieu-dit « Mouillaud » à l'amont et l'exutoire en mer.

Le modèle INFOWORKS ICM permet un couplage des écoulements en 1D/2D. Le lit mineur du Riou de l'Argentière est représenté en 1D, tandis que le lit majeur est représenté en 2D. Les conditions aux limites du modèle sont constituées par :

- Condition limite amont : hydrogramme du Riou de l'Argentière, à l'amont du modèle,
- Conditions aux limites latérales : hydrogrammes des affluents aux points de confluence avec le Riou de l'Argentière et des apports intermédiaires.
Les hydrogrammes des affluents sont injectés dans le lit mineur du Riou de l'Argentière, à l'exception du Vallon de Valauris dont la partie terminale est intégrée au modèle hydraulique.

Les conditions aux limites amont et latérales sont issues du modèle pluie-débit mis en œuvre dans le cadre de l'étude hydrologique (cf. chapitre précédent).

- Condition limite aval : Niveau marin :
 - Crue de 2015 : au marégraphe de Théoule : $z = 0.5$ à 0.6 m NGF (Source SCP)
 - Crues de projet : $z = 1.00$ m NGF (Validation SCP).

- Condition limite Siagne : Niveau marin.

Le modèle Hydraulique a été calé de façon à faire coïncider les cotes d'eau calculées par le modèle et les cotes d'eau observées lors de la crue du 03/10/2015 (repères de crue, et témoignages) :

- Par ajustement des coefficients d'écoulement (coefficients de Strickler) et des coefficients de perte de charge singulière (coefficients de seuils, de contraction...);
- par plusieurs itérations à partir des modèles Egis Eau hydrologiques et hydrauliques.

2.3.3.3 Rappel des principaux résultats :

Les cartographies des aléas et de la zone d'expansion de crue pour plusieurs occurrences de crue, sont disponibles dans le rapport AVP de modélisation hydraulique (cf. annexe du dossier). Les caractéristiques de l'ouvrage de ralentissement dynamique des crues sur le site des Barnières définies lors de l'étude préliminaire (Egis Eau – Décembre 2016) ont été précisées :

- Courbes Hauteur-Volume et Hauteur-Surface (Cf. rapport AVP de modélisation hydraulique (cf. annexe du dossier AVP)) ;
- Caractéristiques de l'ouvrage des Barnières issues du modèle Hydraulique 2D Egis Eau 2017 :

Caractéristiques de l'ouvrage des Barnières	Valeurs	Unité
Longueur :	65	m
Fil d'eau du Riou de l'Argentière :	60.5	m NGF
Cote retenue normale (RN) /déversoir :	71.5	m NGF
Hauteur de l'ouvrage au déversoir :	11.5	m
Volume de remblai de l'ouvrage :	26 500	m ³
Surface ZEC de rétention de l'ouvrage à RN :	125 800	m²
Volume ZEC de rétention de l'ouvrage à RN :	386 800	m³
Type de Déversoir :	Libre à entonnement frontal	
Cote crête du déversoir :	71.5	m NGF
Longueur déversante :	55	m
Type de Pertuis en pied :	Ouvrage traversant de section carrée	
Largeur du Pertuis de pied :	2	m
Hauteur du Pertuis de pied :	2	m
Pente du pertuis de pied :	1	%

Tableau 8 : Caractéristiques de l'ouvrage des Barnières issues des résultats du modèle Hydraulique 2D Egis Eau 2017

La valeur du niveau de la crête déversante de l'ouvrage des Barnières a fait l'objet d'une analyse de sensibilité selon plusieurs dimensions de la section hydraulique du pertuis et d'une

analyse comparative multicritère de plusieurs solutions (cf. chapitre 3.2.2.5.1 Justification du choix du niveau de crête déversante de l'ouvrage des Barnières.). La solution retenue d'une valeur de crête déversante fixée à 71,5 m NGF et d'un pertuis de section hydraulique 2 m x 2 m permet d'atteindre la meilleure performance hydraulique compatible avec des conditions d'exploitation et d'entretien acceptables (entretien mécanique possible jusqu'à 2 m x 2 m) et présente globalement le meilleur compromis en terme d'impact sur tous les critères étudiés.

.Période de retour	Niveau atteint dans la retenue (m NGF)	Hauteur d'eau sur le déversoir (m)
10 ans	68.68	0.00
20 ans	69.98	0.00
50 ans	71.47	0.00
100 ans	72.28	0.78
Crue 2015	71.60	0.10
1000 ans	73.28*	1.78*
10 000 ans	73.69*	2.19*

Tableau 9 : Niveaux atteints sur le déversoir

*Dans le cas des crues exceptionnelles (Q1000 et Q10 000), il a été considéré pour l'estimation de ces niveaux/ hauteurs d'eau, le cas plus défavorable d'un pertuis totalement bouché.

Période de retour	Débit entrant dans la retenue (m ³ /s) (1)	Débit sortant de la retenue (m ³ /s) (2)	Écrêtement par la retenue [(1)-(2)]/(1)
10 ans	54	27.3	49.4%
20 ans	70	29.8	57.4%
50 ans	92	32.4	64.8%
100 ans	121	64.1	47.0%
2015	92	32.5	64.7%

Tableau 10 : Débits de fuite de la retenue

Quelle que soit la période de retour de la crue, l'écrêtement par l'ouvrage des Barnières est important au droit du site de l'ouvrage (de 47% à 65%). Il est bien maximal pour la crue d'écrêtement du projet (50 ans).

Les modélisations hydrauliques montrent que l'ouvrage des Barnières ne permet pas de satisfaire pleinement l'objectif d'écrêtement attendu :

- Objectif attendu : Ecrêtement de la crue cinquantennale (92 m³/s) sur le site des Barnières, afin que les débordements générés dans les secteurs à enjeux en aval (zones habitées de la commune de Mandelieu-la-Napoule et notamment les quartiers de Minelle et de Bon Puits) ne soient pas plus importants que ceux générés par une crue vingtennale (175 m³/s).
- Résultats de l'ouvrage des Barnières :
 - Une modélisation d'une crue cinquantennale sans injection amont a été réalisée ; Elle correspondrait à un ouvrage qui stocke tous les apports amont (comme un mur de hauteur infinie sans pertuis de fuite). Dans ce cas, seuls les apports des affluents à l'aval de l'ouvrage sont pris en compte dans la modélisation. Cette modélisation permet de montrer que même sans injection amont, **l'objectif d'écrêter la crue cinquantennale (227 m³/s) en une crue vingtennale (175 m³/s) au droit des secteurs à enjeux n'est pas**

atteint (178 m³/s obtenus dans les secteurs à enjeux, pour le scénario sans injection amont), à cause de l'apport significatif des affluents aval (qui ne sont pas contrôlés par un ouvrage sur le site des Barnières), quelques soient les dimensions de l'ouvrage des Barnières, et de ses organes d'écrêtement (pertuis, déversoir), et qu'il est ainsi techniquement impossible d'atteindre pleinement l'objectif attendu au marché. Il est à noter que l'objectif d'écrêter une Q50 en une Q20 est celui du PAPI de 2014, soit avant la révision de l'hydrologie résultant de la crue d'octobre 2015 et que le débit de la Q50 dans les secteurs à enjeux à l'aval était alors de 200 m³/s et celui de la Q20 de 160 m³/s.

- Le dimensionnement de l'ouvrage des Barnières proposé permet d'obtenir les meilleures performances de l'ouvrage en termes d'écrêtement des crues. Il résulte d'une optimisation des dimensions de l'ouvrage des Barnières, et de ses organes d'écrêtement (pertuis, déversoir) :
 - L'écrêtement de la crue cinquantennale (92 m³/s) sur le site des Barnières, permet d'atteindre des débordements générés dans les secteurs à enjeux en aval (zones habitées de la commune de Mandelieu-la-Napoule et notamment les quartiers de Minelle et de Bon Puits) correspondant à ceux générés par une crue de période de retour 27 ans (192 m³/s).

Période de retour	Débit état actuel (m ³ /s) (1)	Débit état aménagé (m ³ /s) (2)	Écrêtement par la retenue [(1)-(2)]/(1)
10 ans	143	131	8.4%
20 ans	175	160	8.6%
50 ans	227	192	15.4%
100 ans	283	241	14.8%
2015	327	288	11.9%

Tableau 11 : Débits de pointe au droit des secteurs à enjeux

- Dans les secteurs à enjeux en aval (zones habitées de la commune de Mandelieu-la-Napoule et notamment les quartiers de Minelle et de Bon Puits), il est à noter :
 - Selon le modèle hydraulique Egis 2017, une diminution avant ouvrage/ après ouvrage des Barnières des effets de la crue à laminer du projet (Q50) en termes de débit de pointe de 227 m³/s à 192 m³/s, soit – 35 m³/s.
 - Selon l'ACB du PAPI, une diminution avant ouvrage/ après ouvrage des Barnières des effets de la crue à laminer du projet (Q50) en termes de débit de pointe de 209 m³/s à 160 m³/s, soit – 49 m³/s.

Selon le modèle hydraulique Egis 2017, un impact positif est constaté après réalisation de l'ouvrage des Barnières, dans les secteurs à enjeux avec globalement, une division quasiment par 2 des hauteurs d'eau dans les secteurs à enjeux, ainsi qu'une diminution des vitesses dans ces secteurs (cf. Cartographies ci-après d'incidence sur les hauteurs d'eau et les vitesses de l'ouvrage de ralentissement dynamique pour la crue Q50 : Etat Projet par rapport à l'Etat Actuel).

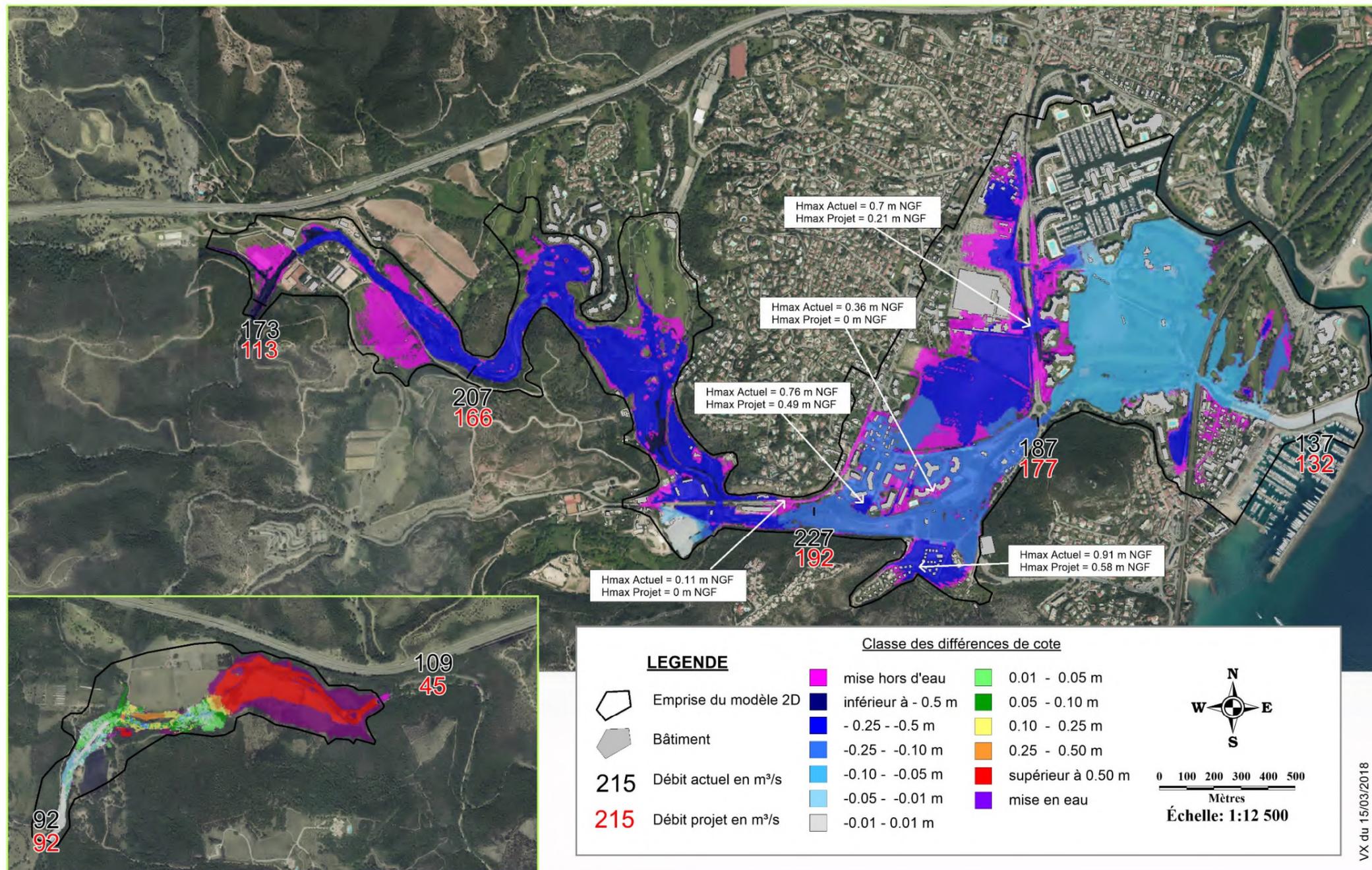


Figure 35 : Cartographie d'incidence sur les hauteurs d'eau de l'ouvrage de ralentissement dynamique pour la crue Q50 : Etat Projet par rapport à l'Etat Actuel.

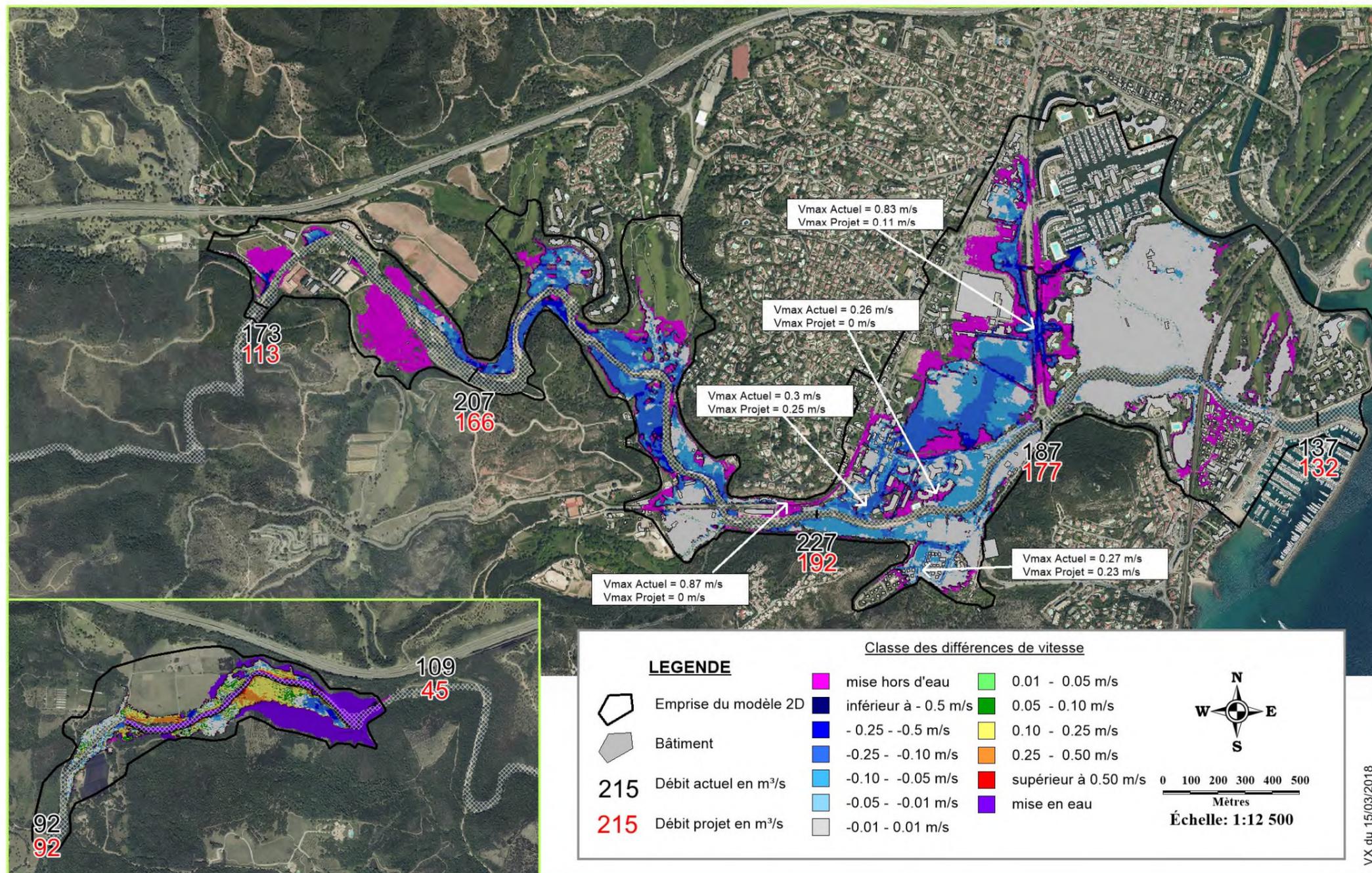


Figure 36 : Cartographie d'incidence sur les vitesses de l'ouvrage de ralentissement dynamique pour la crue Q50 : Etat Projet par rapport à l'Etat Actuel.

2.3.4 Synthèse des investigations complémentaires menées en phase AVP

2.3.4.1 Topographiques

Des investigations topographiques ont été menées en phase AVP, par le géomètre OPSIA en deux campagnes :

- Relevés LIDAR en août 2016 ;
- Levés topographiques terrestres en février 2017.

Les rendus topographiques d'OPSIA sont disponibles en annexe du dossier AVP.

D'autres données topographiques existantes ont été récoltées et utilisées dans le cadre de l'AVP.

2.3.4.2 Les données topographiques utilisées dans le cadre de l'AVP sont les suivantes :

- Levés LIDAR amont (OPSIA – Septembre 2016) ;
- Complément de levés LIDAR amont (OPSIA – Février 2017) ;
- Levés LIDAR aval (RGE Alti – IGN 2013) ;

Tous ces levés LIDAR ont un pas d'espace de 1 m.

- Relevés de 18 profils en travers et de 11 ouvrages de franchissement depuis l'amont du lieu-dit « les Barnières » jusqu'à l'exutoire en mer (OPSIA – Février 2017) ;
- Domaine de Barbossi – Riviera Golf : levés de 21 profils en travers et du profil en long du lit mineur sur un linéaire de 2 700 m à la traversée du domaine, levés de plans ponctuels (David PIERROT – MARS 2017) ;
- Vue en Plan au 1/2000 et profils en travers topographiques réalisés par la société OPSIA en avril 2012 sur le site des Barnières ;
- Les données de MNT de 2008 au pas de 25 m et la BD Topo de 2008 de l'IGN sur l'ensemble du bassin versant.
- Les données de MNT de 2009 au pas de 5 m fournies par le CRIGE PACA sur l'ensemble du bassin versant.
- Les photogrammétriques de 2001 et de 2009 réalisées pour le compte du SISA depuis San-Estello jusqu'à la mer.
- Les plans de recollement du Riou de l'Argentièr suite au recalibrage entre la RN7 et la voie ferrée de juillet 2007.

2.3.4.3 Géotechnique

Le détail des investigations géotechniques menées dans le cadre de la phase AVP de la présente mission est consigné dans le rapport G2-AVP d'ERG (cf. annexe du dossier AVP).

2.3.4.3.1 Investigations géotechniques en phase AVP

Les investigations géotechniques ci-après ont été réalisées dans le cadre de la phase AVP, par le géotechnicien ERG en novembre et décembre 2017 :

- Un levé géologique de terrain ;
- 4 sondages de reconnaissances géologiques destructifs, notés SP1 à SP4, d'environ 15 m de profondeur, avec essais pressiométriques (40 essais au total répartis sur les 4 sondages) et enregistrement des paramètres de foration ;
- 3 sondages de reconnaissances géologiques carottés, notés SC1 à SC3, d'environ 15 m de profondeur, avec 12 essais Lugeon (répartis sur les 3 sondages) ;
- 25 fouilles de reconnaissances à la pelle mécanique, notés PM1 à PM25, d'environ 1 à 3 m de profondeur.
- Des essais d'identification en laboratoire sur des échantillons de sol prélevés au droit des pelles ;
 - 17 mesures de teneur en eau, analyses granulométriques, mesures de valeurs au bleu des sols ;
 - 1 mesure de limites d'Atterberg sur les fractions argileuses ;
 - 9 essais Proctor.
- 3 profils sismiques ont été réalisés. 2 profils se sont révélés inexploitable et seront refaits en phase G2-PRO.

Suite aux investigations géotechniques, les modèles géomecaniques retenus en phase AVP sont définis ci-après :

	Types de matériaux	γ_d	γ_{sat}	c'	Φ'	k
		[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	[m/s]
Remblai argileux	Sols argileux	20	22	25	25	10 ⁻⁷
Protections	Enrochements	18	20	0	40	10 ^{-2*}
Remblai paysager	Matériaux sableux	20	22	5	35	10 ^{-5*}
Recharge Aval	Remblai technique	18	20	0	30	10 ^{-4*}
Tapis drainant	Matériaux granulaires de classe D	18	20	0	35	10 ^{-3*}
Injection entre remblai et fondation et écran d'étanchéité	Coulis	22	22	90	90	10 ⁻⁷ à 10 ⁻⁹

Tableau 12 : Modèle géomecanique retenu pour le corps du Barrage (Source G2 AVP ERG)

*Les perméabilités sont fortement conditionnées par la nature des matériaux, qui seront mis en place (réutilisation des matériaux du site ou non) et leurs mises en œuvre (compactages,...).

L'angle de frottement Φ' pris à 90° sur le coulis d'injection entre remblai et fondation et écran d'étanchéité a été proposé par ERG à dire d'expert, il fera l'objet en phase d'études ultérieures (PRO) d'un test de sensibilité avec $\Phi' = 45^\circ$. A l'issue de ce test, le Φ' le plus sécuritaire pour l'ouvrage sera retenu dans la suite des justifications qui seront menées en phase PRO.

Les matériaux du site sont essentiellement sableux et graveleux. La réalisation du noyau étanche (remblai argileux) nécessitera donc un apport de matériaux.

N° Sol / Faciès	Epaisseur moyenne m *	Horizon et Faciès	Caractéristiques géomecaniques			γ_d	γ_{sat}	c'	Φ'	k
			E_M	pl^*	α					
			[MPa]	[MPa]	[-]					
1	1.2	Remblais	11**	1.8**	1/3	18	20	0	32	-
2	0.9	Sables	2**	0.5**	1/3	18	20	2	34	10 ⁻⁴
3a	2.3	Gneiss +/- fragmentés	46	1.7	2/3	25	27	10	30	10 ⁻⁴
3b	-	Gneiss fracturés	375	5.0	1/3	25	27	30	30	10 ⁻⁴

Tableau 13 : Modèle géomecanique retenu pour le sol de fondation (Source G2 AVP ERG)

*Les épaisseurs ont été estimées à partir de l'ensemble des sondages réalisés sur le site à partir du terrain naturel.

**Valeurs uniques mesurées.

Avec

- Pl^* : pression limite nette (valeur minimale retenue au sein du faciès 3a et moyenne au sein du faciès 3b) ;
- E_M : Module préssiométrique (moyenne harmonique pour les faciès 3a et 3b) ;
- α : Coefficient rhéologique ;
- γ_d : Poids volumique sec ;

- Y_{sat} : Poids volumique saturé ;
- C' : Cohésion à long terme ;
- ϕ' : Angle de frottement à long terme ;
- k : Perméabilité ($k_v=k_h$ supposé).

2.3.4.4 Remarques :

- Dans le modèle géomécanique, il a été considéré arbitrairement un niveau d'eau au sein des sables (sol 2),
- L'ordre de grandeur de la perméabilité au sein du sol de fondation a volontairement été majoré d'un facteur 10, du fait des résultats d'essais non concluant et de manière à considérer un degré de saturation de perméabilité de fracture au sein du gneiss assez élevé.
- Les paramètres de sols (Y_d , Y_{sat} , C' , ϕ') ont été estimés à partir des résultats des essais pressiométriques, du modèle de calage des paramètres et de la description des faciès, dans la perspective d'une étude de stabilité, ils ne découlent pas d'essais de laboratoire.
- Les épaisseurs données ci-dessus pourront varier en plus ou en moins en fonction d'anomalies géologiques éventuelles non décelées lors de la réalisation des sondages AVP.

2.3.4.4.1 Réutilisation de matériaux disponibles sur site

Les travaux récents sur le centre équestre des Barnières ont conduit à des modifications importantes de la topographie du site et du Riou de l'Argentière dans cette zone par rapport à 2012 :

- Remblaiement et rehausse des terrains (carrière équestre, plateformes d'enclos,...).
 - Remblaiement et diminution de la section du lit mineur du Riou de l'Argentière.
- Ces aménagements récents sont de nature à « polluer » les zones d'emprunt du site et à diminuer le volume disponible de stockage des crues pour un ouvrage de ralentissement des crues de gabarit et hauteur identique. **La zone en remblais située au Sud du centre équestre des Barnières n'a par conséquent pas été retenue comme zone d'emprunt potentielle** (cf. zone en violet sur figure ci-après).

Au vue de l'exploitation du centre équestre sur l'amont du site, de la présence de zones fortement boisées et de l'étroitesse du Riou de l'Argentière, 4 zones d'emprunt potentielles ont été identifiées et investiguées lors de la G2 AVP :

- **1 zone de prairie située au Nord-Ouest du site des Barnières**, non exploitée. Lors des investigations géotechniques de la G2 AVP, il a été constaté un substratum rocheux affleurant dans cette zone. **En l'absence d'une épaisseur de terrain de couverture raisonnable, cette zone potentielle d'emprunt n'a finalement pas été retenue.**
- **1 zone située au Nord-Est du site des Barnières**, de prairie exploitée pour des pâturages équins.
- **1 zone située en rive droite, en amont immédiat du méandre Sud**, de prairie exploitée par des plantations (eucalyptus) et des pâturages équins.
- **1 zone de ripisylve sur risberme du Riou de l'Argentière, située en rive gauche au niveau du méandre Sud.** Cette zone n'est pas exploitée par une activité humaine, mais elle est déjà

directement impactée par les aménagements provisoires nécessaires à la réalisation des ouvrages définitifs (installations de chantier, stockages, ...) (cf. chapitre 5.3 Description des ouvrages provisoires).

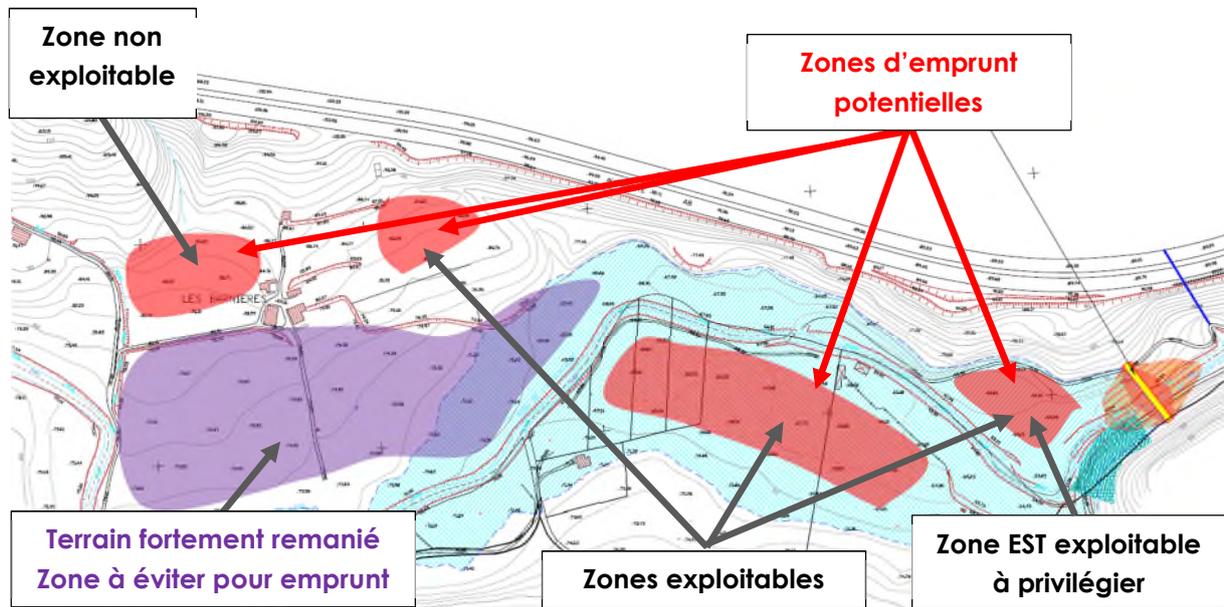


Figure 39 – Plan de principe des zones potentielles d'emprunt investiguées au stade G2-AVP

Suite aux analyses en laboratoire, le rapport de G2 AVP confirme que :

- Les matériaux issus du site (des 3 zones potentielles d'emprunt exploitables ci-avant) ne sont pas réutilisables pour réaliser le noyau étanche, les protections amont et aval, les drains et filtres de l'ouvrage des Barnières, car à dominante sableuse ;
- **Les matériaux issus du site (des 3 zones potentielles d'emprunt exploitables ci-avant) sont réutilisables pour réaliser la recharge aval et les remblais paysagers de l'ouvrage des Barnières. La Zone d'emprunt potentielle EST est à privilégier en raison de la proximité des travaux.**

Nota :

La Zone d'emprunt potentielle EST est suffisante pour approvisionner le chantier en matériaux issus du site pour réaliser la recharge aval et les remblais paysagers de l'ouvrage des Barnières (cf. 5.3.2 Zones d'emprunt).

Après prise en compte des avancées foncières (acquisition à l'amiable confirmée sur la parcelle CR512), la zone d'emprunt finalement retenue en PRO ne fait pas partie des zones d'emprunts investiguées en G2 AVP présentées ci-avant pour des raisons de minimisation des impacts du projet sur l'environnement (cf. 5.3.2 Zones d'emprunt). Au vue de la proximité des zones investiguées et de la zone finalement retenue, il devra être confirmé en G2 PRO, que la nouvelle zone d'emprunt retenue en G2 PRO présente bien des caractéristiques géotechniques similaires à celles investiguées en G2 AVP

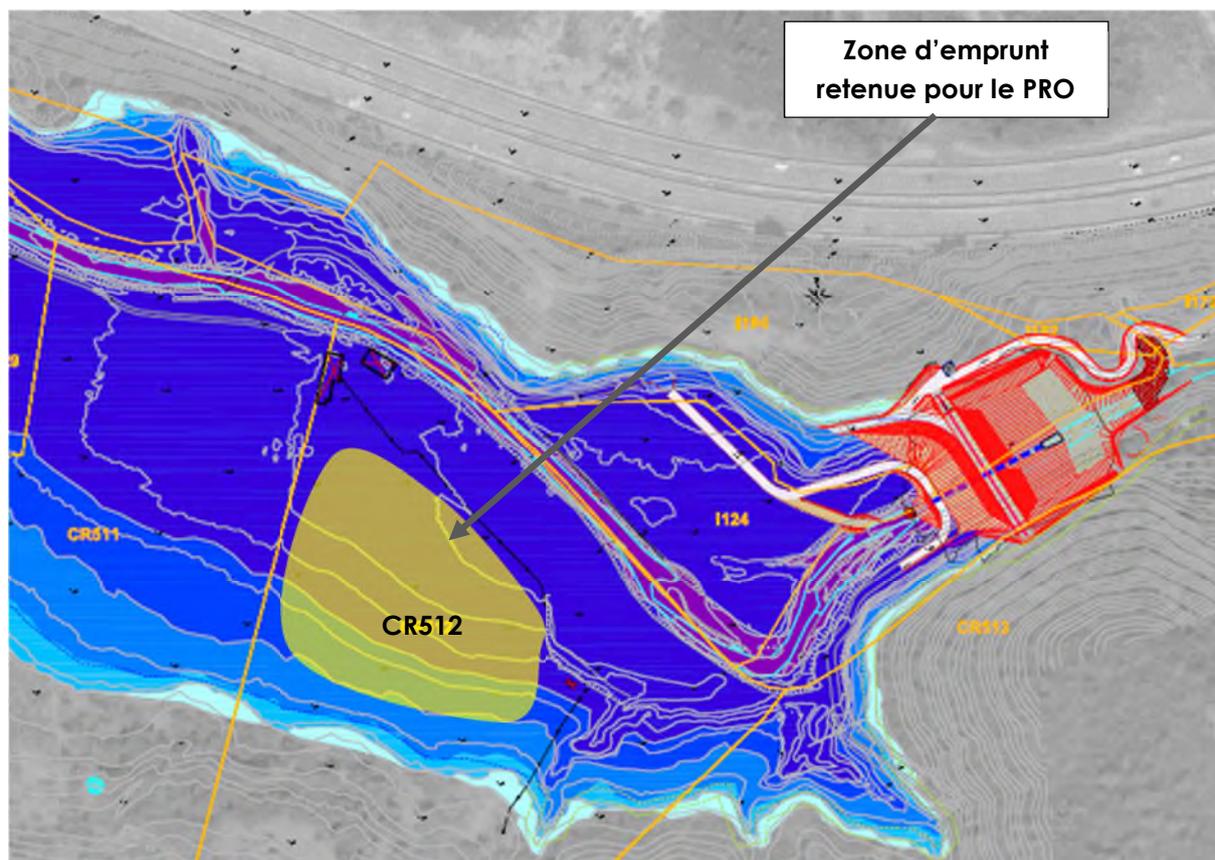


Figure 40 – Plan de principe de la zone d'emprunt retenue pour le PRO sur fond de plan n°2 de l'AVP

3. Description des ouvrages à réaliser

3.1 Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues

L'ouvrage des Barnières est un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type « surstockage passif ». Il met en œuvre le principe du « ralentissement dynamique » tel que défini par le Ministère de la transition écologique et solidaire :

« Les techniques de ralentissement dynamique consistent principalement à :

- Retenir les précipitations sur les versants aussi longtemps que possible, afin d'étaler dans le temps les volumes d'eau parvenant dans les cours d'eau ;
- Ralentir les vitesses d'écoulement des eaux dans les cours d'eau, afin d'étaler le volume d'eau dans le temps ;
- Favoriser la connexion avec les annexes fluviales et le lit majeur en général, pour amortir le pic de crue. »

Les ouvrages de surstockage peuvent être de plusieurs types, parmi lesquels les ouvrages dits passifs qui, au-delà d'un débit choisi, stockent l'eau et réduisent les débits de pointe à l'aval. Ce type d'aménagement est donc réalisé à l'amont des zones habitées, de façon à préserver les enjeux humains du risque inondation.

Les ouvrages de surstockage présentent deux modes de fonctionnement :

- Fonctionnement en période normale ;
- Fonctionnement en période de crue.

3.1.1 Fonctionnement en période normale (hors crue)

En période normale, l'ouvrage fonctionne en mode dit « transparent » :

En période normale, les écoulements passent le barrage au moyen d'un pertuis aménagé en fond de retenue, dans l'axe du lit de la rivière. Le barrage est dit « transparent », car toute l'eau de la rivière s'écoule à l'aval, sans stockage. La retenue reste sèche.

Les schémas présentés ci-dessous illustrent le principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période normale (hors crue) :

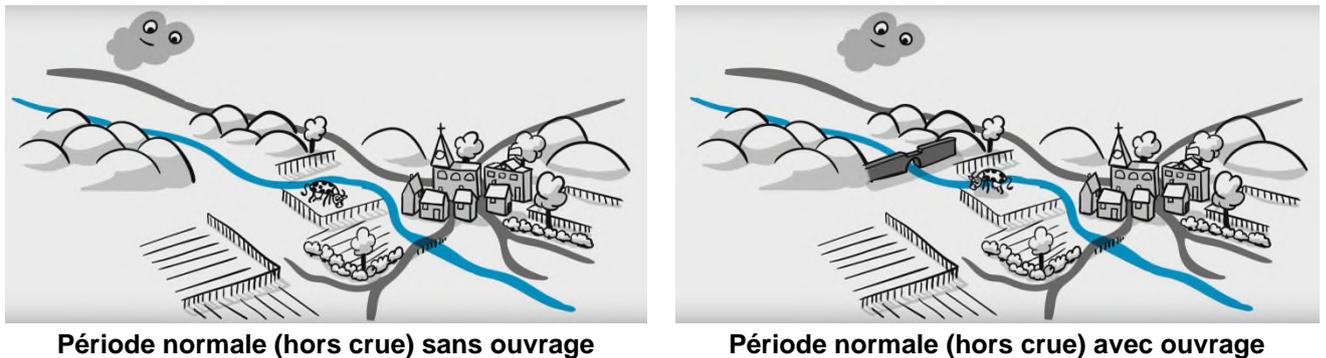


Figure 41 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période normale (hors crue) - (Illustrations sources SYRIBT)

3.1.2 Fonctionnement en période de crue

Lors d'une crue courante, l'ouvrage commence à stocker l'eau dès que le débit de la rivière dépasse le débit permis par le pertuis. Cette valeur de débit seuil est choisie lors de la conception des ouvrages pour permettre une protection efficace des lieux habités à l'aval.

La retenue se remplit et permet d'écarter le débit de pointe de la crue. L'eau continue d'être restituée par le pertuis.

Lorsque la hauteur d'eau atteint la cote de l'évacuateur, la restitution des eaux de crues à l'aval commence et s'effectue par un déversoir qui permet de maîtriser les écoulements. La capacité de rétention de l'ouvrage est alors dépassée. Des débordements peuvent se produire à l'aval.

Un tel procédé permet à la fois de respecter le fonctionnement hydrologique du cours d'eau et, d'écarter les crues, jusqu'à la crue déversante.

Les schémas présentés ci-dessous illustrent le principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période de crue :

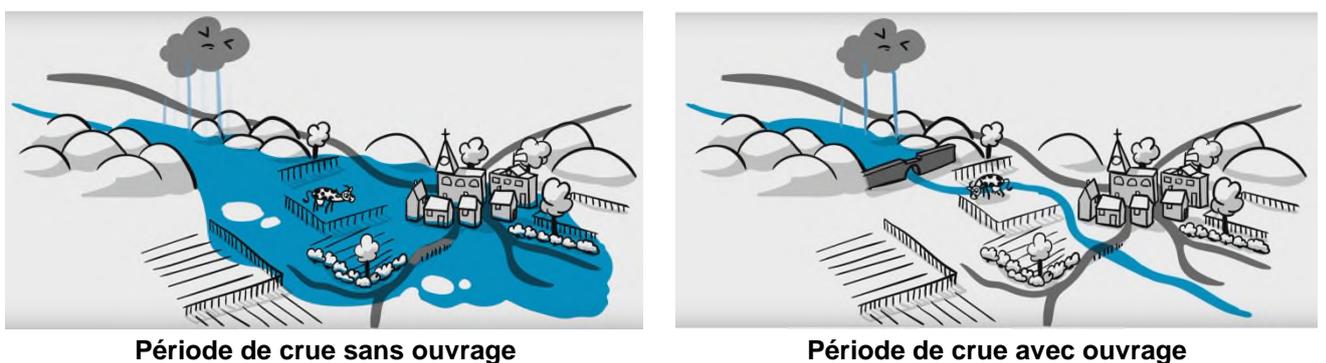


Figure 42 : Principe de fonctionnement d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues de type surstockage en période de crue - (Illustrations sources SYRIBT)

3.2 Dimensionnement des ouvrages principaux et justification du choix de la solution retenue

Le dimensionnement et les choix retenus ci-après pour l'ouvrage des Barnières résultent principalement des recommandations du Comité Français des Grands Barrages (Livre « Petits Barrages, recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi », éditions CEMAGREF 2002). Dans la suite du rapport, **ces recommandations seront appelées recommandations du CFGB (Petits Barrages)**.

3.2.1 Justification de la solution retenue

3.2.1.1 Choix de l'implantation de l'ouvrage

Le choix d'implantation de l'ouvrage des Barnières résulte d'une analyse multicritère menée dans le rapport Phase 1 AVP - Etude Préliminaire indice 1 d'Egis Eau (décembre 2016) (cf. annexe du dossier AVP).

Une synthèse de l'Etude Préliminaire est rappelée ci-après :

Objectif de l'étude : Fixer l'axe de l'ouvrage en optimisant le rapport efficacité du laminage des crues (à partir du volume théorique de la retenue) et du coût des aménagements (à partir du volume théorique de l'ouvrage).

3 axes d'implantation de l'ouvrage de ralentissement des crues ont été étudiés :

- **Solution n°1 :** L'axe de l'ouvrage a été implanté dans la zone amont du verrou naturel constitué par la vallée.
- **Solution n°2 :** L'axe de l'ouvrage a été implanté dans la zone du verrou naturel constitué par la vallée en amont de l'ouvrage de traversée de l'autoroute A8 (Vallon de l'Aubro). (Solution proposée dans l'étude de faisabilité de SCP).
- **Solution n°3 :** L'axe de l'ouvrage a été implanté dans la zone du verrou naturel constitué par la vallée en aval de l'ouvrage de traversée de l'autoroute A8 (Vallon de l'Aubro).

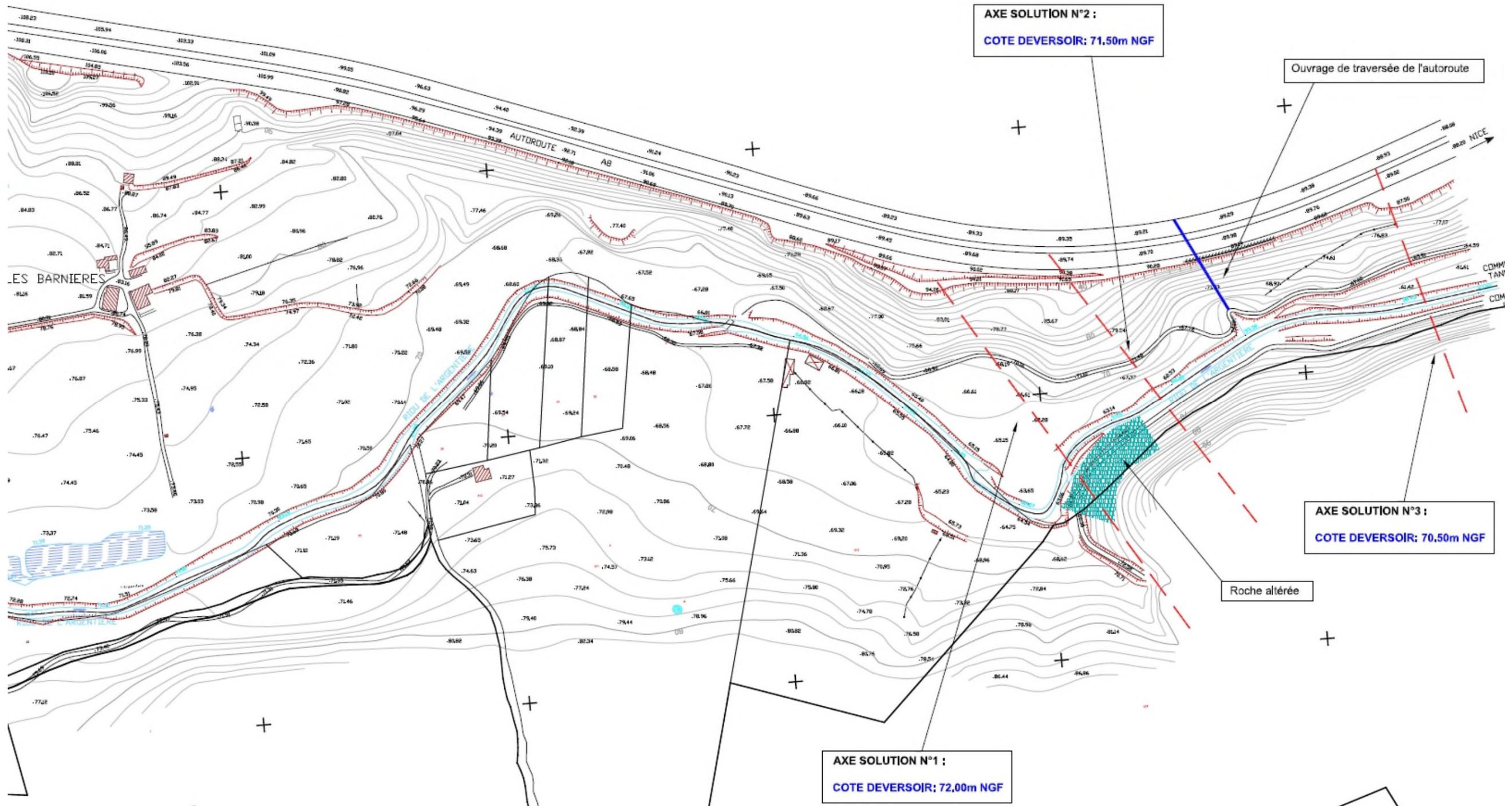


Figure 43 : Plan d'implantation des solutions étudiées en étude préliminaire

Conclusion :

La solution n°2 d'implantation a été retenue à l'issue de l'analyse multicritère de l'étude préliminaire principalement pour les raisons suivantes :

- **La solution n°3 est la solution qui génère le plus d'impacts négatifs sur les réseaux, les accès, l'ouvrage de traversée de l'autoroute.**
- **La solution n°1 présente l'ouvrage le plus grand en termes de volume de matériaux de remblais, d'emprise des travaux (Foncier), de délai de réalisation et de coût.**
- **La solution n°2 est la plus économique au regard du critère volume de barrage / volume de retenue.** Elle permet d'aboutir à l'ouvrage, le moins cher, le moins haut, le moins consommateur d'emprises, le moins important en termes de volume de matériaux.
- **La solution n°2 présente les meilleures garanties de site en termes de stabilité et pérennité des aménagements par rapport aux 2 autres implantations :**
 - La solution n°1 présente une réserve géotechnique, liée à l'ancrage de l'ouvrage en rive droite située dans une zone identifiée comme plus altérée au niveau de la roche par le géotechnicien en charge de la G2-AVP.
 - La solution n°3 présente également une réserve géotechnique en termes de stabilité et de pérennité des ouvrages, liée au risque d'imbibition des remblais de l'ouvrage de traversée de l'autoroute, qui seraient situés dans la Zone d'Expansion des Crues (ZEC).
 - Dans la solution n°2, l'ouvrage sera implanté en amont de l'ouvrage de traversée de l'autoroute et de ses remblais supposés en rive gauche et implanté en aval de la zone altérée en rive droite et évitera ainsi ces contraintes.

La solution n°2 retenue minimise les impacts, les risques, les délais de réalisation et le coût de l'ouvrage.

3.2.1.2 Choix du type d'ouvrage

3.2.1.2.1 Généralités

Les ouvrages peuvent se classer en deux grandes familles : Les ouvrages dits poids, qui utilisent leur masse pour contrer la pression de l'eau et les ouvrages à effet voute, qui redirigent la pression de l'eau vers un massif rocheux résistant.

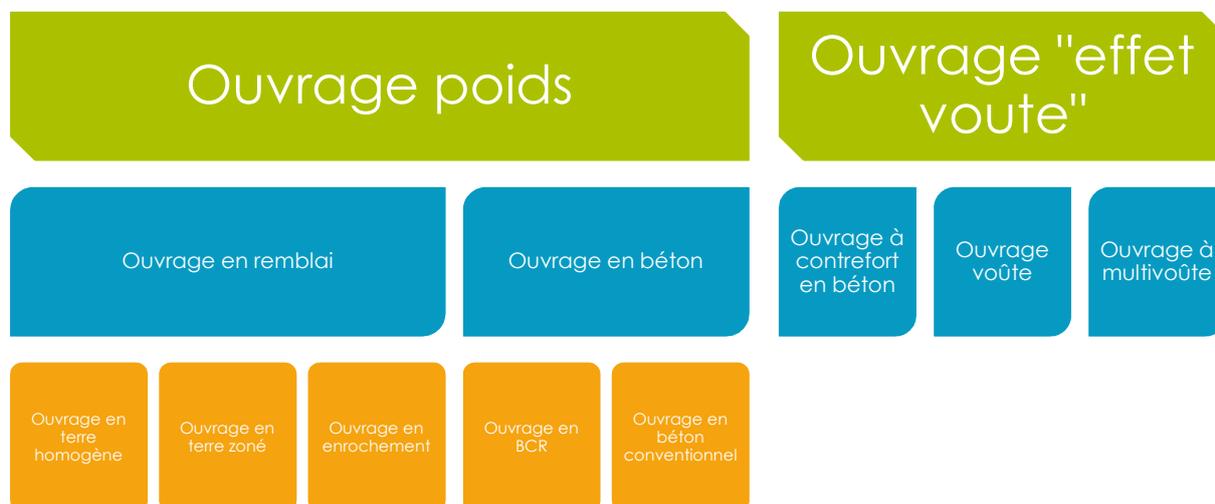


Figure 44 : Synoptique des différents types de barrages

Le choix du type d'ouvrage doit considérer de manière prioritaire plusieurs critères techniques et financiers, qui impactent directement la pérennité structurelle et fonctionnelle de l'ouvrage et sa faisabilité dont notamment :

- La forme de la vallée ;
- La hauteur de l'ouvrage ;
- La géologie et la géotechnique ;
- Le risque sismique (zone sismique 3 – Tanneron 83) ;
- Les matériaux de construction ;
- Les conditions climatiques et le rôle de l'ouvrage ;
- Les crues à maîtriser (risques vis -à-vis d'un remplissage et d'une vidange rapide et risques de submersion) ;
- Le coût financier.

En complément à ces critères prioritaires, le choix du type d'ouvrage doit considérer de nombreux autres critères (urbanistique, foncier, environnemental, paysager, d'accès, de réseaux,...) qui doivent dès que possible faire l'objet d'adaptations de l'ouvrage sans remettre en cause sa faisabilité technique de manière à minimiser les impacts de l'ouvrage.

3.2.1.2.2 Choix des ouvrages poids en remblais zonés

Analyse globale des différents types d'ouvrages :

Pour l'ouvrage des Barnières, le choix s'est porté sur des ouvrages de type poids, car, pour la gamme de hauteur d'ouvrages du projet (hauteur comprise entre 10 et 15 m), ils présentent un coût financier (conception et travaux compris) inférieur aux ouvrages à « effet voute ». De plus, la contrainte géotechnique du site (substratum gneissique fracturé en fondation et en rives) mise en évidence dans les reconnaissances géotechniques (G2 AVP) rend inadaptée une solution de type voute.

Ainsi, un ouvrage voute en béton ne sera pas retenu pour le site des Barnières.

Parmi les ouvrages poids, le choix peut se porter soit sur un ouvrage en terre soit sur un ouvrage en béton. Le premier peut se fonder sur des formations alluvionnaires meubles, mais aussi sur une fondation rocheuse tandis que le second sera exclusivement fondé sur un rocher sain et préparé. Plusieurs types d'ouvrages existent :

	<p>Ouvrage en remblai homogène</p>
	<p>Ouvrage en remblais zonés / enrochements</p>
	<p>Ouvrage en remblais zonés à noyau d'argile</p>
	<p>Ouvrage en remblais à masque amont d'étanchéité (et enrochements)</p>
	<p>Ouvrage poids en béton : Béton Conventionnel ou BCR</p>
	<p>(Fondation rocheuse exclusivement)</p>

Parmi le panel d'ouvrages poids possibles, le choix se portera sur une solution robuste, adaptée à l'écrêtement (soumis à variation hydrique forte).
Le tableau suivant présente de manière pédagogique les spécificités liées aux différents types d'ouvrages poids possibles.

Spécificités		Remblais homogènes	Remblais zonés / enrochements	Remblais zonés à noyau d'argile	Remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane)	Ouvrage BCR	Ouvrage Béton Conventionnel
Hauteur supérieure à 10 m		✗	✓	✓	⚠	✓	✓
Retenues sèches		✗	✓	✗ (retrait gonflement de l'argile)	✗ (vieillessement prématuré de la géomembrane)	✓	✓
Mise en œuvre « simple »		✓	✓	✗	✗	⚠	⚠
Matériaux nécessaires	Sable	✗	✓	✓	✓ (ou)	✗	✗
	Enrochement	✗		✗		✗	✗
	Limon	✓	✓	✗	✗	✗	✗
	Argile	✗	(ou)	✓	✗	✗	✗
	Béton	✗	✗	✗	✗	✓	✓
Matériaux déversoir	Béton	✓ (si latéral)	✓ (si latéral)	✓ (si latéral)	✓ (si latéral)	✓	✓
	Enrochement bétonné	✓ (si central)	✓ (si central)	✓ (si central)	✓ (si central)	✗	✗
Fondation	Rocher	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Meuble	✓	✓	✓	✓	✗	✗



Possible/adapté/matériaux nécessaires



À proscrire/non adapté/matériaux non nécessaires



Peut dépendre de la situation

Analyse spécifique sur les ouvrages en remblais homogènes :

Les ouvrages en remblais homogènes présentent l'avantage de pouvoir être construits avec des limons étanches du site lorsqu'ils sont disponibles.

Dans le cadre de l'ouvrage des Barnières, les sondages géotechniques ont montré qu'il n'était pas possible d'assurer la fonction étanchéité de l'ouvrage avec les matériaux du site. Il conviendrait donc d'approvisionner une grande quantité de matériaux limoneux depuis l'extérieur du chantier, ce qui présente un inconvénient important du point de vue environnemental et financier.

De plus, la sécurité d'un remblai homogène ne repose que sur un seul organe (remblai étanche). Si cela est communément accepté pour l'édification de digues de protection contre les crues, le risque de défaillance est élevé pour un barrage d'une dizaine de mètres de haut, de surcroît avec une retenue sèche. En effet, aucune barrière de sécurité ne permet de limiter l'initiation des phénomènes d'érosion interne en cas de défaillance du remblai étanche. Pour limiter les risques, il convient de disposer d'un organe de sécurité type filtration drainage au cœur de l'ouvrage.

Cet argument technique concernant la sécurité de l'ouvrage en phase exploitation est réhibitoire pour la solution d'ouvrage en remblais homogènes.

Analyse spécifique sur les ouvrages en remblais zonés à noyau d'argiles :

Les ouvrages en remblais zonés avec noyau d'argiles sont fréquemment utilisés sur les barrages de grande à très grande hauteur. Cela permet de limiter la géométrie du noyau donc les fournitures de matériaux étanches, traditionnellement plus onéreux compte tenu de leur nature et des complexités de mise en œuvre associées à ces matériaux.

La forme du noyau nécessite une mise en œuvre conjointe des matériaux argileux au centre du barrage et des recharges amont et aval pour permettre la tenue des matériaux.

Cette configuration est possible et pertinente dans des périmètres d'ouvrages large (barrages très large du fait de leur hauteur importante ou barrages très longs du fait de la largeur de la vallée importante).

Dans le cadre de l'ouvrage des barnières, plusieurs arguments ont conduit à écarter cette solution :

- Le faible impact sur le coût des matériaux compte tenu :
 - du faible volume global de limons nécessaires,
 - des difficultés à trouver des argiles de grande qualité pour obtenir une étanchéité efficace sur une faible largeur.

En synthèse, diminuer le volume de limons pour le remplacer par des argiles n'est pas financièrement pertinent (peu d'économies de quantité, risques de cout plus important des matériaux argileux).

- Les difficultés de mise en œuvre liée à la taille du barrage et de la vallée. En effet, le fond de vallée est très étroit et le pied du barrage est occupé par le pertuis de fuite, nécessitant un travail des engins de compactage dans le sens amont-aval de la vallée. Ce sens de travail est perpendiculaire aux différentes structures d'un barrage en remblai zoné à noyau d'argiles. Il n'est pas envisageable de compacter simultanément

plusieurs types de matériaux avec un même compacteur (énergies de compactage différentes à apporter aux différents matériaux, épaisseurs de couches variables...). Cette exigüité engendre la nécessité de changer les méthodes de travail et d'utiliser du matériel plus petit, donc un délai d'intervention plus important, ce qui est contraire aux objectifs de planning de réalisation de l'ouvrage vis-à-vis des risques liés aux crues pendant la phase chantier.

- Les risques de fissuration d'un noyau étanche mince en argiles entre des recharges amont et aval compte tenu de la présence d'une retenue sèche.

Ces arguments techniques concernant les difficultés de mise en œuvre et l'absence d'économies financières substantielles sur le volume d'argiles sont réhibitoires pour la solution d'ouvrage en remblais zonés à noyau d'argiles.

Ainsi, d'après les paragraphes ci-avant :

- un ouvrage en remblai homogène ne sera pas retenu pour le site des Barnières, principalement du fait des besoins d'une grande quantité de matériaux limoneux (non disponible sur le site des Barnières) et des risques résiduels de défaillance en phase exploitation associés à cette technique.
- un ouvrage en remblais zonés à noyau argileux ne sera pas retenu pour le site des Barnières, principalement du fait d'une mise en œuvre difficile pour les ouvrages de faible hauteur dans un fond de vallée étroit.

Analyse comparative des quatre derniers types d'ouvrages :

Le choix du type d'ouvrage pour le site des Barnières devra donc se faire entre :

- Un ouvrage de type remblais zonés / enrochements,
- Un ouvrage de type remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane)
- Un ouvrage de type béton BCR.
- Un ouvrage de type béton Conventionnel.

Ces quatre types d'ouvrage sont bien adaptés aux ouvrages supérieurs à 10 m, et à une fondation rocheuse.

En termes de rôle de l'ouvrage, d'un point de vue performance hydraulique de l'aménagement, les quatre types d'ouvrage sont adaptés pour le laminage des crues.

Au vue de la forme de la vallée étroite, de la largeur importante du déversoir à réaliser, des difficultés de mise en œuvre, les 4 types d'ouvrage sont adaptés avec **une préférence pour le l'ouvrage en BCR**, qui permet une mise en œuvre d'un déversoir de grande largeur plus simple.

En termes de risque en phase travaux vis-à-vis des crues, les ouvrages de type Béton Conventionnel et BCR sont à privilégier, car peu sensibles aux risques d'érosion interne et externe (par surverse) en cas de crue en phase de construction.

En terme de risque sismique et de géologie, géotechnique, et notamment de sensibilité vis-à-vis de la qualité de la fondation (qui a été identifiée comme fracturée, et/ ou fragmentée, pas de substratum rocheux non fracturé rencontré à faible profondeur), les 4 types d'ouvrage sont adaptés (à condition pour l'ouvrage en BCR de partir sur une technique d'ouvrage en remblais dur plus adaptés à ces conditions), mais **un ouvrage non rigide de type ouvrage en remblais**

(remblais zonés/ enrochements ou remblais à masque amont d'étanchéité (geomembrane)) est à privilégier.

Au vu des résultats des investigations géotechniques, le **critère matériaux de construction disponible sur le site des Barnières** ne permet pas réellement de départager ces 4 types d'ouvrage. **Un ouvrage en remblais (remblais zonés / enrochements ou remblais à masque amont d'étanchéité (geomembrane)) est toutefois à privilégier**, car il présentera tout de même l'avantage de pouvoir réutiliser en corps de barrage (partiellement ou totalement) et en habillage amont le peu de matériaux exploitables sur site.

En terme de cout financier, pour le site des Barnières, les 3 autres types d'ouvrage (remblais zonés/ enrochements, remblais à masque amont d'étanchéité (geomembrane), béton conventionnel) sont nettement à privilégier par rapport à un ouvrage de type BCR.

Une analyse plus détaillée de ces quatre types d'ouvrage est menée ci-après :

Spécificités	Remblais zonés / enrochements	Remblai à masque amont d'étanchéité (géomembrane)	Béton BCR (technique remblais dur)	Béton Conventionnel
Rôle de l'ouvrage (Fonctionnement) : Retenues sèches	✓	✗	✓	✓
Rôle de l'ouvrage (Performance) : Laminage des crues	✓	✓	✓	✓
Forme de la vallée : Etroite Critère L/H : 6 (avec L = Largeur en crête et H hauteur de l'ouvrage)	✓	✓	✓ ✓	✓ ✓
Crues à maîtriser en phase définitif : Débit important => Largeur de déversoir très importante ~85% du linéaire disponible	✓	✓	✓ ✓	✓ ✓
Hauteur de l'ouvrage	✓	✓	✓	✓
Mise en œuvre hors déversoir « simple »	✓	⚠	⚠	⚠
Mise en œuvre du déversoir « simple »	✓	✓	✓ ✓	✓
Risque en phase travaux vis-à-vis des Crues	✓	✗	✓ ✓	✓ ✓
Risque sismique : zone sismique 3 – Modérée (Tanneron 83)	✓ ✓	✓ ✓	✓	✓
Géologie, géotechnique, et notamment sensibilité vis-à-vis de la qualité de la fondation (gneiss fragmentés ou fracturés)	✓ ✓	✓ ✓	✓	✓
Matériaux de construction disponible sur le site des Barrières : Sableux	✓	✓	✗	✗
Contraintes d'accès, de surveillance, d'exploitation et d'entretien	✓ ✓	✓	⚠	⚠
Délais	✓	✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓
Coût financier	✓	✓	✗	✓



Possible/adapté/matériaux nécessaires



À proscrire/non adapté/matériaux non nécessaires



Peut dépendre de la situation

Analyse spécifique sur les ouvrages en BCR :

En terme de cout financier, même si l'évacuateur de crue à réaliser sera couteux (car de grande dimension) dans le cas d'un ouvrage en remblais, la technique du BCR nécessite des ateliers de réalisation qui ne sont amortis qu'à partir d'un volume de béton suffisant à mettre en œuvre. Selon les recommandations du CFGB (Petits Barrages), le volume de matériaux à partir duquel un ouvrage en BCR devient rentable et compétitif (amortissement des frais d'ateliers) est de l'ordre de 35 000 à 40 000 m³ de volume de béton à mettre en œuvre.

Pour la section du barrage BCR qu'il faudrait à mettre en œuvre sur le site des Barnières, soit un ouvrage de 11,5 m de haut jusqu'à la RN (et 14,3 m selon le décret n°2015-526 du 12 mai 2015), avec un fruit du parement amont pseudo vertical et un fruit du parement aval de 0.6H/V, le volume de béton à mettre en œuvre serait de l'ordre de 6 000 m³, soit nettement inférieure au volume de rentabilité du BCR.

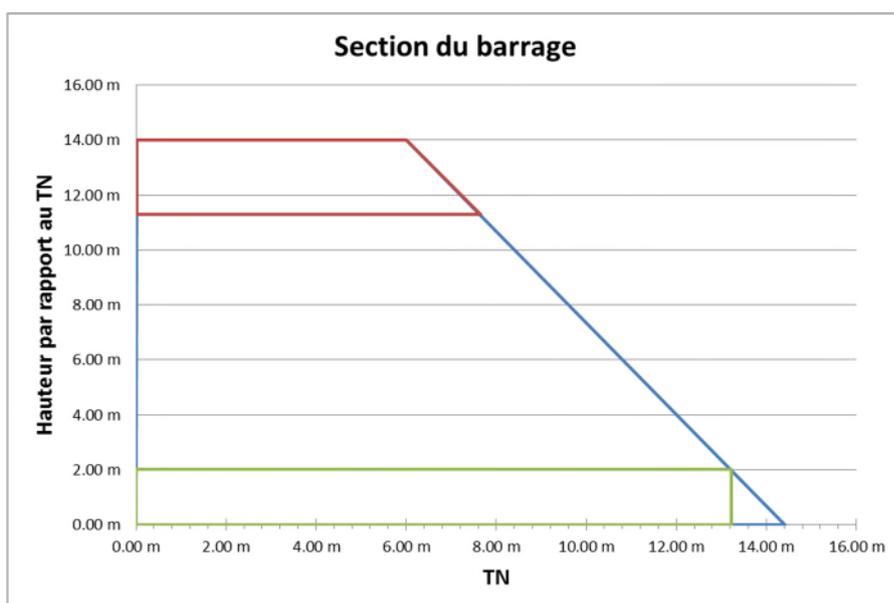


Figure 45 : Section d'un barrage de type BCR

En terme de cout financier, pour le site des Barnières, les 3 autres types d'ouvrage (remblais zonés/ enrochements, remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane), béton conventionnel) sont donc bien nettement à privilégier par rapport à un ouvrage de type BCR.

Ainsi, un ouvrage poids béton de type BCR ne sera pas retenu pour le site des Barnières, car non financièrement compétitif.

Analyse spécifique sur les ouvrages en remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane) :

En termes de rôle de l'ouvrage, d'un point de vue fonctionnement de l'aménagement, sur les 3 types d'ouvrages envisagés restants, seul l'ouvrage de type remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane) n'est pas adapté pour un fonctionnement en retenues sèches (hors crue).

En effet, les ouvrages en remblais avec masque amont d'étanchéité sont traditionnellement utilisés pour constituer des barrages en enrochements et/ou remblais provenant du site, couplés à un organe d'étanchéité mince à l'amont du barrage, de type géomembrane ou dallage béton.

Le dispositif d'étanchéité étant mince, il convient de pouvoir surveiller sa pérennité et son efficacité dans le temps. Cela est possible sur les barrages avec retenue permanente :

- La géomembrane reste visible dans le plan d'eau amont, elle peut être inspectée pendant les phases de vidange du barrage.
- L'étanchéité du barrage est contrôlée en permanence avec suivi des débits de fuite dans les dispositifs de drainage aval, toute augmentation du débit dans les ouvrages de contrôle traduit une diminution de l'étanchéité du barrage ou de sa fondation.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, la réalisation d'un barrage de ce type présente plusieurs inconvénients :

- La géomembrane ne peut pas rester visible puisqu'il s'agit d'une retenue sèche (impact paysager, dégradations par les agents atmosphériques...),
- Le recouvrement de la géomembrane nécessiterait la mise en place d'un dispositif de protection mécanique (dalle béton ou nappage en matériaux granulaires) avant la réalisation du remblai paysager amont, ce qui limite le gain financier qui pourrait être apporté par cette solution.
- La mise en place d'une géomembrane peut représenter un plan de glissement important des matériaux d'habillage rapportés au-dessus de la géomembrane, dont le glissement sera favorisé à la décrue, nécessitant des dispositifs spécifiques d'accrochage ou d'adoucir la pente du remblai (emprise foncière plus importante).
- La suppression des limons étanches pour réaliser l'étanchéité du barrage nécessiterait des apports de matériaux ou la réalisation d'un emprunt de matériaux supplémentaire sur site, comportant des incertitudes de quantité suffisante de matériaux de qualité et des impacts sur les paysages et le milieu naturel.
- Enfin, l'utilisation d'une géomembrane amont nécessite une adaptation du dispositif d'étanchéité de la fondation de l'ouvrage (quelle que soit la solution retenue) pour permettre une continuité d'étanchéité entre la géomembrane et la fondation :
 - Dispositif d'ancrage / recouvrement pour garantir la continuité
 - Géométrie de la coupure étanche dans la fondation à adapter avec inclinaison sur les versants, pour être dans le plan du talus amont où la géomembrane serait posée (alors qu'elle est à l'axe de l'ouvrage perpendiculaire aux versants pour les autres solutions).

Ces deux derniers points ajoutent des complexités de réalisation qui nécessitent des délais supplémentaires.

En terme de cout financier, la réalisation d'un ouvrage en remblais avec masque amont d'étanchéité (géomembrane) ne présente pas d'économie financière substantielle (cf. Dossier APS, Egis, 2019 en annexe) à l'échelle du coût du projet et au regard des contraintes techniques induites.

Ces arguments techniques concernant les difficultés de mise en œuvre et l'absence d'économie financière substantielle sur le coût du barrage sont réhibitoires pour la solution d'ouvrage en remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane).

En termes de risque en phase travaux vis-à-vis des crues, un ouvrage en remblais avec masque amont d'étanchéité (géomembrane) présente une trop grande vulnérabilité aux risques d'érosion interne (dans l'attente de la mise en œuvre de la géomembrane) et externe (par surverse) en cas de crue en phase de construction.

Dans le cas du site des Barnières, cet argument technique concernant le risque en phase travaux vis-à-vis des crues est réhibitoire pour la solution d'ouvrage en remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane).

Ainsi, un ouvrage en remblais à masque amont d'étanchéité (géomembrane) ne sera pas retenu pour le site des Barnières, car peu adapté pour des retenues sèches, présentant un risque non acceptable en phase de construction vis-à-vis des crues, et nécessitant de nombreuses sujétions techniques de continuité d'étanchéité avec l'écran de fondation.

Analyse comparative des deux derniers types d'ouvrages :

Le choix du type d'ouvrages pour le site des Barnières devra donc se faire entre :

- Une solution de type remblais zonés/ enrochements,
- Une solution de type béton Conventionnel.

Vis-à-vis du critère de l'empreinte carbone :

L'empreinte carbone d'un projet est principalement estimée en fonction de :

- L'empreinte carbone en phase de construction :
 - Liée à la production hors chantier (apport).
 - Liée au transport hors chantier (apport/ évacuation).
 - Liée à la mise en œuvre sur chantier (fonctionnement des engins, véhicules,...).
- L'empreinte carbone en phase d'exploitation.

Concernant la production hors chantier des matériaux d'apport, à ce stade des études, la solution en béton conventionnel paraît plus défavorable vis-à-vis de l'empreinte carbone, car la production de béton nécessite en plus des couts « carbone » de mélange des différents constituants, la production de ciment qui a une forte empreinte carbone.

Concernant le transport hors chantier, à ce stade des études, la solution en béton conventionnel paraît la plus favorable vis-à-vis des apports (moins de matériaux à mettre en œuvre), **mais plus défavorable vis-à-vis de l'évacuation,** car la fosse de dissipation est plus grande et surtout, car il n'y pas de substitution dans une zone d'emprunt contrairement à la solution en remblais zonés/ enrochements.

Transport hors chantier (apport/ évacuation)	Solution Remblais zonés/ enrochements	Solution Béton Conventionnel
Apport argile (m3) (< 50km)	9 490	0
Apport drainant (m3) (<30km)	2 410	0
Apport enrochements (m3) (<30km)	10 200	7 500
Apport béton (m3) (<30km)	2 900	9 900
Evacuation (m3) (<30km)	21 000	29 000
TOTAL (m3)	46 000	46 400

Tableau 14 de comparaison des principaux volumes de matériaux faisant l'objet d'un transport hors chantier.

Au final, les 2 solutions paraissent équivalentes sur ce sous-critère « transport hors chantier », à ce stade des études.

Concernant la mise en œuvre sur chantier, la solution remblais zonés/ enrochements, qui mobilise beaucoup plus de matériaux et nécessite plus de manipulations (notamment un compactage par passe de 30 cm et l'exploitation d'une zone d'emprunt) **paraît plus défavorable sur ce sous critère à ce stade des études.**

Mise en œuvre sur chantier (fonctionnement des engins, véhicules,...)	Solution Remblais zonés/ enrochements	Solution Béton Conventionnel
Apport argile (m3)	9 490	0
Apport drainant (m3)	2 410	0
Apport enrochements (m3)	10 200	7 500
Apport béton (m3)	2 900	9 900
Remblais du site (m3)	5300	0
Rip Rap du site (m3)	800	0
Exploitation zone d'emprunt (m3)	14520	0
TOTAL (m3)	45 620	17 400

Tableau 15 : Tableau de comparaison des principaux volumes de matériaux faisant l'objet d'une mise en œuvre sur chantier.

Concernant la phase d'exploitation, les 2 solutions paraissent équivalentes en terme d'empreinte carbone à ce stade des études :

- D'un point de vue surveillance, ces interventions (visites) seront réalisées à pied et auront une empreinte carbone similaire (très faible) pour les 2 solutions.
- D'un point de vue entretien, à l'échelle globale du projet (ZEC + ouvrage), les opérations d'entretien de la végétation (débroussaillage, abattage d'arbres sélectifs) auront une empreinte carbone similaire pour les 2 solutions (surfaces similaires ~20 ha) et les opérations de curage/ remobilisations des matériaux de la ZEC auront une empreinte carbone similaire pour les 2 solutions (car ~200 m³ Q10 à 500 m³ Q100 pour les 2 solutions). D'un point de vue entretien des accès, les 2 solutions auront une empreinte carbone similaire (car la longueur de piste en moins dans la solution béton n'est pas significative (~100 m) devant la longueur de piste d'accès à la RD7 commune aux deux solutions (~2km)).

En conclusion, à ce stade des études, aucune des 2 solutions ne paraît à privilégier d'un point de vue empreinte carbone.

Une analyse multicritère plus détaillée de ces deux types d'ouvrage a été menée dans le Dossier APS (Egis 2019) joint en annexe du Dossier AVP. Une synthèse de cette analyse est présentée sous forme de tableaux comparatifs par critères et sous critères ci-après :

Dans la mesure du possible les sous critères ont été classés de haut en bas du plus important au moins important. Pour chaque critère et sous-critère, il a été utilisé :

	Lorsque le critère ou le sous critère est FAVORABLE
	Lorsque le critère ou le sous critère est INTERMEDIAIRE
	Lorsque le critère ou le sous critère est DEFAVORABLE
	Lorsque le critère ou le sous critère est REDHIBITOIRE

Nota : Dans le Dossier APS (Egis 2019), la solution en remblais zonés / enrochements est nommée solution en remblais / enrochements.

	Critères	Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Stabilité et pérennité des aménagements	Aléa sismique :		
	Risque sous pression :		
	Risque érosion interne :		
	Aléa hydrologique :		
	Sensibilité aux malfaçons de construction du corps de barrage.		
	Sensibilité aux malfaçons de traitement de la fondation		
	Risques de défaillance en phase exploitation	 (Limités par plusieurs organes de sécurité (remblai étanche amont + filtre-drain aval)	 (Moins maîtrisé si un problème survient sur une partie de l'ouvrage béton)
Bilan :			

Vis-à-vis du critère Stabilité et pérennité des aménagements, les 2 solutions sont globalement équivalentes.

Les 2 solutions sont adaptées aux contraintes du site.

Critères		Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Difficulté de mise en œuvre Risque de crue	Risque de rupture vis-à-vis des crues en phase chantier :	 (Par érosion externe : Risque pour crues déversantes)	 (Moins important : Béton)
	Difficulté de construction :	 (Compactage des remblais : Mise en place du noyau argileux dépendante de conditions météorologiques favorables)	 (Refroidissement du béton coulé et coulage par plots et joints)
	Volume de corps du barrage à mettre en œuvre :	 (Important : Remblais, dont une grande quantité de matériaux argileux)	 (Moins important : Béton)
	Volume d'enrochements à mettre en œuvre :	 (Important)	 (Moins important)
	Bilan :		

Vis-à-vis du critère de Risque de rupture vis-à-vis de crues en phase chantier, la solution en béton conventionnel est à privilégier.

Critères		Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Contraintes d'accès, d'exploitation de surveillance et d'entretien	Accès en pied aval rive droite par piste, franchissement de l'ouvrage en rive gauche par piste, accès au pertuis de fond par piste amont. Franchissement du Riou de l'Argentière à l'amont par piste :		
	Accès en crête et à talus amont par pistes :		 (Risque vis-à-vis de la sécurité des exploitants de chute en crête)
	Conditions d'accès, d'exploitation, de surveillance et d'entretien :	 (Normales)	 (Difficiles)
	Bilan :		

Vis-à-vis du critère conditions d'accès, d'entretien, d'exploitation et de surveillance, la solution en remblais zonés/ enrochements est à privilégier.

Critères		Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Impacts sur le paysage	Morphologie des lieux :	 (Impact très fort : Emprise de l'ouvrage plus importante)	 (Impact fort : Emprise de l'ouvrage moins importante)
	Ambiances :	 (Impact fort : Parement amont incliné enherbé / Hauteur ~ R+4)	 (Impact très fort : Parement amont subvertical béton / Hauteur ~ R+4)
	Structures végétales et les perceptions de proximité :	 (Impact fort : Obstacle important en fond de vallée de hauteur ~ R+4)	 (Impact fort : Obstacle important en fond de vallée de hauteur ~ R+4)
	Perceptions éloignées :	 (Impact faible : Peu visible à cette échelle)	 (Impact faible : Peu visible à cette échelle)
	Bilan :	 *1	

*1 Evaluation révisée suite à COPIL du 12/06/19.

Vis-à-vis du critère d'impact sur le paysage, les 2 Solutions sont très proches l'une de l'autre. En effet, la solution en remblais zonés/ enrochements est plus impactante sur la morphologie et la solution en béton conventionnel est plus impactante sur les ambiances. Suite au COPIL du 12/06/19, il a été retenu que le critère sur l'ambiance est à privilégier. **Ainsi, vis-à-vis du critère d'impact sur le paysage la solution en remblais zonés/ enrochements est à privilégier.**

	Critères	Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Incidences sur l'environnement	Habitats naturels, flore et faune (invertébrés, amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères terrestres, chiroptères et poissons).	 (Impact fort : Emprise au sol du projet, dans sa globalité : Travaux, base vie, ouvrage, accès, ZEC)	 (Impact fort : Emprise au sol du projet, dans sa globalité : Travaux, base vie, ouvrage, accès, ZEC)
	Mesures d'évitement et de réduction :	 (Nécessaires)	 (Nécessaires)
	Dossier CNPN et mesures compensatoires :	 (Nécessaires)	 (Nécessaires)
	Bilan :		

Vis-à-vis du critère d'impacts sur l'environnement, les 2 solutions sont globalement équivalentes.

Les 2 solutions présentent des impacts similaires car l'impact global du projet (ouvrages provisoires (phase travaux) + ouvrages définitifs + ZEC (phase exploitation) , accès, réseaux ...) est le même pour les 2 solutions.

Autres Critères	Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Fonctionnement et performance hydraulique des aménagements		
Réseaux/ concessionnaires existants Réglementaires, urbanistiques administratives et juridiques Foncier		
Délais (y c période de préparation)	 (18 mois)	 (16 mois)
Coût de réalisation de l'ouvrage (Montant hors options y compris aléas)	 Solution 2A : Tranchée bétonnée de 4 m ~ 4,94 M€ H.T	 Solution 2A : Tranchée bétonnée de 4 m ~ 5,20 M€ H.T (~ +5%/ Solution AVP)
Coût d'entretien	 ~ 100 000 € H.T / an (~2%)	 ~ 130 000 € H.T / an (~2,5%)

Les 2 solutions présentent un fonctionnement similaire (pertuis de fond non vanné et EVC à surface libre) et des performances hydrauliques identiques (laminage de la Q50 aux Barnières avec des effets Q27 dans les zones à enjeux en aval).

Vis-à-vis du critère Réseaux/ concessionnaires existants, réglementaires, urbanistiques administratives et juridiques, foncier, les 2 solutions présentent des impacts similaires car l'impact global du projet (ouvrages provisoires (phase travaux) + ouvrages définitifs + ZEC (phase exploitation) , accès, réseaux ...) est le même pour les 2 solutions.

Les délais de réalisation sont similaires pour les 2 solutions avec un avantage pour la solution en béton conventionnel.

L'écart financier entre les 2 solutions n'est pas significatif à ce stade des études : < 5% avec un avantage pour la solution en remblais zonés/ enrochements.

Conclusion :

Autres Critères	Solution Remblais zonés / enrochements	Solution Béton conventionnel
Stabilité et pérennité des aménagements		
Fonctionnement et performance hydraulique des aménagements		
Difficulté de mise en œuvre Risque de crue		
Contraintes d'accès, d'exploitation de surveillance et d'entretien		
Impacts sur le paysage	 *1	
Impacts sur l'environnement		
Réseaux/ concessionnaires existants Réglementaires, urbanistiques administratives et juridiques Foncier		
Délais		
Coût		
Bilan		

*1 Evaluation révisée suite à COPIL du 12/06/19.

Ainsi, pour le site des Barnières, un ouvrage en remblais zonés/ enrochements a été retenu lors du COPIL du 12/06/19, à l'issue de l'analyse multicritère comparative.

3.2.1.3 Zonage de l'ouvrage :

Au vue du risque de crue en phase travaux, la solution doit être la plus rapide, la plus simple et la plus robuste à mettre à œuvre, afin de minimiser le délai de réalisation. Le choix d'un ouvrage en remblais zonés/ enrochements répond bien à ce besoin en minimisant le nombre de zones et d'interfaces dans l'ouvrage. Ainsi, par rapport à un ouvrage classique en remblais zonés avec noyau étanche, la recharge amont, le filtre amont et le noyau étanche sont remplacés par un unique remblai « étanche ».

L'ouvrage en remblais zonés/ enrochements sera ainsi composé des zones suivantes :

1. Un remblai argileux amont et central assurant l'étanchéité de l'ouvrage.
2. Une recharge aval contribuant à la stabilité de l'ouvrage.
3. Un filtre drain aval assurant la filtration et le drainage de l'ouvrage aux interfaces remblais argileux/ recharge aval et fondation/ recharge aval.
4. Une protection du parement amont aux vagues et à l'érosion.
5. Une protection du parement aval à la surverse, l'affouillement et l'érosion.
6. Un remblai paysager amont assurant une meilleure intégration paysagère.

3.2.1.3.1 Remblai argileux amont et central :

Pour assurer l'étanchéité de l'ouvrage, il est nécessaire de mettre en place une barrière d'étanchéité très peu perméable. Elle sera assurée par un remblai argileux amont et central.

- **Le remblai amont et central sera constitué en matériaux d'apport homogènes compactés argileux ou limoneux très peu perméables**, non sensibles aux phénomènes de retrait gonflement de l'argile et n'étant pas des argiles dispersives, afin d'être adapté au fonctionnement en retenue sèche.
- Ses caractéristiques devront être proches de :

	Type de matériaux	Poids volumique sec	Cohésion à long terme	Angle de frottement à long terme	Perméabilité
		Yd (kN/m ³)	C' (kPa)	Φ' (°)	k (m/s)
Remblais Argileux	Argileux ou limoneux	20	25	25	10 ⁻⁷

- Le talus aval sera dressé à 1H/ 1V, afin à la fois de limiter son emprise et d'assurer sa stabilité en phase de construction.
- Le talus amont sera dressé selon la pente de la protection du parement amont (cf. chapitre 3.2.1.3.4 Protection parement amont partie inférieure ci-après).

3.2.1.3.2 Recharge aval

Pour optimiser les coûts et dans un souci de revalorisation des matériaux issus du site, une recharge aval aux caractéristiques géomécaniques moins exigeantes a été retenue :

- **La recharge aval sera constituée en matériaux sablo-graveleux de préférence issus du site** : Matériaux sableux légèrement limoneux pouvant comporter des graves et des

galets de type B3, B5, C1B4, C1B3, C1B5, C2B4, C2B5. Si nécessaire des matériaux d'apport de mêmes caractéristiques seront utilisés en complément.

- Ses caractéristiques devront être proches de :

	Type de matériaux	Poids volumique sec	Cohésion à long terme	Angle de frottement à long terme	Perméabilité
		γ_d (kN/m ³)	C' (kPa)	Φ' (°)	K (m/s)
Recharge aval	Matériaux sableux issus du site (et/ ou d'apport)	18	0	30	10 ⁻⁵

- La recharge aval sera mise en place sur le filtre aval.
- Le talus aval de la recharge aval sera dressé selon la pente de la protection du parement aval (cf. ci-après).

3.2.1.3.3 Drains aval

Pour contrôler les éventuelles infiltrations à travers le remblai étanche amont, il est nécessaire de mettre en place un dispositif drainant et filtrant :

- **Le filtre drain aval sera constitué de sable filtrant d'apport, enveloppé intégralement dans une chaussette de géotextile.** Le matériau sableux sera de classe granulaire D.
- Ses caractéristiques devront être proche de :

	Type de matériaux	Poids volumique sec	Cohésion à long terme	Angle de frottement à long terme	Perméabilité
		γ_d (kN/m ³)	C' (kPa)	Φ' (°)	K (m/s)
Filtre aval et Tapis drainant aval	Matériaux granulaire de classe D	18	0	35	10 ⁻²

- Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), **le filtre drain aval remontera (hors déversoir) jusqu'au niveau normal des eaux + 0,20 à 0,30 mètre (soit 71,80 m NGF)** pour éviter tout risque de contournement, sous la crête près du parement aval ;
- **L'exutoire du drain aval** sera connecté à la fosse de dissipation aval par contournement du parafouille aval. Des barbacanes assureront également un exutoire direct à travers la protection du parement aval vers la fosse de dissipation aval. Ces dispositions seront détaillées en phase PRO.
- Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), l'épaisseur du filtre drain aval pour un barrage de $30 < H^2 \sqrt{V} < 100$ sera au minimum de 80 cm. **L'épaisseur du filtre aval retenue pour l'ouvrage des Barnières sera de 1 m.**
- Pour des raisons de sécurité, de simplicité de mise en œuvre, et de rapidité de mise en œuvre, **ce dispositif de filtre drain sera mis en œuvre sous forme de « tapis » drainant** et non de lanières drainantes, afin de minimiser le nombre d'interfaces.
- Aux interfaces remblai argileux/ filtre drain aval et filtre drain aval/ recharge aval, la pente sera réglée à 1H/1V, afin à la fois de minimiser les emprises et d'assurer sa stabilité en phase de construction.

- Aux interfaces fondation/ filtre drain aval, et filtre drain aval/ protection parement aval, la pente sera réglée selon la pente de la fondation ou de la protection du parement aval (cf. plans dans le dossier AVP).

Les critères granulométriques à retenir sont les suivants (les deux premiers sont issus des règles de TERZAGHI élaborées pour des matériaux granuleux uniformes) :

- **Règle de filtre** : $\frac{d_{15F}}{d_{85M}} < 5$ avec F pour le filtre et M pour le matériau plus fin à protéger (le filtre doit empêcher la migration des particules) ; Dans le cas d'un sol très fin, ce premier critère n'est pas utilisable ; il est alors recommandé de prendre un sable 0 - 5 mm en appliquant les autres critères (sauf s'il s'agit d'argiles dispersives) ;
- **filtres et drains relativement uniformes** (pour éviter ségrégation et assurer stabilité interne) ; **règle préconisée** $2 < \frac{d_{60}}{d_{10}} < 8$;
- **moins de 5 % d'éléments inférieurs à 80 µ et d15 des sables > 0,1 mm** (en appliquant la formule de VAUGHAN et SOARES $k = 0,35 d_{15}^2$ où k en cm/s et d15 en mm on obtient pour d15 = 0,1 mm une perméabilité $k = 3,5 \times 10^{-5}$ m/s, ce qui est une valeur limite pour un matériau drainant).
- Dans le cas d'un sol très gradué, avec $d_{60}/d_{10} > 16$, le filtre contigu à ce matériau doit être déterminé avec le d_{85} de la partie inférieure de la courbe granulométrique du sol, après le changement de pente.

3.2.1.3.4 Protection parement amont partie inférieure

- **La protection du parement amont du remblai contre les effets hydrodynamiques des vagues et contre l'érosion sera réalisée en enrochements libres de type rip rap sur géotextile de séparation/filtration.**
- Pour optimiser les coûts et dans un souci de revalorisation des matériaux issus du site, les enrochements libres de type rip rap seront constitués en matériaux rocheux issus de préférence du déroctage du site.
- La pente du rip/rap sera réglée à 2H/1V.
- La protection en rip rap sera mise en œuvre sur les 2/3 inférieures de l'ouvrage jusqu'à recouvrir la protection du parement amont de la partie supérieure.
- La protection en rip rap sera mise en œuvre sur un géotextile de séparation/filtration à l'interface rip rap/ remblai argileux.
- Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), l'épaisseur de la couche d'enrochements (mesurée perpendiculairement au parement) et le diamètre d_{50} tel que 50 % en poids des blocs aient un diamètre égal ou supérieur à d_{50} dépend de la hauteur des vagues déterminée par la formule de Bretschneider (cf. 3.2.2.6 Revanches aux vagues ci-après) et sont définis par le tableau ci-après.

Hauteur des vagues h (m)	Épaisseur e (m)	d_{50} des blocs (m)
0,30	0,30	0,20
0,55	0,40	0,25
0,80	0,50	0,30
1,05	0,60	0,40
1,30	0,70	0,45
1,55	0,80	0,50

Pour des hauteurs de vagues de l'ordre de 0,75 m, **l'épaisseur de Rip/ Rap retenue pour le parement amont de l'ouvrage des Barnières est de 60 cm, constituée de deux couches de blocs de d50 = 30 cm.**

La dimension des plus gros blocs sera limitée à l'épaisseur de la couche d'enrochements. Les éléments les plus petits n'auront pas un diamètre inférieur 10 cm.

3.2.1.3.5 Protections parement amont partie supérieure, crête et parement aval

Crête de l'ouvrage :

- Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), la largeur minimale de la crête est déterminée par la valeur maximum issue des formules ci-après :

	Ouvrage de Hauteur H (m)				11.5
	Lmin = 3 m	L=1/3*H	L=1.65*H^(1/2)	L=3.6*H^(1/3)-3	L min à retenir
Largeur (m)	3	3.83	5.60	5.13	5.60

La largeur de la crête retenue pour l'ouvrage des Barnières est de 6 m.

- La crête sera protégée par des enrochements bétonnés avec une pente de 2% vers l'aval et vers l'amont.
- Une longrine en béton de 50 cm d'épaisseur, sera mise en œuvre à l'axe de l'ouvrage à travers les enrochements bétonnés, de la crête jusqu'à 50 cm dans le remblai argileux, afin d'assurer une clé d'étanchéité et une arase uniforme de la crête déversante.

Parement amont et aval de l'ouvrage :

- Le parement aval sera protégé par des enrochements bétonnés avec une pente de 2,5H/1V.
- Le parement amont sera protégé sur le tiers supérieur par des enrochements bétonnés avec une pente de 3H/2V.

Géotextiles sous les enrochements :

- Un géotextile de filtration sera mis en œuvre aux interfaces enrochements bétonnés/ remblai argileux, enrochements bétonnés/ filtre drain aval, et enrochements bétonnés/ recharge aval.

Diamètre et épaisseur des enrochements bétonnés :

- Afin de résister aux fortes contraintes hydrauliques d'érosion, et d'affouillement, liées notamment à la surverse, **2 couches d'enrochements bétonnés de diamètre moyen 1,20 m seront nécessaires.** Le détail du dimensionnement des enrochements est donné dans le chapitre 3.2.2.8.1 Vérification vis-à-vis du risque d'érosion externe par surverse pour l'évacuateur de crue.)

3.2.1.3.6 Remblai paysager

• Parement amont :

Un remblai « paysager amont fusible » sera rajouté sur le parement amont minéral avec une pente de 2,5H/1V. Ce remblai fusible n'aura pas de rôle structurel, mais un rôle d'intégration paysagère.

Il sera constitué de matériaux issus du site (terre végétale d'épaisseur 20 cm et déblais) enherbés. Dans l'attente de la reprise végétative, un géotextile type coco assurera la protection des talus contre l'érosion de surface.

En cas de forte crue, ce remblai sera susceptible d'être partiellement décapé, et de laisser apparaître la protection minérale du parement amont (Rip Rap en partie basse et enrochements bétonnés en partie haute).

Pour raisons de bonne reprise végétative dans des délais raisonnables, il sera mis en œuvre un hydroseeding (mélange grainier d'apport) et un géotextile coco sur le parement amont du barrage et un ensemencement à partir de graines collectées sur site de la zone amont hors emprise du barrage.

- **Parement aval (option) :**

Lors de l'AVP, il a été étudié en option la possibilité de rajouter un remblai « paysager aval fusible », aux caractéristiques ci-après :

- Localisation : Sur le parement minéral aval sur les zones à 2,5H/1V ;
- Constitution :
 - Une couche de 40 cm de terre végétale issue du site enherbée mise en place sur le parement minéral ;
 - Un géotextile type coco mis en place sur la terre végétale enherbée, pour assurer la protection des talus contre l'érosion de surface, dans l'attente de la reprise végétative.
- Rôle : Pas de rôle structurel, mais un rôle d'intégration paysagère. Dès les premières surverses, (c.à.d, à partir d'une crue Q50 (92 m³/s)), ce remblai « fusible » serait entièrement décapé et laisserait apparaître la protection minérale du parement aval en enrochements bétonnés).

Cette option permettant de masquer les enrochements pour participer à l'intégration paysagère de l'ouvrage, n'a finalement pas été retenue pour la solution finale de l'AVP pour les raisons ci-après :

- Cette option nécessitait l'apport sur site de terre végétale supplémentaire. **L'utilisation de terre végétale d'apport dans le cadre de cette option est déconseillée d'un point de vue biodiversité et d'un point de vue paysager (intervention en site classé).**
- Cette option présentait également un risque de départ de matière en suspension pendant les phénomènes de surverse, avec transport de matériaux susceptible de se déposer plus en aval.
- Cette option présentait également des inconvénients d'un point de vue entretien et financier liés au caractère fusible de l'option proposée en cas de crue supérieure à la cinquantennale.

3.2.1.4 Choix des organes de sécurité de l'ouvrage

3.2.1.4.1 Choix de l'évacuateur de crue

3.2.1.4.1.1 Type d'évacuateur de crue

Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), l'ouvrage des Barnières ne faisant pas partie des « grands ouvrages » parmi les petits barrages ($H^2\sqrt{V} < 100$), une solution de type tour de prise au pied amont raccordée à une galerie sous le remblai, permettant, d'assurer les trois fonctions suivantes (évacuateur en puits (ou en tulipe), prise d'eau à différents

niveaux et vidange de fond) n'est pas économiquement intéressante. De plus, pour des raisons de sécurité (en cas d'obturation de la tulipe), et pour des raisons de minimisation des ouvrages traversant (un pertuis de continuité écologique serait alors en plus nécessaire) cette solution n'est pas adaptée au vue des crues violentes du Riou de l'Argentière et des contraintes du projet.

Ainsi, dans le cas de l'ouvrage des Barnières, conformément aux recommandations du CFGB, relatives aux petits barrages, l'évacuateur de crue devra être le plus robuste et le plus simple possible, notamment parceque son fonctionnement sera très peu fréquent du fait de l'utilisation de l'ouvrage en retenue sèche.

L'évacuateur de crues consistera en un chenal (ou coursier) avec seuil déversant (ou déversoir) libre à l'amont et dissipateur d'énergie à l'aval, en fond de vallée :

- Le profil libre d'un déversoir de grande largeur ($L > 15$ m) permettra de minimiser les risques de formation d'embâcles sur le déversoir et de favoriser une bonne évacuation des corps flottants par-dessus le déversoir. Dans ces conditions, un dispositif complémentaire de protection piégeant les corps flottants n'est pas nécessaire conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages).
- Le profil libre d'un déversoir de grande largeur implique l'absence de parties mobiles de type vannage ou clapet et les risques de sécurité associés en cas de dysfonctionnement des organes hydrauliques, ainsi qu'une maintenance et un entretien lourd associés.

Au vue de l'étroitesse de la vallée, et de la configuration de la vallée, l'entonnement ne pourra être que frontal.

3.2.1.4.1.2 Crête et largeur du déversoir :

Afin d'améliorer l'insertion paysagère de l'ouvrage, la largeur de l'évacuateur et l'emprise du déversoir doivent être les plus réduites possibles, tout en assurant la sécurité de l'ouvrage. Pour obtenir la meilleur performance de l'ouvrage en terme d'écrêtement de crue pour la crue de protection (Q_{50} , 92 m³/s), les études hydrauliques d'avant-projet (cf. Rapport AVP de modélisation hydraulique et 3.2.2.5.1 Justification du choix du niveau de crête déversante de l'ouvrage des Barnières.) ont démontré que :

La cote de la crête du déversoir optimum correspondant à la cote de la Retenue Normal (ou cote de la crue de protection Q_{50} (92 m³/s)) est de : 71,5 m NGF.

La largeur du déversoir optimum est de 55 m.

En effet, cette largeur de déversoir permet d'obtenir des hauteurs de lames déversantes pour les crues de projet et de danger bien inférieures à 3 m et proche de 2 m (cf. chapitre 3.2.2.5 Déversoir, cote de RN, cote des PHE et cote de danger ci-après) telles que recommandées par le CFGB (Petits Barrages), afin de trouver le meilleur compromis sécurité/ performance de l'aménagement.

Au vue des 65 m de largeur d'ouvrage disponible, les 55 mètres de largeur de déversoir ne laissent que très peu de marge de manœuvre pour l'insertion paysagère, à cause notamment des fortes contraintes techniques hydrauliques existantes d'érosion et d'affouillement sur le déversoir. Les mesures d'insertion paysagère proposées au chapitre 0

Intégration paysagère des aménagements *tendent à limiter au maximum l'impact visuel de ces contraintes.*

3.2.1.4.1.3 Nature de l'évacuateur de crue :

Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), l'évacuateur de crue peut être réalisé :

- En béton ;
- En enrochements bétonnés ;
- En enrochements liés au mastic bitumineux ;
- En gabions.

Le revêtement de type gabions est résistant et souple jusqu'à des vitesses de l'ordre de 8 m/s. Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, les vitesses dépasseront les 8 m/s sur l'évacuateur de crue notamment pour la crue de danger (Q10 000).

Ainsi, dans le cas de l'ouvrage des Barnières, une solution de type évacuateur en gabions est mal adaptée en termes de contraintes hydrauliques.

Le revêtement de type enrochements liés au mastic bitumineux est résistant et souple, mais il est bien plus coûteux qu'un revêtement en enrochements bétonnés. Cette technique est intéressante pour les très petits barrages en rivière sur fondations meubles devant évacuer un débit de crue très important.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, les fondations étant rocheuses, le surcout d'une solution en enrochements liés au mastic bitumineux ne se justifie pas techniquement.

La réalisation d'un évacuateur en béton nécessite la réalisation de joints articulés pour absorber sans dommage les faibles tassements observés et les phénomènes de retrait/dilatation thermique du béton. Une telle conception est classique pour des barrages jusqu'à environ 20 mètres de hauteur, et même plus, à condition que la longueur du seuil déversant ne dépasse pas environ 15 mètres, pour éviter des joints de construction dans le sens rive à rive (cf. recommandations du CFGB (Petits Barrages)).

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, 6 joints longitudinaux seraient nécessaires (4 +1 sur chaque rive), ce qui rendrait la réalisation de l'évacuateur plus complexe et plus longue. Or, au vue du risque de crue en phase travaux, la solution doit être la plus rapide, la plus simple et la plus robuste à mettre à œuvre, afin de minimiser le délai de réalisation.

Une alternative en béton texturé pour le parement aval (Evacuateur) améliorerait l'intégration paysagère de l'ouvrage, mais elle présenterait in fine les mêmes inconvénients (cités ci-avant) qu'une solution de type évacuateur en béton classique (non texturé).

Ainsi, dans le cas de l'ouvrage des Barnières, une solution de type évacuateur en béton (classique ou texturé) est mal adaptée en termes de contraintes de réalisation.

La réalisation d'un évacuateur en enrochements liés au béton permettra de rendre déversante la zone centrale du remblai revêtue, et ne nécessitera pas de mise en place de joints.

Ainsi, dans le cas de l'ouvrage des Barnières, une solution de type évacuateur en enrochements bétonnés est la mieux adaptée en termes de contraintes de réalisation et de site.

3.2.1.4.1.4 Coursier de l'évacuateur de crue :

Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), le tracé du chenal doit être aussi rectiligne que possible, et les changements de section ou de pente aussi réguliers que possible. Dans le cas contraire, des ondes stationnaires pourraient prendre naissance au niveau de ces discontinuités dans la partie amont de l'écoulement torrentiel. Elles se répercuteraient à l'aval en « rebondissant » sur les bajoyers du coursier. Les surélévations de la ligne d'eau qui en résulteraient pourraient provoquer des déversements lors des crues, qui seraient susceptibles de dégrader les appuis de l'ouvrage et l'ouvrage lui-même. Pour être à l'abri de ce problème, la conception la plus simple est recommandée : Un déversoir à entonnement frontal parfaitement rectiligne sur le remblai, suivi d'un coursier convergent à faible pente rectiligne. **Afin de respecter le critère de changement de section dans le convergent le plus doux possible, il est proposé de ne pas réduire de plus de 5 m de part et d'autre du déversoir, la dimension de la fosse en pied. Cette réduction de ~18 % sur ~28 m représente une réduction de section de l'ordre de 0.6% / m de coursier convergent.**

Un calcul de ligne d'eau (en régime permanent pour le débit de la crue de sûreté) permet de dimensionner la cote des bajoyers le long des coursiers, en adoptant une revanche de 0,50 mètre au minimum.

Pour l'ouvrage des Barnières, les bajoyers de l'évacuateur de crue seront en enrochements bétonnés de même diamètre et même épaisseur que le parement aval et la fosse, les fruits des bajoyers ne dépasseront pas 1H/1V, la hauteur des murs bajoyers du coursier sera de 2.75 m en crête d'évacuateur et jusqu'à 3 m en aval (⇔ crête de l'ouvrage avec revanche pare-vague) et diminuera à 1.5 m en section courante jusqu'au bassin de dissipation de manière à garantir une revanche pour la Q10 000 variant de 70 cm à 1 m.

Le détail du dimensionnement de l'évacuateur de crue de l'ouvrage des Barnières est consigné dans le chapitre 3.2.2.7 Coursier et Dissipateur d'énergie ci-après.

3.2.1.4.1.5 Dispositifs de sécurité de l'évacuateur de crue :

Des dispositifs contre les sous-pressions (tubes éjecteurs, drains, barbacanes) seront mis en place en complément du filtre/ drain aval de l'ouvrage au travers des enrochements bétonnés : Il s'agit de dispositifs contre les sous-pressions susceptibles de soulever certaines parties du chenal, notamment la zone du déversoir et celle du dissipateur (tubes éjecteurs, drains, barbacanes,...). Les tubes éjecteurs des drains ou barbacanes doivent être coudés vers l'aval pour éviter d'introduire une sous-pression due au terme cinétique de la charge hydraulique ($V^2/2g$). Ils devront toutefois dépasser le moins possible du profil du parement, afin d'éviter les risques de choc avec d'éventuels corps flottant. Ils pourront être mis à l'abri en aval de blocs saillants, pour éviter leur dégradation.

Des dispositifs anti-contournement seront mis en place vis-à-vis du risque d'érosion interne : Un parafouille aval au droit du pied aval du coursier (Dispositif à détailler en PRO).

3.2.1.4.1.6 Fosse de dissipation :

La fosse de dissipation a été dimensionnée par un calcul de ressaut. Le détail du dimensionnement de la fosse de dissipation de l'ouvrage des Barnières est consigné dans le chapitre 3.2.2.7 Coursier et Dissipateur d'énergie ci-après.

Pour l'ouvrage des Barnières, la fosse de dissipation sera constituée après purge jusqu'au fond de fouille, de 2 couches d'enrochements bétonnés de diamètre moyen 1,20 m.

La fosse de dissipation aura pour dimensions principales :

- **Zone dissipative en pied du coursier : 45 m de largeur x 15 m de longueur (dans le sens de l'écoulement) x 0 m de surprofondeur (calée au niveau du fil d'eau du Riou de l'Argentière).**
- **Zone de transition/ raccordement à l'existant en aval de la zone dissipative : 13 m de longueur (dans le sens de l'écoulement). La Largeur de la zone sera variable est adaptée à la forme de la vallée, afin d'assurer un raccordement le plus doux possible à la section hydraulique du Riou de l'Argentière en aval et de minimiser le plus possible les terrassements en terrain rocheux.**

Un chenal de fond de largeur variable (de 4 m en amont en sortie de pertuis à la largeur du lit du Riou de l'Argentière en aval), calé à - 1 m par rapport au fil d'eau existant du Riou de l'Argentière en sortie de pertuis, permettra de constituer un chenal d'étiage pour le Riou de l'Argentière. Ce chenal rattrapera le fil d'eau du Riou de l'Argentière en aval sans contre pente (avec une pente d'autocurage minimale de 1%), afin de ne pas créer une mare permanente en eau dans cette zone.

Dans la zone dissipative, un devers des rives (Z fond calé à 0 m / TN du Riou de l'Argentière) vers le chenal de fond sera mis en œuvre afin de faciliter le ressuyage pluvial et d'optimiser les terrassements en terrains rocheux.

Les fruits des bajoyers en enrochements bétonnés de la fosse ne dépasseront pas 1H/1V et remonteront sur une hauteur de 4,75 m. Au-delà, des terrassements de pente maximale 1H/3V dans le substratum rocheux permettront de rattraper la topographie du site.

Raccordement de la fosse de dissipation au lit aval du Riou de l'Argentière : Suite à des échanges lors de l'AVP avec la DREAL PACA (inspecteur des sites de l'unité paysage) et de son paysagiste-conseil :

- Un raccordement d'extrémité aval de l'exutoire de la fosse de dissipation par technique végétale n'est pas adapté au site (rocheux, à faible couverture végétale) et n'a pas été retenu.
- Un raccordement de type modelage des enrochements libres ne présente pas de réel gain d'un point de vue paysager dans cette zone et n'a pas été retenu.
- Il a été retenu pour la solution finale de l'AVP : En extrémité aval, sur 10 m en aval des enrochements bétonnés de la fosse, des enrochements libres sur géotextile seront mis en œuvre en talus et en radier, afin d'assurer une zone de transition plus souple avec l'existant et de protéger la zone de confluence avec le Vallon de l'Aubro. La zone de transition avec le lit rocheux sera ainsi réalisée en enrochements libres, qui pourront se végétaliser naturellement au gré des crues.
- Une percolation en matériaux terreux issus du site de ces enrochements libres sera réalisée afin de favoriser une recolonisation naturelle plus rapide.

Option Végétalisation de la fosse de dissipation : Lors de l'AVP, il a été proposé en option, de ne bétonner uniquement que la moitié inférieure de la deuxième couche d'enrochements (après avoir bétonné intégralement la première couche d'enrochements), afin de pouvoir combler et percoler les interstices (60 cm de profondeur restant) des enrochements avec de la terre végétale issue du site et de les recouvrir de 20 cm de terre végétale issue du site, enherbée.

Cette option permettant de masquer les enrochements pour participer à l'intégration paysagère de l'ouvrage, n'a finalement pas été retenue pour la solution finale de l'AVP pour les raisons ci-après :

- Cette option nécessitait l'apport sur site de terre végétale supplémentaire. **L'utilisation de terre végétale d'apport dans le cadre de cette option est déconseillée d'un point de vue biodiversité et d'un point de vue paysager (intervention en site classé).**
- Cette option présentait également un risque de départ de matière en suspension pendant les phénomènes de surverse, avec transport de matériaux susceptible de se déposer plus en aval.
- Cette option présentait également des inconvénients d'un point de vue entretien et financier liés au caractère fusible de l'option proposée en cas de crues significatives.

3.2.1.4.2 Choix du pertuis de fond

Le pertuis fonctionne à surface libre dans la majorité des cas (hors crues). Il intervient toutefois dans la capacité d'écrêtement de la crue (en crue).

Plusieurs itérations de modélisation ont été réalisées pour optimiser la taille du pertuis de fuite en vue d'obtenir la meilleure performance de l'ouvrage en termes d'écrêtement de crue.

Les tableaux et graphiques ci-après présentent les résultats d'écrêtement de crue de l'ouvrage pour la crue objectif cinquantennale (92 m³/s au droit du site des Barrières) selon différentes sections de pertuis.

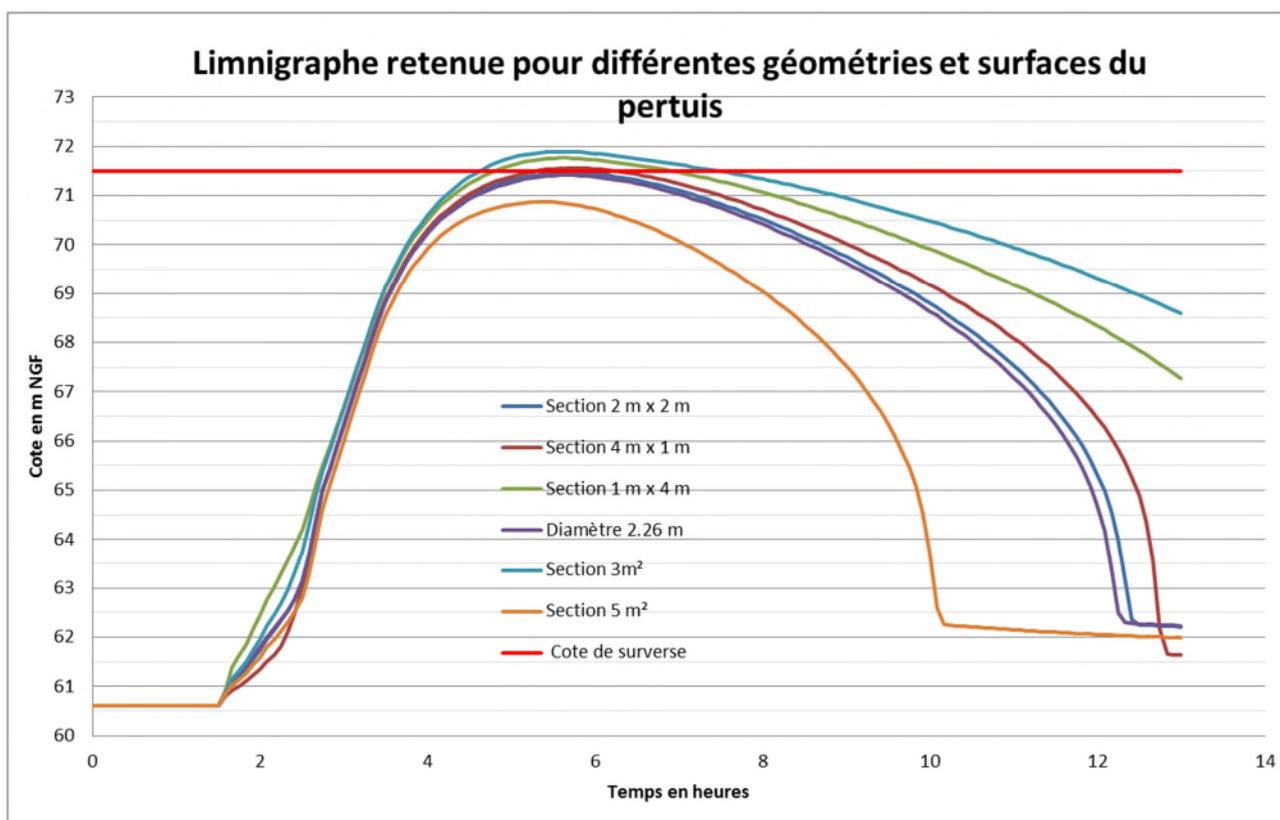


Figure 46 – Limnigraphe de la retenue amont pour différentes géométries et surfaces de pertuis de fond
 Les sections (H x L) de pertuis de fond de 3 m², 1 m x 4 m, 4 m x 1 m induisent un déversement (Niveau retenue amont > 71,5 m NGF) et ne sont donc pas optimum vis-à-vis de l'écrêtement.

Dimension de l'Ouvrage de 4 m ² HxL	Débit Q50 entrant dans la retenue (m ³ /s)	Débit sortant de la retenue par le pertuis (m ³ /s)	Débit sortant de la retenue par le déversoir (m ³ /s)	Débit total sortant de la retenue (m ³ /s)	Écrêtement par la retenue	Cotes amont retenue (m NGF)
	(1)	(2)	(3)	(4)=(2)+(3)	[(1)-(4)]/(1)	
4 m x 1 m	92	31.19	1.3	32.48	64.7%	71.56
1 m x 4 m	92	28.39	12.7	41.09	55.3%	71.76
2 m x 2m	92	32.41	0.0	32.41	64.8%	71.46
Diamètre 2.26 m	92	32.93	0.0	32.93	64.2%	71.41
3 m ²	92	34.48	23.7	58.21	36.7%	71.89
5 m ²	92	39.50	0.0	39.50	57.1%	70.87

Tableau 16 : Écrêtement de l'ouvrage pour différentes géométries et surfaces de pertuis de fond

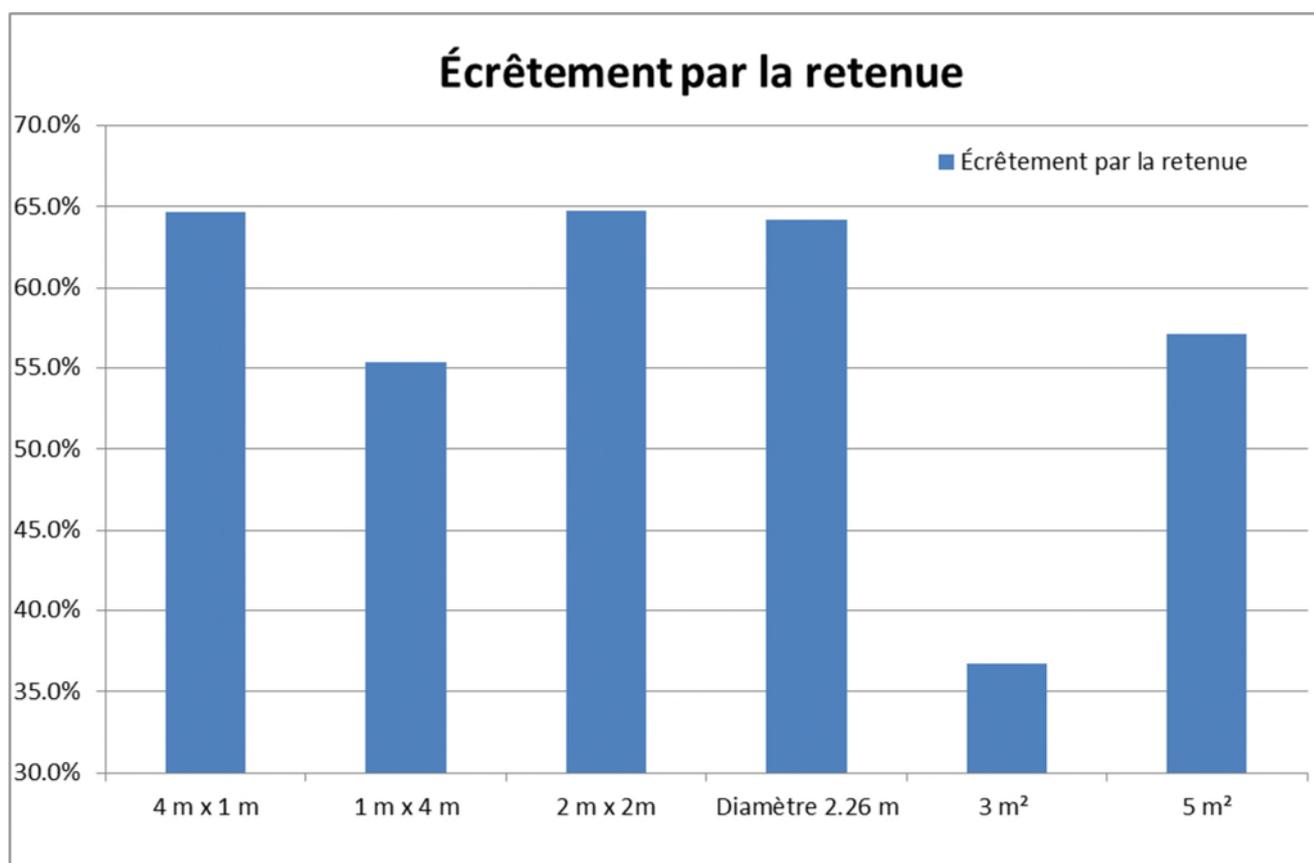


Figure 47 – Écrêtement de l'ouvrage pour différentes géométries et surfaces de pertuis de fond

En termes de performance d'écrêtement, les sections de pertuis de 4 m² de type 4 m x 1 m, 2 m x 2 m et de Diamètre 2,26 m sont optimum pour l'ouvrage des Barnières. Pour des raisons d'entretien, d'exploitation ultérieure, de continuité écologique (minimisation de la réduction de section hydraulique), et de réalisation, un pertuis de 2 m x 2m sera retenu pour l'ouvrage des Barnières.

Le pertuis de fond sera un ouvrage hydraulique traversant le barrage de section de contrôle amont carré présentant une largeur de 2 m pour une hauteur de 2 m. La pente de l'ouvrage sera de 2%.

Afin de faciliter le passage de l'écoulement à surface libre dans le pertuis dès que possible, à l'aval immédiat de la section d'entrée du pertuis ($h \times L = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$), la section du pertuis passera progressivement à une section élargie en hauteur de ($h \times L = 2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$). Pour des raisons de contrainte de réalisation de l'ouvrage de génie civil et de compactage à proximité immédiate, il a été préféré un élargissement uniquement sur la hauteur, plutôt que dans les deux dimensions. La possibilité de rajouter des événements sur le pertuis sera étudiée en phase PRO afin de faciliter le passage de l'écoulement à surface libre dans le pertuis dès que possible, à l'aval immédiat de la section d'entrée du pertuis.

L'ouvrage hydraulique sera constitué :

- D'un ouvrage hydraulique traversant le barrage ;
- De deux ouvrages de tête en béton, à l'amont et à l'aval.

■ Radier des ouvrages de tête et traversant :

Le fond du pertuis sera conçu pour conserver la continuité écologique du cours d'eau et la franchissabilité piscicole.

La forme du pertuis permettra pour des petits débits, d'observer des vitesses d'écoulement proches des vitesses actuelles. Il présentera **un radier en forme de « V » permettant une lame d'eau suffisante à la circulation des poissons** (20 cm minimum). Ainsi, afin de concentrer les débits d'étiage sévère du Riou de l'Argentière, une cunette en béton sera aménagée sur le radier de l'ouvrage traversant et des ouvrages de tête, par des dévers de 2% vers l'axe du radier.

La pente du radier sera calée à 2% proche de la pente naturelle du Riou de l'Argentière, sans chute ni à l'amont du pertuis ni à l'aval. Une simple rupture de pente au niveau de la fosse de dissipation est prévue, mais sans que cela n'engendre de chute ou d'obstacle physique. Il est à noter que la pente retenue est bien inférieure à la pente maximale admissible de continuité piscicole pour la plupart des espèces (4 %) ;

Pour faciliter la remontée de la faune, le radier béton sera muni de macrorugosités (de type encochements régulièrement répartis), qui permettent à l'énergie d'être dissipée par des singularités constitués de blocs isolés régulièrement répartis sur un coursier rugueux.

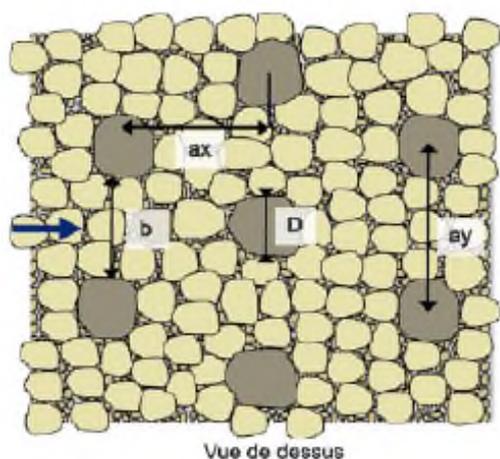
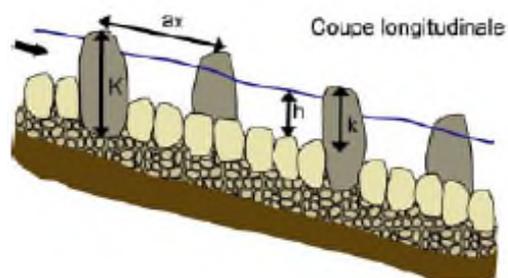


Figure 48 : Principe de radier à macrorugosités – Exemple de réalisation sur le barrage de la Turdine

Les caractéristiques des macrorugosités des blocs (K , k , D) et des espacements (a_x , a_y , b) seront définies en phase PRO avec le naturaliste tout en permettant l'entretien par engins.

Ce type de radier à macrorugosité a été préféré à des dalles microplots, car il permet de constituer une rugosité plus hétérogène et donc plus adaptée à un spectre plus large d'espèces cibles.

■ **L'ouvrage hydraulique traversant le barrage sera constitué d'un cadre en béton armé.**

Une coupe type de détail est fournie dans le dossier de plan AVP.

Après décapage, purge jusqu'au fond de fouille, et réalisation d'un béton de propreté de fond de forme, un cadre en béton armé à joints waterstop sera réalisé.

Le cadre en béton armé de l'ouvrage traversant sera constitué notamment d'un radier de 80 cm d'épaisseur, de 2 voiles de 40 cm d'épaisseur et d'une dalle de 50 cm d'épaisseur.

Le dimensionnement du génie civil de cet ouvrage et des brides anti-renards éventuellement nécessaires sera mené en phase PRO.

■ **Raccordements amont et aval de l'ouvrage traversant :**

Coté amont et aval, le cadre sera raccordé par des ouvrages de tête en béton étanche intégrés dans les parements amont et aval du barrage.

Ces ouvrages de tête permettront d'assurer le raccordement progressif des sections hydrauliques du Riou de l'Argentière (amont/ aval) et de l'ouvrage hydraulique traversant et d'éviter des entonnements et divergents brusques.

La pente de ces ouvrages de tête sera identique à celle de l'ouvrage traversant (2% > pente d'autocurage), afin de minimiser les curages de l'ouvrage et les ruptures de pente.

Ces ouvrages de tête seront constitués notamment d'un radier de 50 cm d'épaisseur, et de 2 bajoyers de 50 cm d'épaisseur. Le dimensionnement du génie civil de ces ouvrages sera mené en phase PRO.

Les arases supérieures des bajoyers suivront les pentes des parements amont et aval du barrage de manière à assurer le soutènement des terres, sans générer de hors profil hydraulique. Les hors profils hydrauliques étant à éviter afin de ne pas créer de zones de turbulence pouvant être néfastes à la tenue des parements.

Par sécurité des parafouilles anti-affouillements de type bêche en béton armé de 1m x 30 cm seront mise en œuvre en amont et aval de l'ouvrage de tête amont. Ce parafouille sera doublé coté cadre à l'interface avec l'ouvrage de tête amont.

L'ouvrage de tête amont sera renforcé par une protection en Rip/ Rap au niveau de ses interfaces avec le remblai paysager. Le Lit mineur du Riou de l'Argentièrè sera renforcé sur 4m par un sabot en enrochements libres sur géotextile en amont immédiat de l'ouvrage de tête amont.

■ Longueurs des ouvrages de tête et ouvrage traversant :

Les Longueurs des différents éléments d'ouvrage (ouvrages de tête amont/ aval et ouvrage traversant) impactent plusieurs critères, dont la luminosité :

Critères	Sensibilité : Plus la longueur de l'ouvrage traversant (souterrain) est petite,	Aide au choix
Sécurité	Plus les ouvrages de tête en Génie Civil seront grands et plus le risque de chute sera important et probable. 😞	Même si l'ouvrage traversant est maximal, il résulterait un risque de chute de 2m de hauteur. => Minimiser la hauteur de chute après application des autres critères.
Hydraulique	Plus la longueur des ouvrages de tête sera grande, plus l'écoulement sera perturbé en cas de déversement. 😞	Il est préférable que le pertuis coté aval soit complètement noyé pour la crue de sureté afin de ne pas impacter l'écoulement sur le coursier pour cette crue extrême => Niveau crête d'ouvrage de tête aval < 64,66 m NGF.
Exploitation, Entretien, Surveillance	Plus l'entretien, l'exploitation, et la surveillance de l'intérieur du cadre sera facile. 😊	Compromis à trouver avec les autres critères préférant une traversée longue.
Environnement	Plus cela sera favorable à la transparence écologique (meilleur luminosité). 😊	
Intégration paysagère	Plus les ouvrages de tête en Génie Civil seront grands et visibles. 😞😞😞	Compromis à trouver avec les autres critères préférant une traversée courte. => Choix d'ouvrages de tête émergeant des talus du barrage à peu près au tiers de la hauteur, afin d'harmoniser la nouvelle piste sur le talus avec la piste existante en rive droite.

Coût	Plus les ouvrages de tête en Génie Civil seront grands et chers. 😞	Le coût reste raisonnable jusqu'à des ouvrages d'environ 5 à 6 m de hauteur. => limiter la hauteur des ouvrages de tête jusqu'à environ 5 à 6 m,
-------------	--	---

Après analyse multicritère, la solution qui offre le meilleur compromis au regard des différents critères est la réalisation d'un ouvrage hydraulique traversant d'environ 51.5 m sur les 68 m de longueur de barrage à traverser. Cette solution permet de :

- Limiter la hauteur des ouvrages de tête à moins de 6 m (~3.60 m coté amont et ~3,20 m coté aval) ;
- De faire émerger les ouvrages de tête à peu près au tiers de la hauteur des talus du barrage (crête ouvrage de tête à 64 m NGF coté amont et 62,58 m NGF coté aval ≤ 64,66 m NGF) ;
- De limiter les hauteurs de chute à environ 3,6 m au droit des ouvrages de tête. L'ouvrage devra être interdit d'accès au public (panneaux d'interdiction d'accès, de risque de chute à mettre en place au droit des pistes d'accès). Un garde-corps en crête de l'ouvrage de tête amont facilement accessible par une piste sera mis en place en complément. Ce garde-corps sera susceptible d'être dégradé pour des crues de période de retour supérieure à 2 ans (↔ crue de mise en charge du pertuis). Il offrira toutefois en situation la plus fréquente (hors crue), une sécurité vis-à-vis du risque de chute pour l'exploitant. Coté aval, l'exutoire du pertuis étant situé dans le coursier de l'évacuateur de crue, il n'est pas envisageable de mettre en place de garde-corps dans cette zone (moins accessible que celle du parement amont).
- **De satisfaire au maximum le critère d'intégration paysagère en calant la piste à environ 64 m NGF, ce qui permet d'harmoniser la nouvelle piste sur le talus avec la piste existante en rive droite et de minimiser le plus possible l'impact visuel des ouvrages de têtes tout en assurant une exploitation de la piste à tiers talus jusqu'à une crue biennale (Niveau retenue ~63,85 m NGF) et en étant compatible avec une longueur de traversée inférieure à 70 m environnementalement acceptable vis-à-vis de la continuité piscicole (données validées avec MRE).**

■ Degrilleur

L'ouvrage de tête amont sera muni d'un dégrilleur composé d'une grille à barreaudage vertical à large maille destiné à laisser transiter les petits éléments et à stopper les gros flottants à l'entrée du pertuis (pour éviter qu'ils se coincent dans l'ouvrage) jusqu'à des crues fréquentes de période de retour 2 ans, ou après crue. Au-delà, pour les crues peu fréquentes, le pertuis sera noyé et donc plus susceptible d'être bouché par des flottants.

Cette grille ne pourra en aucun cas être utilisée comme un caillebotis anti-chute. En effet, l'étroitesse de la maille anti-chute n'est pas compatible avec la fonction dégrilleur. Elle engendrerait des colmatages de la grille à chaque crue fréquente et rendrait inopérant le pertuis de fond.

La grille sera mise en place en suivant la pente des bajoyers et donc des parements du barrage, afin de faciliter son entretien et nettoyage. L'entretien du dégrilleur sera possible :

- Hors crue à partir du pied du barrage via la piste de pied amont.
- En décrue, ou après crue à partir de la piste à tiers-talus amont via une pelle hydraulique à bras à long.

■ Piège à embâcles :

Actuellement, la présence de nombreux arbres dans la retenue d'eau temporaire et en amont en bordure du Riou de l'Argentière et de ses affluents présente un risque d'embâcles important.

En parallèle de la construction de l'ouvrage des Barnières, un plan de gestion de la ripisylve visant à réaliser des coupes/ abattages sélectifs pour éliminer régulièrement et après chaque crue significative, les arbres morts et/ ou déstabilisés devra être mis en œuvre par le MOA. Il permettra de diminuer les risques d'embâcles.

La conception de l'ouvrage des Barnières présente les spécificités ci-après vis-à-vis du risque d'embâcles :

- **Pour les crues déversantes** (Crue supérieure à la cinquantennale \Leftrightarrow 92 m³/s), le large déversoir (55 m) à profil de type seuil libre à entonnement frontal, permet une **très bonne évacuation des embâcles** et minimise le risque d'embâcles sur l'ouvrage.
- **Pour les crues comprise entre la crue de mise en charge du pertuis (2 ans de période de retour) et les crues déversantes** (Crue cinquantennale \Leftrightarrow 92 m³/s), le risque d'embâcles du pertuis est minimisé par un pertuis noyé.
- **Pour les crues inférieure à la crue de mise en charge du pertuis (2 ans de période de retour), il s'agit de crue fréquente à faible pouvoir érosif. Le risque d'embâcles est donc minimisé par la capacité de la crue à arracher les arbres pour ce type de crue.**

Les pièges à embâcles classiques sont constitués généralement de :

- Piège à embâcles naturel : Réalisation d'un piège par coupes/ abattages sélectifs d'arbres de manière à constituer un peigne d'arbres choisis pour arrêter les embâcles. Ce type d'ouvrage est adapté pour piéger les embâcles en extradors de méandre et dans des zones où les arbres sont supposés suffisamment ancrés dans le sol par leurs racines. **Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, la faible couverture probable de sol meuble sur le substratum rocheux (laissant supposer un ancrage insuffisant des arbres), combinée à un écoulement du Riou de l'Argentière frontal, rend inadapté un piège à embâcle naturel.**
- Piège à embâcles artificiel : Réalisation d'un piège à embâcles de type peigne/ rideau à micropieux scellés dans le substratum rocheux avec pieux métalliques aériens dépassant du lit vif. **Ce type de piège à embâcles artificiel est bien adapté au site des Barnières (substratum rocheux à faible profondeur). Il est toutefois très onéreux (de l'ordre de 10000 € H.T/ml de piège) et génère un impact paysager défavorable.**

Au vue de ces éléments, il est proposé :

- **En solution de base de ne pas réaliser de piège à embâcles spécifiques en amont du pertuis.** Le plan de gestion de la ripisylve permettra de diminuer le risque d'embâcles pour les petites crues. Pour les plus grosses crues, la conception de l'ouvrage (pertuis noyé et déversoir libre de grande largeur) minimise le risque d'embâcles sur l'ouvrage.
- **En option, un piège à embâcles artificiel en amont immédiat du pertuis (pour diminuer le linéaire d'ouvrage) pourra être mis en place. Il sera constitué d'un double rideau de micropieux en quinconce de 1 m d'espacement et de 2,50 m de hauteur hors sol, sur la largeur de la section amont de l'ouvrage de tête amont du pertuis.**

Par rapport à la solution de base, l'option Piège à embâcles en entrée de pertuis :

- Est plus sécuritaire vis-à-vis du risque d'embâcles, d'un point de vue fonctionnement hydraulique des aménagements et Contraintes d'exploitation de surveillance et d'entretien 😊 ;
- n'a pas d'impact sur les Réseaux/ concessionnaires existants, le foncier, le positionnement du projet vis-à-vis des dossiers réglementaires et les délais du chantier 😊 ;
- dégrade l'intégration paysagère 😞 et l'intégration environnementale 😞 ;
- augmente le coût de l'ouvrage 😞 ;

- **Bilan : Cette option est fortement pénalisée par des impacts très négatifs sur le paysage, ainsi que par des impacts environnementaux négatifs. Compte tenu des impacts environnementaux, cette option n'a pas été retenue pour la solution finale de l'AVP (cf.3.2.1.8Intégration paysagère des aménagements et 3.2.1.9Mesures environnementales).**

3.2.1.5 Analyse des évolutions morphologiques du lit en cas de crue

Un rapport hydromorphologique du Riou de l'Argentière intitulé « Etude hydrogéomorphologique détaillée du Riou de l'Argentière et de ses affluents » a été réalisé par l'ONF/ RTM en mars 2016 :

- Le secteur des Barnières a subi une forte réduction de l'emprise du lit : Passage d'un comportement de rivière en tresse avec une largeur de lit importante (1950), où les zones de dépôts sont nombreuses, à une réduction de la largeur du lit avec forte augmentation de la ripisylve (1999) ;
- La zone d'étude est classée en niveau faible vis-à-vis du risque érosif. Elle est toutefois située en aval du Vallon du Grand Cabrol concerné par un risque érosif d'intensité latente à élevée.

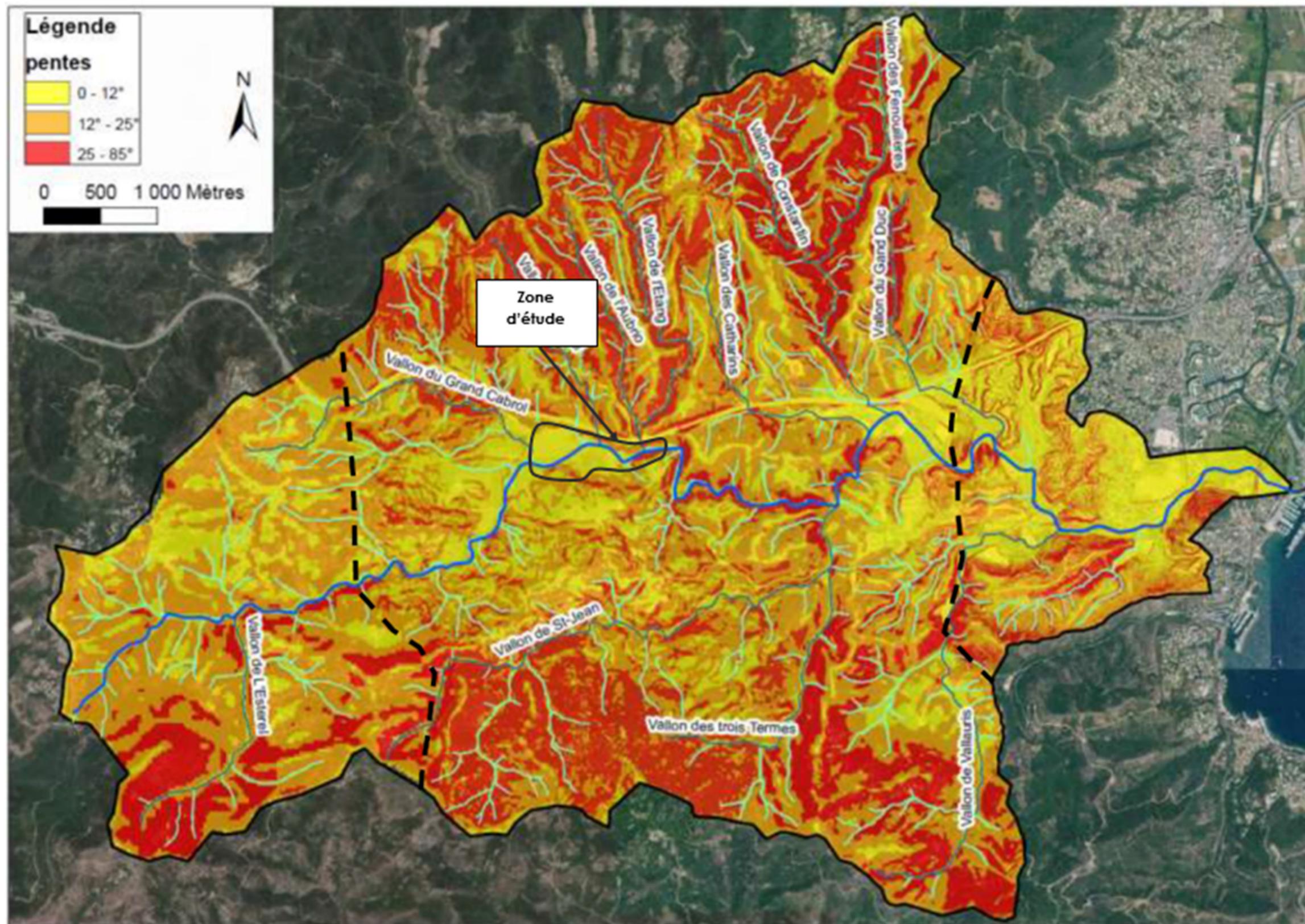


Figure 49 –Carte des processus érosifs sur le bassin versant du Riou de l'Argentière (Source : Etude hydrogéomorphologique détaillée du Riou de l'Argentière et de ses affluents, ONF/ RTM mars 2016)

- Le profil en long du Riou de l'Argentière présente une pente faible de l'ordre de 0,5% dans la zone d'étude (zone de dépôt naturelle).

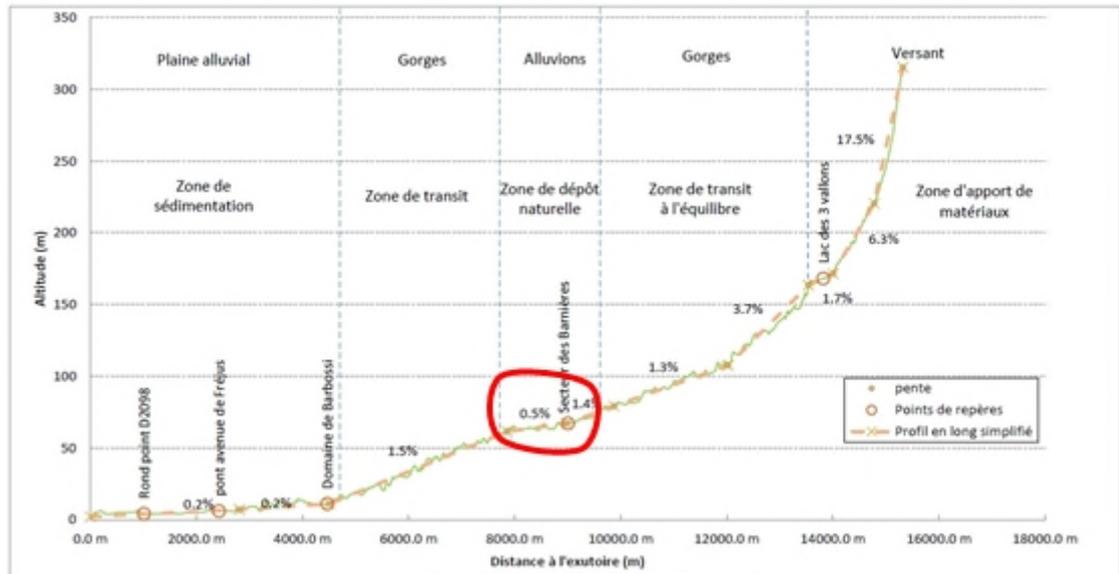


Figure 50 – Profil en long du Riou de l'Argentière (Source : Etude hydrogéomorphologique détaillée du Riou de l'Argentière et de ses affluents, ONF/ RTM mars 2016)

Rappel : Diamètre D50 = Diamètre des sédiments tel que 50% en poids du sédiment a un diamètre inférieur à celui-ci. Dm = Diamètre moyen des grains de l'échantillon. Il s'agit d'un bon indicateur de la granulométrie d'ensemble.

- Diamètre moyen des grains du Riou de l'Argentière amont Barnières : dm = 8,5 cm ;
- Diamètre D50 des grains du Riou de l'Argentière amont Barnières : D50 = 5 cm ;
- Diamètre moyen des grains du Riou de l'Argentière aval Barnières : dm = 1,3 cm ;
- Diamètre D50 des grains du Riou de l'Argentière aval Barnières : D50 = 0,2 cm ;
- Diamètre moyen des grains du Riou de l'Argentière Cheval : dm = 3,5 cm ;
- Diamètre D50 des grains du Riou de l'Argentière Cheval : D50 = 1,0 cm.

Ces caractéristiques permettent de montrer que la zone joue déjà un rôle de dépôt des matériaux grossiers, même s'il est constaté sur les affluents que les dépôts les plus grossiers sont stoppés avant de rejoindre le Riou de l'Argentière.

Selon le rapport de l'ONF/ RTM, sur le bassin versant du Riou de l'Argentière, compte tenu de la géologie et notamment de la forte présence de sable, **le mode de transport prédominant est le transport par suspension**. En deuxième lieu vient le charriage qui peut intervenir jusqu'à assez bas dans le bassin versant et transporter des volumes importants.

Le phénomène de laves torrentielles est quant à lui assez peu présent, quelques signes d'écoulement similaire ont été observés. Toutefois, la plus grosse partie des apports par laves torrentielles est stoppée avant de rejoindre le Riou de l'Argentière. Ce mode de transport n'est pas significatif par rapport aux deux précédents.

Transport solide par suspension :

Nota : Dans le cas d'un barrage à retenue permanente, l'impact sur le transport par suspension serait très significatif, puisqu'il bloquerait le transit des sédiments en suspension de manière permanente. L'ouvrage des Barnières n'est pas un barrage à retenue permanente.

Selon le rapport de l'ONF/ RTM, les volumes totaux calculés à l'amont du rond-point du golf sont :

- Pour la Q2 PAPI (62 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : 2 500 m³.
- Pour la Q10 PAPI (130 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : 10 000 m³.
- Pour la Q100 PAPI (244 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : 16 000 m³.

Ces volumes obtenus correspondent à ceux qui peuvent transiter lors de la durée totale des crues types. Il s'agit donc d'une capacité de transport maximale.

Avant la création de l'ouvrage des Barnières, le Riou de l'Argentière fait l'objet d'un transport solide par suspension important.

Après réalisation de l'ouvrage des Barnières :

Les durées de crue étant très rapides 4h40 pour la Q10 (54 m³/s au droit du barrage) à 8h30 pour la Q100 (121 m³/s au droit du barrage) et la retenue sèche en période hors crue, la création du barrage aura un très faible impact sur le phénomène de sédimentation par suspension. **Ainsi, le transport par suspension sera très faiblement impacté par la création du barrage**, car :

- Pour les crues fréquentes, participant régulièrement au transport par suspension, le pertuis de fond assurera le transit des matériaux en suspension.
- Pour les crues peu fréquentes, les faibles durées de crue ne seront pas suffisantes pour impacter le transport en suspension de manière significative.

L'ouvrage peut avoir un impact limité, difficilement quantifiable, sur les dépôts de matériaux en suspension en amont de la retenue en cours de formation (localisation variable pendant le remplissage de la ZEC) du fait de la diminution temporaire des vitesses d'écoulement qui font chuter la capacité de transport du Riou de l'Argentière et donc augmentent les phénomènes de dépôts. Ces matériaux sont remis en mouvement dès la fin de la même crue lorsqu'augmente à nouveau la vitesse en lit mineur, ou pendant les crues fréquentes suivantes.

Le rapport de l'ONF précisant que la végétation présente en amont peut jouer le rôle de peigne favorisant le dépôt de particules fines réparti sur la ZEC, un entretien de la ripisylve amont sera nécessaire pour minimiser ce phénomène.

Transport solide par charriage :

Nota : Dans le cas d'un barrage à retenue permanente, l'impact sur le transport par charriage serait très significatif, puisqu'il bloquerait le transit des sédiments charriés de manière permanente. L'ouvrage des Barnières n'est pas un barrage à retenue permanente.

Selon le rapport de l'ONF/ RTM :

- Capacité de transport du Riou de l'Argentière (Ca) :
 - Volumes solides maximum sur les Barnières pour la Q2 PAPI (62 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : 300 m³ ;
 - Volumes solides maximum sur les Barnières pour la Q10 PAPI (130 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : 800 m³ ;
 - Volumes solides maximum sur les Barnières pour la Q100 PAPI (244 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : 1 800 m³.

- Apport sur le tronçon des Barnières (Ap) :
 - Pour la Q2 PAPI (62 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : Amont Riou de l'Argentière (100) + Affluents (20+80+5) = 205 m³ ;
 - Pour la Q10 PAPI (130 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : Amont Riou de l'Argentière (500) + Affluents (200+50+200) = 950 m³ ;
 - Pour la Q100 PAPI (244 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : Amont Riou de l'Argentière (1200) + Affluents (400+500+130) = 2 230 m³.

- Bilan transport solide par charriage sur le site des Barnières avant réalisation de l'ouvrage de ralentissement dynamique des crues :
 - Pour la Q2 PAPI (62 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : Ca > Ap => Pas de dépôt et remobilisation/ reprise des matériaux (- 95 m³) ;
 - Pour la Q10 PAPI (130 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : Ca < Ap => dépôt (+150 m³) ;
 - Pour la Q100 PAPI (244 m³/s en amont du domaine de Barbossi) : Ca < Ap => dépôt (+430 m³).

Avant réalisation de l'ouvrage des Barnières, la zone des Barnières est une zone de dépôt naturelle pour le transport solide par charriage pour les crues peu fréquentes supérieures à la décennale. Pour les crues fréquentes inférieures à la décennale, une reprise des matériaux est constaté par le Riou de l'Argentière.

Après réalisation de l'ouvrage des Barnières, le transport par charriage sera peu impacté :

- Pour les crues fréquentes, la dynamique du Riou de l'Argentière est à la remobilisation des matériaux par charriage. Le pertuis de fond assurera le transit des matériaux par charriage à travers l'ouvrage.
- Pour les crues peu fréquentes, le transport par charriage suivra la dynamique du Riou de l'Argentière de dépôt en amont du barrage. Au vue des faibles durées de crue, les volumes de dépôts seront légèrement supérieurs à la situation avant barrage, mais resteront du même ordre de grandeur. Ces matériaux, seront ensuite remobilisés par le Riou de l'Argentière lors des crues fréquentes. **Toutefois, à titre indicatif, un plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux en aval de l'ouvrage des Barnières d'environ 200 m³ après une crue Q10 et 500 m³ après une crue Q100 pourra être mis en œuvre**, afin d'anticiper la remobilisation naturelle du Riou de l'Argentière et de ne pas laisser un volume de dépôt trop important en amont de l'ouvrage. Le volume de matériaux et la fréquence restent très difficiles à estimer puisqu'il sera dépendant de la fréquence des crues mais également des ajustements morphologiques du lit du Riou de l'Argentière suite aux nombreuses modifications du profil en travers de lit moyen sur toute la zone des Barnières (remobilisation des berges, prélèvements et exploitation du gravier en place, remblaiement du lit moyen, rehausse des

terrasses alluviales existantes...); ces travaux non autorisés auront un impact sur les vitesses d'écoulement en lit mineur et le transport solide dans cette zone.

Un suivi morphologique et topographique du lit mineur et majeur de l'emprise de la retenue amont permettra de vérifier les phénomènes d'alluvionnement important à la suite des crues morphogènes. La définition des zones de dépôts excessifs en amont du barrage devra être effectuée par un BE spécialisé, qui définira les emprises et les volumes de matériaux déposés du fait du barrage. Ces matériaux seront déblayés à la minipelle puis transportés à l'aval du barrage et ré-introduits dans le lit du Riou de l'Argentière pour conserver l'équilibre sédimentaire à l'échelle de l'hydrosystème, et ainsi éviter les phénomènes d'érosions de berges ou de lit en aval de la zone du barrage.

La zone de réinjection qui est privilégiée et qui sera étudiée en phase PRO (cf. plan de principe ci-après) est située en rive gauche du Riou de l'Argentière en aval du pont situé à moins de 400m du barrage. Une rampe sera constituée depuis la piste de circulation pour permettre les dépôts de matériaux sur la terrasse alluviale existante en pied de versant, sans entraver la section d'écoulement du chenal d'étiage.

Ce site présente l'avantage d'être à proximité du barrage (peu de linéaire de lit avec définit de transport solide) et à proximité immédiate de la piste de circulation utilisée pour l'accès à l'ouvrage (faibles distances de transports).

Le coût estimé des interventions est détaillé ci-après :

- Pour les investissements (création d'une rampe aval du pont existant) : 5 000 €HT
- Pour les entretiens : hypothèse d'utilisation de deux minipelles (extraction et remise en œuvre) et un camion de transport type 8x4, avec une cadence transfert de matériaux de 50m³ par jour. Pour les volumes de matériaux définis ci-avant, le coût total des entretiens sur 50 ans est estimé à 45 000 €HT, soit 900 €HT par an.

L'impact sur la biodiversité de ce curage et de la réinjection des matériaux en aval est difficilement appréhendable et quantifiable au stade actuel. C'est pourquoi, il a été proposé dans le CNPN de mettre en place un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion envisagé (cf. Mesure A2 Mise en place d'un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux).

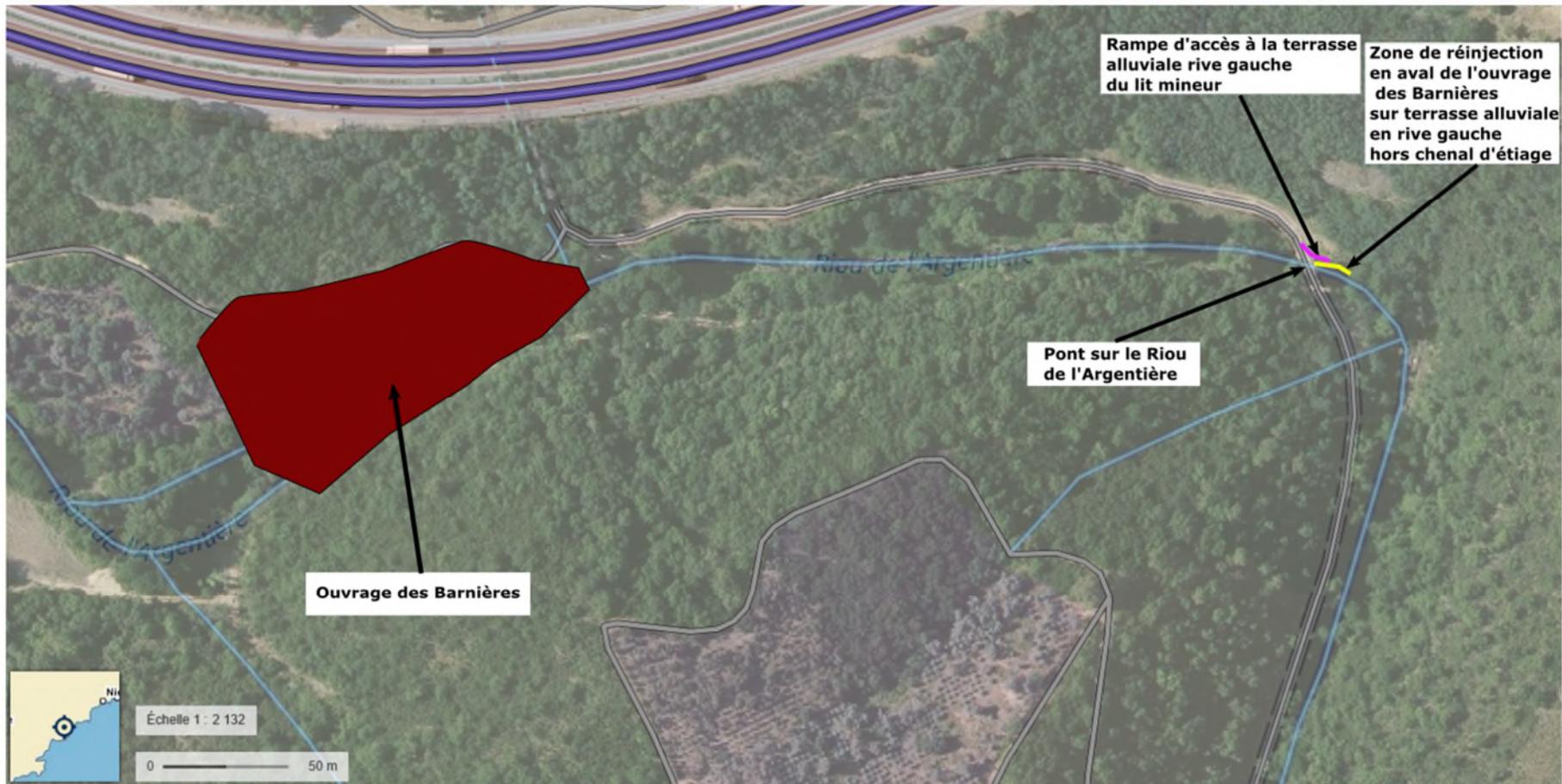


Figure 51 – Localisation de la zone de réinjection en aval de l'ouvrage des Barnières

3.2.1.6 Traitement des fondations et des rives

3.2.1.6.1 Purge du terrain naturel

Le terrain naturel sera purgé en fondation et aux niveaux des rives :

- Purge des terrains superficiels (remblais, sables, hors gneiss) pour fonder l'ouvrage sur le substratum rocheux.
- Purge sur 1 m d'épaisseur du substratum rocheux gneissique, afin d'enlever la couche la plus altérée.
- L'ouvrage sera fondé dans la couche de Gneiss très fragmentée, conformément aux prescriptions de la G2-AVP.

3.2.1.6.2 Barrière anti-migration sous le remblai argileux

Une barrière anti-migration sur le substratum rocheux sera mise en place sur toute la surface en contact avec le remblai argileux amont et central, pour assurer une coupure aux interfaces remblais argileux/ fondation et éviter les départs de matériaux fins dans les fissures.

Elle sera réalisée par nettoyage, calfatage des fissures, régularisation du fond de fouille au béton sur toute la surface en contact avec le remblai argileux amont et central

Cette technique est bien adaptée au traitement de la fondation, mais également des rives.

Cette solution de traitement de la fondation a été préférée à un géotextile, au vue des efforts liés au poids et au compactage du remblai argileux plus important dans cette zone, afin de fermer les fractures/ fissures sur la frange du substratum au contact de l'ouvrage et ainsi d'éviter un risque d'érosion interne par migration des fines dans les fractures du rocher.

3.2.1.6.3 Ecran d'étanchéité anti-renard

Conformément aux prescriptions de la G2-AVP, un écran d'étanchéité dans la fondation et en rives sera mis en place pour assurer une protection contre l'érosion interne et le phénomène de renard. Dans l'attente des calculs aux éléments finis de la G2-PRO, la profondeur de l'écran d'étanchéité dans la fondation et en rives a été estimée à 4 m dans la G2-AVP, en prenant en compte des hypothèses jugées conservatives par le BET GEOLITHE en charge d'une mission de contrôle géotechnique de la G2-AVP. Ainsi, il a été retenu de présenter une variante d'écran d'étanchéité à 2 m en complément de la solution initiale à 4 m de profondeur en fondation.

Cet écran d'étanchéité devra remonter en rives jusqu'au niveau de la crête de l'ouvrage (74,25 m NGF), afin d'éviter des risques de contournement.

Au vue de l'incertitude sur la perméabilité réelle du substratum rocheux (roche fracturée et /ou très fragmentée), il sera privilégié un écran d'étanchéité par substitution à un écran par injection, afin de pouvoir garantir l'efficacité de ce dernier.

Les palplanches ne sont pas envisageables dans ce type de sol rocheux.

Plusieurs types de solutions ont été étudiées (paroi moulée, tranchée bétonnée, clé d'étanchéité en matériaux argileux) ci-après.

3.2.1.6.4 Etude de solutions de type « paroi moulée »

Au vue de la nature rocheuse du substratum, une solution de type paroi moulée réalisée par trancheuse fraiseuse et/ ou hydrofraise adaptée au rocher a été étudiée.

Elle consistera à :

- Réaliser la tranchée par panneaux dans le substratum rocheux à l'aide d'une hydrofraise, et d'un coulis bentonitique et/ ou d'une trancheuse-fraiseuse assurant la stabilité des talus de la tranchée pendant la phase de creusement.
- Mettre en place les joints waterstop interpanneaux et le ferrailage éventuellement nécessaire.
- Substituer gravitairement le coulis bentonitique par du béton (plus lourd).
- Passer au panneau suivant.

Au stade AVP, les dimensions de la paroi moulée seront hauteur x largeur d'un panneau de paroi moulée x épaisseur = hauteur de la paroi (avec minimum 4 m dans la fondation) x 3 m x 1 m.

L'atelier hydrofraise/paroi moulée est très onéreux (~10 000 € H.T /jour pour le matériel uniquement), il est donc important pour minimiser les coûts de prévoir une mise en œuvre la plus courte possible, en termes d'amenée/ repli et de délais de réalisation.

Le gabarit de ce type de machine est de l'ordre de 4m x 12 m et nécessite à proximité une centrale mobile de traitement des boues (pour séparer la bentonite et les produits issus de la découpe du rocher)

L'objectif principal de la paroi est la coupure étanche des rochers fracturés situés au niveau de la fondation de l'ouvrage. Il s'agit d'un organe de sécurité majeur du barrage. Dans le cas des Barnières, sa réalisation est rendue difficile par la forte pente des versants.

Plusieurs solutions ont été étudiées :

- Solution n°1 : Solution paroi moulée toute hauteur en une fois.

La solution n°1 consiste à :

- Phase 1 : Réalisation du barrage en remblais.
- Phase 2 : Depuis la crête du barrage, réalisation d'une paroi moulée toute hauteur traversant le barrage et la fondation nécessitant un écran étanche (sauf au droit du pertuis de fuite impossible à recouper).
- Solution n°2 : Solution paroi moulée en fondation et toute hauteur en rives.
 - Phase 1 : Réalisation de la paroi moulée en fondation dans la zone centrale (hors rives).
 - Phase 2 : Réalisation de l'ouvrage traversant (pertuis de fond) et du barrage en remblais.

- Phase 3 : Depuis la crête du barrage, réalisation de parois moulées en rives hors zone centrale, toute hauteur traversant le barrage et la fondation.
- Solution n°3 : Solution paroi moulée en fondation et en rives par redans.
 - Phase 1 : Réalisation de la paroi moulée en fondation dans la zone centrale de la vallée (hors versants).
 - Phase 2 : Réalisation de l'ouvrage traversant du pertuis de fond et du barrage en remblais jusqu'aux premiers redans.
 - Phase 3 : Depuis la crête de la plateforme de remblais, réalisation des parois moulées en rives hors zone centrale, traversant le barrage et la fondation.
 - Phase 4 : Réalisation des phases 2 et 3 jusqu'aux redans suivants et ceux jusqu'à la crête de l'ouvrage.

- Solution n°4 : Solution paroi moulée toute hauteur en 2 fois.

La solution n°4 consiste à :

- Phase 1 : Réalisation de la paroi moulée en fondation dans la zone centrale au droit de l'ouvrage traversant (pertuis).
- Phase 2 : Réalisation de l'ouvrage traversant (pertuis de fond) et du barrage en remblais.
- Phase 3 : Depuis la crête du barrage, réalisation des parois moulées en rives et en zone centrale, toute hauteur traversant le barrage et la fondation.

Critères	Avantages/ inconvénients	Conclusion
Solution n°1 : Solution paroi moulée toute hauteur en une fois	Cette solution permet de réaliser en une seule fois l'écran d'étanchéité depuis la crête => minimise les coûts de l'atelier paroi moulée / hydrofraise avec une seule intervention dans le temps. 😊😊 => maximise la facilité et la rapidité de mise en œuvre de l'écran. 😊😊😊 => maximise les quantités de paroi moulée à réaliser. 😡😡 => dote l'ouvrage d'un organe d'étanchéité homogène à l'axe toute hauteur permettant de diminuer la qualité des matériaux argileux du corps du barrage. 😊😊 => pose des problèmes de réalisation et de recouvrement de l'écran au droit de l'ouvrage traversant du pertuis de fond, y-c en fondation 😡😡😡.	Une paroi moulée toute hauteur n'est pas réalisable en une fois depuis la crête, à cause de la présence de l'ouvrage traversant le remblai du barrage (pertuis de fond). Solution abandonnée.
Solution n°2 : Solution paroi moulée en fondation et toute	Cette solution nécessite de réaliser l'écran d'étanchéité en 2 fois (zone centrale, zone rives) => Génère des couts importants de l'atelier paroi moulée / hydrofraise : 2 interventions dans le temps et un amené/ repli	Une paroi moulée toute hauteur en rives et seulement en fondation dans la zone centrale génère des

hauteur en rives	<p>complet de l'atelier pendant la phase de construction des remblais du barrage. 😞</p> <p>=> assez facile et rapide à mettre en œuvre. 😊😊</p> <p>=> quantités de paroi moulée à réaliser importantes. 😞</p> <p>=> dote l'ouvrage d'un organe d'étanchéité non homogène (rigide et très étanche en rives et souple et moins étanches dans la zone centrale de plus grande hauteur) => Génère des risques non acceptables de pérennité de l'ouvrage vis-à-vis du risque d'érosion interne. 😞😞😞</p> <p>=> Intégration facile de l'ouvrage traversant du pertuis de fond 😊😊</p>	<p>risques non acceptables de pérennité de l'ouvrage vis-à-vis du risque d'érosion interne liés à une non homogénéité de l'organe d'étanchéité.</p> <p>Solution abandonnée.</p>
Solution n°3 : Solution paroi moulée en fondation et en rives par redans	<p>Cette solution nécessite de réaliser l'écran d'étanchéité en autant de fois que de redans en rives.</p> <p>=> Génère des couts très importants de l'atelier paroi moulée / hydrofraise : Très nombreuses interventions dans le temps, pas d'amené/ repli complet de l'atelier pendant la phase de construction des remblais du barrage, mais immobilisation de l'atelier pendant la phase de construction du remblai entre les redans. 😞😞😞</p> <p>=> difficile et long à mettre en œuvre car multiplication des temps de mise à pied d'œuvre de la machine. 😞😞😞</p> <p>=> minimise les quantités de paroi moulée à réaliser. 😊😊</p> <p>=> dote l'ouvrage d'un organe d'étanchéité homogène, mais nécessite une grande qualité de matériaux argileux : 😊</p> <p>=> Intégration facile de l'ouvrage traversant du pertuis de fond 😊😊.</p>	<p>Solution maximisant les coûts et les temps de réalisation.</p> <p>Solution abandonnée.</p>
Solution n°4 : Solution paroi moulée toute hauteur en 2 fois.	<p>Cette solution permet de réaliser en deux fois l'écran d'étanchéité.</p> <p>=> Génère des coûts importants de l'atelier paroi moulée / hydrofraise avec deux interventions dans le temps et un amené/ repli complet de l'atelier pendant la phase de construction des remblais du barrage, similaires à la solution n°2. 😞</p> <p>=> assez facile et rapide à mettre en œuvre. 😊😊</p> <p>=> maximise les quantités de paroi moulée à réaliser. 😞😞</p> <p>=> dote l'ouvrage d'un organe d'étanchéité homogène à l'axe toute hauteur permettant de diminuer la qualité des matériaux argileux du corps du barrage. 😊😊</p> <p>=> pose des problèmes de réalisation et de recouvrement de l'écran au droit de l'ouvrage traversant du pertuis de fond. Nécessite le rajout d'un dispositif de recouvrement de</p>	<p>Cette solution est la plus adaptée sous réserve de mise en place d'un dispositif de recouvrement cadre/ paroi moulée efficace.</p> <p>Solution la plus adaptée parmi les solutions « paroi moulée ».</p>

l'étanchéité cadre/ paroi moulée (rendu possible par la réalisation de la paroi moulée en 2 fois). 😞

Pour l'ouvrage des Barnières, la Solution n°4 « Solution paroi moulée toute hauteur en 2 fois » est la plus adaptée parmi les solutions « paroi moulée ».

Afin d'assurer un raccordement étanche entre les parois moulées et le cadre en béton armé dans la solution 4 :

- Au droit de la paroi moulée, le cadre sera réalisé après la paroi moulée dans la fondation et sera connecté dans la paroi moulée par recépage sur 25 cm de la tête de la paroi moulée et recoulage d'une longrine de raccordement en béton.
- Des longrines béton de 1,50 m d'épaisseur dans le sens longitudinal et de 50 cm d'épaisseur dans le sens transversal seront coulées autour du cadre (au-dessus et sur les côtés), afin d'assurer un recouvrement lors de l'exécution du reste des parois moulées.
- Lors de l'exécution des parois moulées depuis la crête (avec une précision de 10 cm), le recouvrement visé sur les longrines du cadre sera de 25 cm (afin d'obtenir un raccordement minimum de 15 cm).

3.2.1.6.5 Etude de solutions de type « tranchée bétonnée »

Au vue de la nature rocheuse du substratum, une solution de type tranchée bétonnée réalisée par une pelle mécanique munie d'un outil adapté au rocher a été étudiée.

Elle consistera à :

- Réaliser la tranchée en fondation et en rives par redans dans le substratum rocheux à l'aide d'une pelle mécanique munie d'un outil adapté au rocher. La stabilité des talus de la tranchée pendant la phase de creusement sera assurée par la nature du sol (rocher) permettant des talus raides. En l'absence de circulation dans la fouille à réaliser, une pente de l'ordre de 1H/3V sera retenue.
- Remplissage gravitairement de la tranchée par du béton.
- A chaque reprise de bétonnage (plot) des dispositions constructives seront mises en œuvre (type repiquage de la surface déjà bétonnée,...).

Au stade AVP, les dimensions de la tranchée bétonnée seront :

- longueur = longueur de la tranchée (de Rive à Rive du barrage) ;
- épaisseur = largeur de la tranchée = 0,4 m minimum (en fond).
- hauteur = 1 m de recouvrement dans le noyau argileux + hauteur d'ancrage dans la fondation. Selon les variantes, dans l'attente des résultats des modélisations hydrogéologiques réalisées en phase G2 PRO de la mission géotechnique, la hauteur d'ancrage dans la fondation sera de 2 m ou de 4 m.

- Phasage de la solution :

Après déroctage, et traitement anti migration,

- Phase 1 : Déroctage de la tranchée (zone centrale et rives) pendant la campagne de déroctage global des emprises de travaux.
- Phase 2 : Réalisation des batardeaux et dispositifs de dévoiement du Riou de l'Argentière pour mise hors d'eau de la zone de travaux, pêche de sauvegarde et basculement du Riou de l'Argentière en rive gauche (Travaux impactant directement le milieu aquatique).
- Phase 3 : En rive droite du Riou de l'Argentière, sur l'emprise du futur pertuis de fond, bétonnage de la tranchée jusqu'au fond de fouille du pertuis.
- Phase 4 : Réalisation du pertuis de fond au droit de la tranchée bétonnée.
- Phase 5 : En rive droite du Riou de l'Argentière, hors emprise du futur pertuis de fond, bétonnage de la tranchée jusqu'à +1m par rapport au fond de fouille hors tranchée. La partie hors sol fera l'objet de coffrages adaptés.
- Phase 6 : Basculement du Riou de l'Argentière en rive droite dans le pertuis de fond et bétonnage de la tranchée jusqu'à +1m par rapport au fond de fouille hors tranchée en rive gauche du Riou de l'Argentière. La partie hors sol fera l'objet de coffrages adaptés.
- Phase 7 : Réalisation des remblais jusqu'à la crête de l'ouvrage.

Par rapport à la solution 4 « paroi moulée », cette solution présente les avantages et inconvénients ci-après :

- Longue interventions dans le temps, mais l'atelier tranchée bétonnée est bien moins onéreux qu'un atelier hydrofraise/paroi moulée (Pas de centrale mobile de traitement des boues, Pas de matériels spécifiques...) et cet atelier peut être anticipé en même temps que le déroctage : 😊.
 - Long à mettre en œuvre car multiplication des temps de mise à pied d'œuvre de la machine, mais cet atelier peut être anticipé en même temps que le déroctage (rendant cette solution compatible avec les contraintes du planning de chantier) : 😊.
 - dote l'ouvrage d'un organe d'étanchéité homogène, mais nécessite une grande qualité de matériaux argileux : 😊.
 - Nécessite probablement de rajouter des brides anti-renard autour du pertuis par rapport à la solution 4. 😞.
 - minimise les quantités d'écran à réaliser. 😊😊😊.
 - Intégration facile de l'ouvrage traversant du pertuis de fond 😊😊.
- => minimise le cout de l'ouvrage par rapport à une solution type paroi moulée 😊😊😊.

Pour l'ouvrage des Barnières, la Solution n°4 « Solution paroi moulée toute hauteur en 2 fois » est moins adaptée qu'une solution type tranchée bétonnée ».

La Solution n°4 « Solution paroi moulée toute hauteur en 2 fois » est abandonnée

La solution type tranchée bétonnée est donc à privilégier à la solution n°4 « Solution paroi moulée toute hauteur en 2 fois ».

3.2.1.6.6 Etude de solutions de type « clé d'étanchéité en matériaux argileux »

Au vue de la constitution du corps du barrage en matériaux argileux, une solution de type clé d'étanchéité en matériaux argileux a été étudiée.

Elle consistera à :

- Réaliser la clé par déblais rocheux en fondation et en rives par redans dans le substratum rocheux à l'aide d'une pelle mécanique munie d'un outil adapté au rocher. La stabilité des talus de la tranchée pendant la phase de creusement sera assurée par la nature du sol (rocher) permettant des talus raides. En présence de circulation dans la fouille à réaliser, une pente de l'ordre de 1H/2V sera retenue.
- Réaliser après déroctage la barrière anti migration sur le fond de fouille et les talus de la clé d'étanchéité de manière identique au chapitre 3.2.1.6.2 Barrière anti-migration sous le remblai argileux, afin de minimiser le risque de migration de fine.
- Réalisation de remblais compactés en matériaux argileux du corps de digue selon la même méthodologie que pour le corps de digue (méthode excédentaire cf. 3.2.1.3.1 Un remblai argileux amont et central assurant l'étanchéité de l'ouvrage.).
- A chaque reprise de remblais (plot) des dispositions constructives seront mises en œuvre (type réalisation de redans d'accrochage sur le remblai existant...).

Au stade AVP, les dimensions de la clé d'étanchéité seront :

- longueur = longueur de la tranchée (de Rive à Rive du barrage) ;
- épaisseur = 3 m minimum (en fond).
- hauteur = hauteur d'ancrage dans la fondation. Selon les variantes, dans l'attente des résultats des modélisations hydrogéologiques réalisées en phase G2 PRO de la mission géotechnique, la hauteur d'ancrage dans la fondation sera de 2 m ou de 4 m.
- Phasage de la solution :

Dans la zone centrale de la vallée (hors versants) :

- Phase 1 : Déroctage de la clé (zone centrale et rives) pendant la campagne de déroctage global des emprises de travaux.
- Phase 2 : Réalisation de la barrière anti migration de la clé pendant la campagne de traitement global des emprises du noyau argileux.
- Phase 3 : Réalisation des remblais de la clé de la zone centrale et des remblais du noyau argileux jusqu'aux premiers redans.
- Phase 4 : Réalisation des remblais de la clé et des remblais du noyau argileux par redans jusqu'aux redans suivants, et jusqu'à la crête.

Par rapport à la solution Tranchée bétonnée, cette solution nécessite de réaliser l'écran d'étanchéité en autant de fois que de redans en rives à l'avancement des remblais :

- dote l'ouvrage d'un organe d'étanchéité homogène, mais nécessite une grande qualité de matériaux argileux : similaire à la solution tranchée bétonnée 😬.
- Intégration facile de l'ouvrage traversant du pertuis de fond : similaire à la solution tranchée bétonnée 😬.
- Nécessite un gabarit de fouille plus important lié aux besoins de compactage du matériaux argileux. Il en résulte des délais de réalisation légèrement plus long que pour la tranchée bétonnée et surtout plus de déroctage et d'évacuation (gabarit de la fouille plus important). Cette fouille impacte de façon importante, la phase provisoire de transfert du lit du Riou de l'Argentière au-dessus de la tranchée 😡.
- Le cout entre les solutions « tranchée bétonnée » et « clé d'étanchéité en matériaux argileux » dépendra de la profondeur définitive de l'écran d'étanchéité, qui ne pourra être déterminée qu'à l'issue des calculs de la G2 PRO. 😡 ou 😬.

En termes d'avantages et inconvénients, les solutions « tranchée bétonnée » et « clé d'étanchéité en matériaux argileux » sont très proches l'une de l'autre. Le cout et le choix de la solution finale entre les solutions « tranchée bétonnée » et « clé d'étanchéité en matériaux argileux » dépendra de la profondeur définitive de l'écran d'étanchéité, qui ne pourra être déterminée qu'à l'issue des calculs de la G2 PRO. Ainsi, en phase AVP, 4 solutions sont finalement proposées :

Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m

Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m

Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m

Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m

Au stade AVP, au vu des vérifications menées dans le cadre de la G2-AVP, la Solution 2A (Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m) est retenue comme solution de base pour l'AVP. Les autres variantes (solutions 1A, 1B, et 2B) seront toutefois étudiées en phase PRO.

3.2.1.6.7 Analyse comparative des différentes solutions

Une analyse comparative multicritère sur la base de plusieurs critères a été menée en complément sur les 4 solutions de traitement d'étanchéité de la fondation de l'ouvrage ci-après :

- Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m
- Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m
- Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m
- Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m

Critères	Solution 1A : Tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	Solution 1B : Clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	Solution 2A : Tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m	Solution 2B : Clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m	Commentaires
Fonctionnement hydraulique des aménagements					Les solutions 1A et 2A (Tranchées bétonnées) sont plus faciles à mettre en oeuvre que les solutions 1B et 2B (clé d'étanchéité en matériaux argileux) => gain en perennité de l'ouvrage Si les ouvrages sont réalisés selon les règles de l'art, pas d'impact significatif pour toutes les solutions sur le fonctionnement hydraulique.
Contraintes d'exploitation de surveillance et d'entretien					Impact similaire pour toutes les solutions.
Impacts sur les Réseaux/ concessionnaires existants					Impact similaire pour toutes les solutions.
Impacts sur le paysage					Impact similaire pour toutes les solutions.
Incidences sur l'environnement, le foncier et Incidences administratives et juridiques					Impact similaire pour toutes les solutions.
Contraintes de mise en œuvre					Pour de faible profondeur, la solution 1B (clé d'étanchéité en matériaux argileux) et la solution 1A (Tranchée bétonnée) sont très proches l'une de l'autre. Pour des profondeurs plus importantes, La solution 2A (Tranchée bétonnée) pourra être privilégiée pour des raisons de mise en oeuvre.
Délais					Les solutions 1A et 2A (Tranchées bétonnées) sont plus rapide à mettre en oeuvre que les solutions 1B et 2B (clé d'étanchéité en matériaux argileux). Pas d'impact sur le délai global du chantier pour toutes les solutions.
Coût					Les solutions 1B et 2B (clé d'étanchéité en matériaux argileux) sont moins chères que les solutions 1A et 2A (Tranchées bétonnées) (respectivement environ -60 k€ et -100k€). Mais, faible d'impact sur le cout global du chantier (~2%).
Bilan					Pour de faible profondeur, la solution 1B (clé d'étanchéité en matériaux argileux) pourra être privilégiée pour des raisons de coût. Pour des profondeurs plus importantes, les solutions 2A (Tranchée bétonnée) et 2B (clé d'étanchéité en matériaux argileux) sont très proches l'une de l'autre. La solution 2A (Tranchée bétonnée) pourra être privilégiée pour des raisons de mise en oeuvre.

Conclusion : En termes d'avantages et inconvénients, les solutions « tranchée bétonnée » et « clé d'étanchéité en matériaux argileux » sont très proches l'une de l'autre. Le cout et le choix de la solution finale entre les solutions « tranchée bétonnée » et « clé d'étanchéité en matériaux argileux » dépendra de la profondeur définitive de l'écran d'étanchéité, qui ne pourra être déterminée qu'à l'issue des calculs de la G2 PRO. Ainsi, en phase AVP, 4 solutions sont finalement proposées :

Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m

Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m

Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m

Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m

Au stade AVP, au vu des vérifications menées dans le cadre de la G2-AVP, la Solution 2A (Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m) est retenue comme solution de base pour l'AVP. Les autres variantes (solutions 1A, 1B, et 2B) seront toutefois étudiées en phase PRO.

En complément de l'écran d'étanchéité en fondation à l'axe de l'ouvrage, il est proposé de provisionner à l'AVP la réalisation d'un voile d'étanchéité par injection à partir du pied amont (10 à 15m de profondeur). Cette disposition sécuritaire n'apparaît pas nécessaire au vu des résultats de la G2-AVP (et n'apparaît donc pas sur les plans de l'AVP). Elle sera toutefois de nouveau réétudiée en phase PRO (lors des calculs d'érosion interne de la G2-PRO), avant de l'écarter définitivement.

3.2.1.7 Choix du dispositif d'auscultation de l'ouvrage

L'inspection visuelle représente la partie majeure de la surveillance des barrages : Elle a pour but et permet souvent de détecter des désordres et anomalies affectant un ouvrage.

L'auscultation est une méthode quantitative basée sur l'utilisation d'instruments de mesure, choisis et positionnés pour rendre compte de l'évolution du comportement de l'ouvrage. Le dispositif d'auscultation doit donc être conçu en fonction du type, des dimensions et des particularités techniques du barrage.

Conformément aux recommandations du CFGB (Petits Barrages), pour les petits barrages, le dispositif d'auscultation doit être constitué d'instruments simples, robustes et de lectures faciles.

Les appareils d'auscultation des petits barrages en terre sont en général constitués des éléments ci-après :

■ Mesure de la cote du plan d'eau :

Elle permet généralement :

- D'améliorer la gestion de la retenue par une connaissance continue des volumes d'eau disponibles ; Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), la mesure du plan d'eau ne permettra pas de remplir cet objectif.
- De participer à l'auscultation du barrage en permettant d'examiner l'influence de la cote de la retenue sur les mesures de certains instruments (en particulier débits et piézométrie) ;
- D'enrichir les données hydrologiques par mesure en cas de crue.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), la mesure du plan d'eau sera retenue dans le dispositif d'auscultation, car elle permettra d'enrichir les données hydrologiques de l'ouvrage en cas de crue.

Au vu de la courte durée des mises en eau (crue), un capteur de niveau d'eau automatique de type limnimètre enregistreur, sera mis en œuvre.

Il sera doublé d'une échelle limnimétrique mise en place à l'amont du barrage et lisible depuis la crête du barrage rive gauche, qui permettra de mesurer le plan d'eau en cas de défaillance de la mesure automatique.

Le type de capteur automatique de mesure du plan d'eau (ultrason, pression,...) sera proposé en phase PRO.

■ Mesure des débits :

Le contrôle des fuites, des suintements et des zones humides est d'abord visuel. La mesure des débits suppose leur collecte : fossé de pied, aménagement d'exutoires à la sortie des organes de drainage. Deux procédés de mesure des débits sont envisageables :

- par capacité (mesure du volume recueilli dans une capacité jaugée pendant un temps donné) ;
- par mesure de la lame déversante en amont d'un seuil calibré.

Ces dispositifs de mesures de débit sont très utiles et indispensables sur des barrages à retenue permanente. Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, qui est un barrage à retenue dite sèche

(temporaire), ces mesures de débits ne présentent aucun intérêt. En effet, hors crue, lorsque la retenue est sèche, aucun débit de fuite ne pourra être mesuré. En crue, si des débits de fuite pourraient théoriquement être mesurés, ils ne pourront physiquement pas l'être, à cause de la taille de l'évacuateur de crue, par rapport à la forme de la vallée (~85%), qui ne permet pas la mise en place de dispositif de débit de fuite.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), la mesure des débits ne sera pas retenue dans le dispositif d'auscultation.

■ Mesure de la piézométrie

Il est important de contrôler dans la fondation et dans le remblai, la position de la surface phréatique et l'évolution des pressions interstitielles. Deux types d'appareils de mesure sont envisageables :

- les piézomètres à tube ouvert dont la longueur crépinée est de quelques dm à plusieurs mètres ;
- Les cellules de pression interstitielle (à corde vibrante, ou à contre-pression).

Les cellules de pression interstitielle fournissent des mesures ponctuelles précises et elles ont des temps de réponse plus rapides que les piézomètres. Elles permettent de suivre finement des phénomènes plus complexes, tels que la consolidation des matériaux argileux humides du remblai, de la fondation, la progression de la saturation, l'efficacité du drainage.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), la mesure de la piézométrie sera retenue dans le dispositif d'auscultation.

Au vue de la courte durée des mises en eau (crue), des cellules de pression interstitielles automatiques permettant un enregistrement des données, seront mises en œuvre sur quelques profils amont/aval du barrage.

Le piézomètre à tube ouvert, peu coûteux et de lecture aisée, permet de détecter les anomalies dans la fondation (mise en évidence d'une perte de charge insuffisante), ou dans le talus aval (problème de saturation). Les piézomètres sont implantés dans des profils rive à rive (des précautions particulières sont à prendre en compte au contact avec le tapis drainant). Compte tenu du temps de réponse, le piézomètre à tube ouvert convient mieux aux terrains perméables. Au vue du zonage de l'ouvrage des Barnières (drainage notamment), et de la courte durée des mises en eau (crue), il ne sera pas mis en œuvre de piézomètres à travers le barrage. En revanche, il peut être intéressant de disposer de quelques piézomètres à proximité immédiate du barrage pour donner des informations sur la fondation.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), la mesure de la piézométrie sera retenue dans le dispositif d'auscultation.

Au vue de la courte durée des mises en eau (crue), des piézomètres à tube ouvert munis d'un capteur de niveau automatique permettant un enregistrement des données, seront mis en œuvre à proximité immédiate de l'ouvrage en rives.

■ Mesure des déplacements

On peut distinguer plusieurs types de déplacements :

- Des mesures de déplacements absolus de repères du barrage par rapport à des piliers d'observation fixes implantés dans des zones non susceptibles d'être affectées par des mouvements ; on peut réaliser des mesures altimétriques (tassement) et des mesures planimétriques (sens amont-aval et sens rive-rive) ;
- Des mesures de déplacements internes du remblai, verticaux à l'aide de tassomètres, horizontaux à l'aide d'inclinomètres ou d'élongomètres ; ces appareils ne concernent

en général que les ouvrages importants ; **Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), ce type de mesures de déplacement n'est pas adapté et n'a pas été retenu.**

- Des mesures de déplacements relatifs des structures en béton ; pendule dans une tour de prise, VINCHON au droit des joints d'une galerie de visite. **Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), ce type de mesures de déplacement n'est pas adapté et n'a pas été retenu.**

La mesure la plus courante est celle du tassement. Ce dernier évolue en général peu après les travaux pendant quelques années. Il est important de commencer les mesures de tassement dès la fin du compactage des dernières couches du remblai. Les bornes topographiques solidarisées avec le corps du massif sont placées sur la crête du remblai, ou près de celle-ci, et aussi sur le parement aval pour les ouvrages relativement grands.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche), la mesure des déplacements de type tassement (mesures de déplacements altimétriques) sera retenue dans le dispositif d'auscultation.

2 piliers d'auscultation seront mis en place le long de la piste rive gauche au-dessus du niveau de la crue de sureté. Des bornes topographiques d'auscultation seront mises en place en crête de l'ouvrage.

Le phénomène de débit de fuite n'est pas instrumentalisable sur ce type d'ouvrage avec évacuateur de crue pleine largeur et retenue sèche amont. Les phénomènes significatifs prévisibles du comportement de l'ouvrage des Barnières (retenue sèche) sont des déplacements altimétriques liés au tassement de l'ouvrage en remblais et des évolutions de pressions interstitielles, liées aux brusques variations du niveau du plan d'eau (en crue). Les choix du dispositif d'auscultation ci-avant répondent bien à ces problématiques.

Le nombre, l'implantation et le type de capteurs seront définis et précisés dans le PRO.

3.2.1.8 Intégration paysagère des aménagements

Le détail des effets et enjeux paysagers est consigné dans le dossier site classé.

3.2.1.8.1 Effets paysagers du projet :

Les effets paysagers du projet sont rappelés ci-après :

- Un effet sur la morphologie des lieux : Blocage du vallon par un ouvrage imposant par rapport à l'échelle du site : 11m de haut, 60 m de large, et plus de 90m de long.

Aucune mesure de réduction de cet effet paysager pérenne ne peut être mise en place.

Il en résulte un Impact fort.

Des effets sur les structures végétales : Autour de l'ouvrage, suppression de la ripisylve, des bois et garrigues en versant, ouverture des vues, ensoleillement en rupture avec les ambiances naturelles actuelles sur environ 2,5 ha. Aucune mesure de réduction de cet effet paysager pérenne ne peut être mise en place (pas de revégétalisation possible du fait du risque d'embâcle ou d'incendie). **Il en résulte un Impact fort.**

- Une anthropisation du lieu ; cadre béton, protection anti embâcles, enrochements, pistes, terrassements induits ... aménagements très techniques dictés par la stabilité de l'ouvrage et les contraintes hydrauliques. L'optimisation et l'insertion paysagère de l'ouvrage sont par conséquent très limitées. **Il en résulte un Impact fort.**

- Des perceptions extérieures limitées (au pied de l'A8), espace privé. **Il en résulte un Impact faible.**

3.2.1.8.2 Mesures paysagères d'atténuation envisagées pour éviter, réduire et compenser les effets du projet

3.2.1.8.2.1 Typologie des mesures

Le Chapitre ci-après reprend notamment les éléments et la présentation exposés par NATURALIA dans le Dossier CNPN du projet.

Les différentes mesures présentées ci-après sont issues d'un travail croisé entre les écologues, la paysagiste, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage : il s'agit donc de mesures validées conjointement, qui sont déjà intégrées au projet.

Les différentes mesures sont détaillées ci-après, puis récapitulées dans un tableau de synthèse.

Pour chaque mesure, il a été défini un code mesure propre au projet et le code THEMA associé (issu du guide CEREMA 2018). Afin de mettre en valeur les mesures liées au paysage et de les différencier de celles des écologues, il a été retenu de rajouter la lettre « P » en début du code mesure du projet.

L'article L 122-1 du Code de l'Environnement prévoit trois types de mesures : « les mesures destinées à éviter, réduire et, lorsque c'est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement....

Il convient donc, suite à l'appréciation des impacts bruts, de proposer des mesures de suppression ou de réduction des impacts préalablement cités. Suite à cette étape, une nouvelle appréciation des impacts est nécessaire en tenant compte de l'application des mesures d'atténuation et des impacts résiduels examinés. Si ces derniers sont finalement vecteurs d'atteintes majeures, des mesures compensatoires seront évoquées.

La typologie des mesures d'évitement, de réduction, de compensation ou d'accompagnement listées dans ce document respectent la classification préconisée par le « Guide d'aide à la définition des mesures ERC » publié en janvier 2018 par le CEREMA Centre-est.

Vocabulaire retenu	Correspondance	Symbologie retenue
Phase de la séquence ERC, voire mesure d'accompagnement	Évitement ou Réduction ou Compensation ou Accompagnement Exemple : Réduction	Initiale de la phase de la séquence en majuscule (E ou R ou C ou A) Exemple : R
Type de mesures	Sous-distinction principale au sein d'une phase de la séquence Exemple : Réduction technique	Initiale de la phase de la séquence suivi d'un numéro Exemple : R2
Catégorie de mesures	Distinction du type de mesure en plusieurs « catégories » le cas échéant. Exemple : Réduction technique en phase d'exploitation / de fonctionnement	Numéro de la catégorie (de 1 à 4 selon les types de mesure) Exemple : R2.2
Sous-catégorie de mesures	Sous-catégories pouvant être identifiées au sein de chaque catégorie. La sous-catégorie peut rassembler plusieurs mesures. C'est le niveau le plus détaillé et descriptif de la classification. Exemple : Passage inférieur à faune / Ecoduc (spécifique ou mixte)	Lettre en minuscule Exemple : R2.2 f

Tableau 17- Clé de classification des mesures (CEREMA, 2018)

- **Les mesures d'évitement (ou de suppression) :**

Les mesures d'évitement (ou de suppression) visent à éliminer totalement l'impact d'un élément du projet sur l'environnement. La suppression d'un impact peut parfois impliquer la modification du projet initial telle qu'un changement de site d'implantation ou la disposition des éléments de l'aménagement. Suivant la phase de conception du projet, des adaptations liées à la géographie, aux éléments techniques inhérents au projet ou une adaptation des phases dans le calendrier du projet peuvent être considérées comme des mesures d'évitement.

Type	Catégorie	Code associé
E1 – Évitement « amont » (stade anticipé)	1. Phase de conception du dossier de demande	E1.1
E2 – Évitement géographique	1. Phase travaux	E2.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	E2.2
E3 – Évitement technique	1. Phase travaux	E3.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	E3.2
E4 – Évitement temporel	1. Phase travaux	E4.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	E4.2

Tableau 18 : Typologie des mesures d'évitement (source : CEREMA, 2018)

- **Les 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, adaptation des techniques employées, planification...) ou de mesures de restauration du milieu ou de certaines de ses fonctionnalités écologiques ou paysagères (revégétalisation...).

Type	Catégorie	Code associé
R1 – Réduction géographique	1. Phase de conception du dossier de demande	R1.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	R1.2
R2 – Réduction technique	1. Phase travaux	R2.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	R2.2
R3 – Réduction temporelle	1. Phase travaux	R3.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	R3.2

Tableau 19 : Typologie des mesures de réduction (source : CEREMA, 2018)

Les mesures présentées au sein de ce document sont issues des sous-catégories du guide du CEREMA de 2018. Des lettres en minuscules correspondant à ces sous-catégories leur sont attribuées.

- **Les mesures d'accompagnement**

Les mesures d'accompagnement visent à insérer au mieux le projet dans l'environnement, en tenant compte par exemple du contexte local et des possibilités offertes pour agir en faveur de l'environnement. Ces mesures peuvent venir en complément afin de renforcer les effets de mesures d'évitement, réduction ou de pérenniser les mesures compensatoires.

Ces mesures sont classées suivant la typologie suivante :

Type	Catégorie	Code associé
A1 –Préservation foncière	1. Cas dérogatoire des lignes directrices ERC	A1.1
	2. Site en bon état de conservation	A1.2
A2 – Pérennité des mesures compensatoires	a. Mise en place d'un outil réglementaire du code de l'environnement ou du Code Rural et de la pêche maritime ou du code de l'urbanisme : à préciser	A2.a
	b. Rattachement du foncier à un réseau de sites locaux : à préciser	A2.b
	c. Cession / rétrocession du foncier : à préciser	A2.c
	d. Mise en place d'obligations réelles environnementales	A2.d
A3 – Rétablissement	a. Aménagement ponctuel (abris ou gîtes artificiels pour la faune)	A3.a
	b. Aide à la recolonisation végétale	A3.b
	c. Autre : à préciser	A3.c
A4 – Financement	1. Financement intégral du maître d'ouvrage	A4.1
	2. Contribution à une politique publique	A4.2
A5 – Actions expérimentales	a. Action expérimentale de génie écologique	A5.a
	b. Action expérimentale de renforcement de population ou de transplantation d'individus / translocation manuelle ou mécanique	A5.b
	c. Autre : à préciser	A5.c
A6 – Action de gouvernance/ sensibilisation / communication	1. Gouvernance	A6.1
	2. Communication, sensibilisation ou de diffusion des connaissances	A6.2
A 7- Mesure « paysage »	a. Aménagements paysagers d'accompagnement du projet dans les emprises et hors emprises	A7.a
A 8- « Moyens » concourant à la mise en œuvre d'une MC	a. À préciser	A8.a
A 9- Autre	a. Mesure d'accompagnement ne rentrant dans aucune des catégories ci-avant A1 à A8 : à préciser	A9.a

Tableau 20 : Typologie des mesures d'accompagnement (source : CEREMA, 2018)

- **Les mesures compensatoires**

Les mesures compensatoires visent à établir un bilan écologique/ paysager neutre voire une amélioration globale de la valeur écologique/ paysagère d'un site et de ses environs. **Ces mesures compensatoires interviennent lorsqu'un impact résiduel significatif subsiste.**

« La compensation vise à contrebalancer les effets négatifs pour l'environnement d'un projet, d'un plan ou d'un programme (urbanisme, infrastructure, industrie...) par une action positive. Elle doit donc théoriquement rétablir une situation d'une qualité globale proche de la situation antérieure et un état écologique jugé fonctionnellement normal ou idéal. Sa spécificité est d'intervenir lorsque l'impact n'a pu être évité par la conception d'un projet alternatif (variantes de projet) ou suffisamment atténué par la mise en œuvre de mesures de réduction. S'il subsiste des « effets résiduels notables » malgré tout, alors et seulement la compensation est envisagée. » Extrait du rapport « les mesures compensatoires pour la biodiversité » DIREN PACA 2009.

L'élaboration de telles mesures s'appuie sur **cinq principes fondateurs** :

- l'équivalence écologique ;
- l'absence de perte nette de biodiversité voire de gain de biodiversité (additionnalité) ;
- la proximité géographique ;
- l'efficacité avec une obligation de résultats ;
- la pérennité avec l'effectivité des mesures de compensation pendant toute la durée des atteintes

Une mesure peut être qualifiée de mesure compensatoire lorsqu'elle comprend ces **trois conditions nécessaires** :

- Disposer d'un site par la propriété ou par contrat ; ET
- Déployer des mesures techniques visant à l'amélioration de la qualité écologique des milieux naturels ou visant la création de milieux ou modifier les pratiques de gestions antérieures ; ET
- Déployer des mesures de gestion pendant une durée adéquate.

La typologie du programme compensatoire suit le « Guide d'aide à la définition des mesures ERC » du CEREMA de janvier 2018 et est détaillée par ce tableau :

Type	Catégorie	Code associé
C1 – Création / Renaturation de milieux	1. Action concernant tous types de milieux	C1.1
C2 – Restauration / Réhabilitation	1. Action concernant tous types de milieux	C2.1
	2. Actions spécifiques aux cours d'eau (lit mineur + lit majeur), annexes hydrauliques, étendues d'eau stagnantes, zones humides et littoraux soumis au balancement des marées	C2.2
C3 – Evolution des pratiques de gestion	1. Abandon ou changement total des modalités de gestion antérieures	C3.1
	2. Simple évolution des modalités de gestion antérieures	C3.2

Tableau 21 : Typologie des mesures de compensation (source : CEREMA, 2018)

3.2.1.8.2.2 Mesures paysagères d'évitement

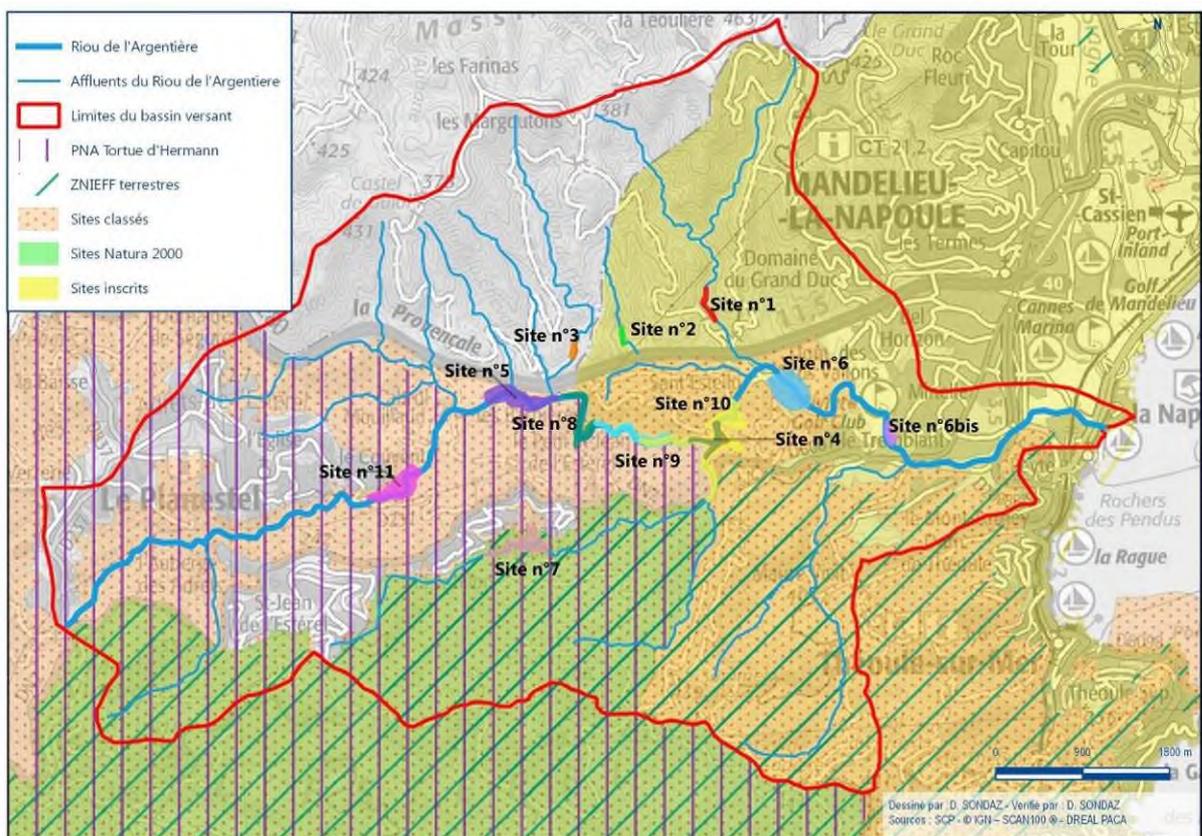
3.2.1.8.2.2.1 Mesure PE1 - Choix du site d'implantation de l'ouvrage

Des mesures d'évitement ont été étudiées et prises en compte très en amont dès le stade faisabilité. Elles concernent le choix du site d'implantation de l'ouvrage, issu de trois niveaux d'analyse. Elles s'inscrivent dans les mesures sous le **code THEMA E.1.1b**.

• Niveau 1

11 sites de stockage ont été recensés par la SCP dans le bassin versant et seuls 3 ont présenté un bassin versant suffisamment grand et éloigné de l'exutoire, avec un rapport volume d'eau stocké / volume de l'ouvrage intéressant, sans trop de contrainte économique, riveraine, environnementale :

- Barnières (sites n°5),
- Domaine de Barbossi - amont golf (site 6)
- Vallon St Jean (site 7)



Localisation des sites de stockage potentiels et enjeux environnementaux
 Source SCP - Annexe 9 au dossier de demande d'examen au cas par cas PAPI RIOU DE L'ARGENTIERE – OUVRAGE DE RALENTISSEMENT DYNAMIQUE DES CRUES (action VI-1)

• Niveau 2

Les trois sites (Barnières, Domaine de Barbossi et vallon St Jean) ont fait l'objet d'une analyse macroscopique des grands enjeux environnementaux et des contraintes techniques, appliqués à 3 variantes (étude de faisabilité, SCP, 2012-2014) :

- Variante 1 = site n°5 (Barnières)
- Variante 2 = site n°5 (Barnières) et n°6 (Domaine de Barbossi)
- Variante 3 = site n°5 (Barnières), n°6 (Domaine de Barbossi) et n°7 (Vallon St-Jean)

Parmi ces trois variantes, la variante 1 est la solution de moindre impact sur le paysage, car elle revient à réaliser un unique ouvrage en site classé et permet ainsi d'éviter la réalisation de plusieurs ouvrages en site classé (cas des variantes n°2 et 3).

Un unique ouvrage de ralentissement dynamique des crues sur le site des Barnières (variante 1) a ainsi été retenu, car il s'agit de la variante qui impacte le moins d'enjeux environnementaux et paysagers portés à connaissance et pressentis, et qui présente le meilleur gain hydraulique dans la zone à enjeux à l'aval.

• **Niveau 3**

Trois sites au lieu-dit les Barnières ont été étudiés (étude préliminaire, EGIS Eau, 2016).



Localisation des 3 sites étudiés au lieu-dit les Barnières - Source SCP - Annexe 9 au dossier de demande d'examen au cas par cas PAPI RIOU DE L'ARGENTIERE – OUVRAGE DE RALENTISSEMENT DYNAMIQUE DES CRUES (action VI-1)

Différents critères ont été pris en compte pour l'analyse des 3 sites d'implantation :

- Impact de l'ouvrage sur la stabilité des talus de l'A8 ;
- Le rétablissement du passage inférieur sous l'A8 ;
- Dimension et emprise de l'ouvrage, notamment par rapport aux enjeux écologiques (prise en compte des premiers inventaires naturalistes (2015-2016)) et paysagers ;
- Conditions géologiques.

L'implantation 2 a été retenue car située au droit d'un verrou naturel, qui optimise les dimensions de l'ouvrage (largeur en travers de la vallée du Riou de l'Argentière) et permet de maintenir le passage inférieur sous l'A8 hors zone d'expansion de crue.

Cette zone est moins altérée d'un point de vue géotechnique et donc plus fiable vis-à-vis de la stabilité et pérennité de l'ouvrage.

Cette implantation est la moins impactante vis-à-vis de la flore et des habitats naturels, ainsi que du paysage car elle minimise les emprises de l'ouvrage et est peu perçue.

Elle minimise également les risques, les délais de réalisation et le coût de l'ouvrage.

3.2.1.8.2.2.2 Mesure PE2 – Redéfinition des caractéristiques du projet

Les mesures d'évitement du projet, ci-après, ont consisté principalement à des choix de conception en amont impliquant une redéfinition des caractéristiques du projet dans le but d'en réduire les impacts sur le paysage. Elles s'inscrivent dans les mesures sous le **code THEMA E.1.1c.**

L'état initial réalisé au sein de la zone d'étude a mis en exergue la présence de nombreux enjeux écologiques et paysagers.

Au regard de cet état des lieux, un important travail de concertation a été mené entre EGIS, Akene Paysage et Naturalia Environnement pour tenter de limiter au maximum les impacts sur ces enjeux. Il en résulte les mesures ci-après :

Un premier AVP a été présenté par EGIS en mars 2018. Après superposition de ce premier plan de masse aux différents enjeux, un travail de concertation a été mené pour que le projet soit de moindres impacts sur l'écologie et le paysage. Les versions d'AVP ultérieures ont permis la prise en compte :

- La modification de la zone défrichement initialement prévue sur l'intégralité du premier méandre du Riou amont à l'ouvrage. Cette réduction de la zone de défrichement couplée à un plan de gestion de la Zone d'expansion des crues (limitant l'abattage d'arbres à un abattage sélectif) permettra **le maintien de la silhouette de la ripisylve et du paysage agricole au niveau de la future zone d'expansion de crue (hors zone de base vie et zone d'emprunt)**. Cela permet également le maintien du sol en place, de sa valeur agronomique et des chemins de desserte actuels. **La modification de l'emplacement de la base de vie**, qui était initialement prévue sur des habitats naturels à enjeu notable d'un point de vue écologique et paysager. La base vie a ainsi été déplacée au niveau d'une ancienne parcelle cultivée présentant des espèces invasives (eucalyptus et mimosa), avec maintien et préservation de l'enveloppe d'arbres, notamment des chênes en périphérie ;
- **La modification de l'emplacement de la zone d'emprunt**, initialement prévue en rive gauche du Riou de l'Argentière ; La zone d'emprunt a été déplacée sur la parcelle (CR512) agricole plane, à proximité amont du chantier, en rive droite du Riou de l'Argentière, où est pratiqué actuellement du pâturage équin. Ce déplacement a permis de minimiser l'abattage d'arbres ;
- **Création d'un franchissement du Riou de l'Argentière via un passage à gué busé provisoire** entre les parcelles I124 (base vie) et CR512 (zone d'emprunt) minimisant l'impact sur la ripisylve arborée (minimisation du linéaire impacté). La réutilisation d'un passage à gué existant a été étudiée en phase AVP et abandonnée, car nécessitant des reprises pour l'adapter au trafic du chantier et car situé trop en amont sur le Riou de l'Argentière entre les parcelles CR511 et I184 (Il en résulterait un impact supplémentaire significatif sur la ripisylve et le paysage (déboisement) pour aller utiliser ce passage à gué existant).
- **Préservation des boisements/ haies en périphérie de la zone d'emprunts**. Terrassement à réaliser en recul de 5m par rapport aux haies existantes, afin de préserver leur système racinaire et leur pérennité.
- **Suppression de la piste d'accès direct à l'ouvrage depuis l'A8**, prévue initialement à l'AVP, très impactante en versant. Cet accès présentait un impact fort paysager de par la création d'une piste en déblai - remblai en versant végétalisé. ;
- **Pas d'élargissement de la piste DFCI existante d'accès au chantier depuis la DN7**. Selon la dernière visite sur site avec la DREAL (juillet 2019) et l'avant-projet, la piste DFCI existante depuis la DN7, au lieu-dit le Pas des Mules, jusqu'à l'ouvrage de franchissement de l'A8 ne nécessitera pas d'élargissement pour les besoins du chantier ;
- **Suppression de l'ouvrage anti embâcles**, afin d'éviter la création d'un ouvrage artificiel supplémentaire en amont immédiat de l'ouvrage avec un impact fort paysager. Cette suppression a été rendu possible, notamment par le dimensionnement du pertuis retenu et le choix d'un déversoir libre frontal. Maintien en place seulement d'une grille antiflotant sur le pertuis amont, qui permet notamment de faciliter les opérations de désembâclement mais pas la formation d'embâcles. ;

3.2.1.8.2.3 Mesures paysagères de réduction

3.2.1.8.2.3.1 Mesure PR1 - Limitation / adaptation des pistes du projet

Les mesures de réduction ci-après permettent de limiter les emprises du projet et d'en minimiser l'impact sur le paysage. Elles s'inscrivent dans les mesures sous le **code THEMA R.1.2a** Limitation / adaptation des emprises du projet. Elles consistent en :

- **La simplification et la fusion des pistes d'accès à l'amont du futur ouvrage** « piste de tiers-talus amont » et « piste d'accès de pied amont vers ouvrage hydraulique » limitant ainsi l'impact du projet sur le paysage en limitant les terrassements, les emprises et les linéaires des pistes tout en assurant, les objectifs fonctionnels de l'ouvrage :

Dans le détail, le décalage de la piste d'accès amont le plus en amont possible a été pris en compte pour minimiser l'impact visuel du pertuis et de ses murs. Il a été réalisé de manière à fusionner la piste initiale de pied amont et la piste à mi-talus amont initiale en une seule piste amont traversant l'ouvrage au tiers du talus. Cette piste a été calée à la côte d'environ 64 m NGF pour d'une part bien s'harmoniser d'un point de vue paysager avec la piste existante en rive droite (qui est à environ 64,10 m NGF) et d'autre part pour maintenir une piste à tiers talus au-dessus du niveau de la Q2 (63,85 m NGF), afin de faciliter l'entretien pour les crues fréquentes. **Cette piste à tiers talus du parement amont est nécessaire pour être en accord avec les recommandations CFGB (petits barrages 2002). De plus des retours d'expérience sur des aménagements similaires ont démontré la nécessité de pouvoir intervenir facilement pour desemblaier ou nettoyer la grille amont du pertuis lors de crues fréquentes (notamment lors des phases de vidange).**

L'accès en pied de l'ouvrage est nécessaire pour pouvoir réaliser les opérations d'entretien (curage) du pertuis, ce balisage enherbé ne se traduit pas par une piste normalisée.

- **Réduction au maximum de la largeur des pistes circulables définitives** en rive droite et gauche à 3,5 m de largeur, et réduction au maximum de l'élagage, l'abattage d'arbres, d'arbustes de manière à libérer un gabarit « Travaux » de Lxh = 4 mx 4m, afin de limiter l'impact paysager.

3.2.1.8.2.3.2 Mesure PR2 - Limitation / adaptation des enrochements du projet

Les mesures de réduction ci-après permettent de limiter les emprises du projet et d'en minimiser l'impact sur le paysage. Elles s'inscrivent dans les mesures sous le **code THEMA R.1.2a** Limitation / adaptation des emprises du projet. Elle consiste en la **diminution au strict nécessaire des enrochements en rive droite et en radier en extrémité aval de la fosse de dissipation**, afin d'améliorer l'intégration paysagère tout en assurant la protection hydraulique de la confluence avec le Vallon de l'Aubro.

3.2.1.8.2.3.3 Mesure PR3 – Réduction de l'impact paysager du pertuis de l'ouvrage

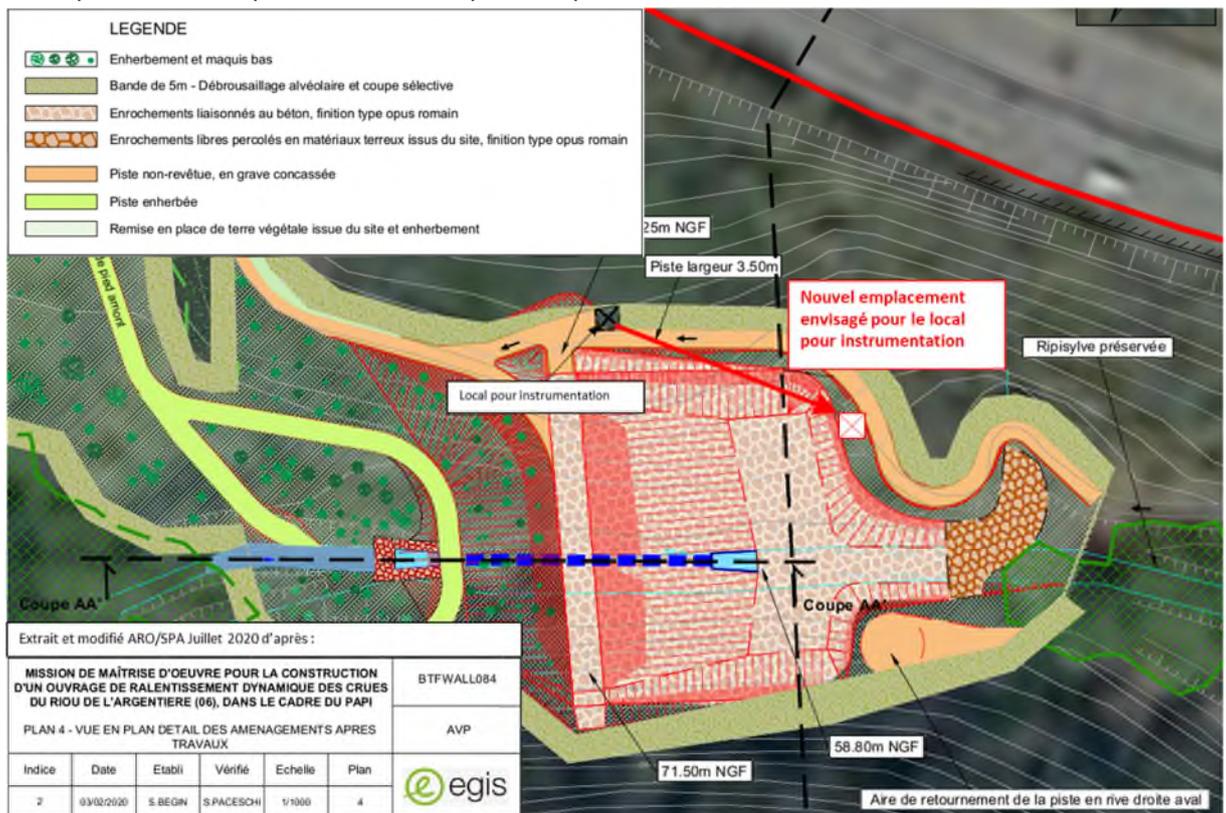
La mesure de réduction ci-après permet de minimiser l'impact sur le paysage du pertuis. Elle s'inscrit dans les mesures sous le **code THEMA R.1.2d. Autres**. Elle résulte d'un compromis entre les contraintes paysagères, environnementales (continuité piscicole) et techniques (sécurité risque de chute, efficacité hydraulique). Elle consiste en un **allongement du cadre de rétablissement du Riou de l'Argentière** (partie enterrée du pertuis) lors des études AVP pour éviter de hauts murs béton dans les talus amont et aval. Pris en compte au maximum dans la solution AVP finale, de manière à conserver tout de même une piste à tiers talus circulaire pour les crues et un ouvrage pleinement fonctionnel et exploitable.

3.2.1.8.2.3.4 Mesure PR4 – Réduction de l'impact paysager du Local d'instrumentation

La mesure de réduction ci-après a pour objectif de minimiser l'impact sur le paysage du Local d'instrumentation. Elle s'inscrit dans les mesures sous le code THEMA R.1.2d. Autres. Elle résulte d'un compromis entre les contraintes paysagères, techniques (sécurité surveillance) et réglementaires (risque incendie). Elle consiste en une optimisation du Local d'instrumentation en rive gauche, en bordure de la piste. Ce local permettra de centraliser physiquement le rapatriement des données d'instrumentations automatiques de l'ouvrage vers un automate, qui assurera ensuite une diffusion de ces données vers les locaux de l'exploitant de l'ouvrage qui seront situés en dehors du site des Barrières.

La version initiale de l'AVP prévoyait un local de 8 m² situé au droit de l'ouvrage en crête de la piste rive gauche « inséré » dans le talus le plus possible pour améliorer l'intégration paysagère. Dans le cadre de la solution finale de l'AVP retenue :

- **Une optimisation du local a été réalisée.** Il n'abritera pas de gardien et sera réduit en pied de versant à un abri d'environ 6 m² de surface au sol contenant un coffret/ armoire IP65 récupérant et télétransmettant les données d'auscultation de l'ouvrage, qui ne peuvent être gérées de manière autonome (cellules de pressions interstitielles, et caméras de vidéosurveillance). Il sera alimenté par une alimentation autonome par batteries rechargées par panneaux photovoltaïques (~6 m²), qui seront positionnés sur le toit du local. (voir photomontage dans le Dossier de site classé du projet). Il ne s'agit pas d'un bâtiment technique ou d'une construction à proprement parlé, mais d'un « abri » pour le coffret et son alimentation autonome.
- **Conformément à la réglementation risque incendie, après échange avec la DDTM, le local d'instrumentation a dû être déplacé pour respecter une distance minimale entre le local et la zone boisée de plus de 7 m.** Il a toutefois été déplacé sur la partie aval rive gauche de l'ouvrage, afin de minimiser sa visibilité, d'être hors d'eau pour la crue de danger et de pouvoir disposer d'une exposition favorable pour les panneaux solaires.



Principe de déplacement du local d'instrumentation – Source Egis

3.2.1.8.3 Mesures paysagères d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement des impacts permettent de diminuer les effets négatifs du projet. Elles s'inscrivent dans les mesures sous le code THEMA A.7a Aménagements paysagers d'accompagnement du projet dans les emprises et hors emprises. Elles concernent la phase de chantier et la phase d'exploitation de l'ouvrage.

En phase chantier :

3.2.1.8.3.1 PA1 - Mesures d'insertion paysagères sur les zones arborées :

- **Mise en défens de la ripisylve et des beaux aulnes à préserver** au moyen de ganivelles et "rubalise" afin de les signaler et les préserver des manœuvres des engins. De même pour les chênes autour de la base de vie ;
- **Elagage et rehausse éventuelle des houppiers d'arbres conservés.** Les arbres seront repérés par l'écologue et par la paysagiste. Les travaux seront réalisés par une entreprise forestière qualifiée, dans les règles de l'art ;
 - avec du matériel désinfecté,
 - en veillant à l'équilibre de la silhouette du végétal et au maintien de tire sève,
 - masticage des plaies de taille à partir de 5 cm de diamètre,
 - les arbres abattus et branches élaguées seront évacués en déchèterie ou broyés sur place pour faire du mulch en accotement de piste, mais non brûlés.

3.2.1.8.3.2 PA2 - Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en terre :

- **Récolte de graines d'essences de maquis au nord du cours d'eau, avant débroussaillage des emprises du chantier.** Les grainées récoltées seront mélangées aux terres de décapage pour un réensemencement naturel des secteurs renappés en terre. Cela concerne le parement amont de l'ouvrage, les enrochements non liaisonnés aval, les talus de déblais et de remblais générés par les pistes, le remodelage de la zone d'emprunt et de la base de vie de chantier. La récolte des graines est en concordance avec les mesures environnementales. Les travaux de renappage et végétalisation sont inclus dans le marché terrassement.
- **En cas d'apport, le mélange grainier sera soumis à la validation du SCOH (notamment pour le parement amont de l'ouvrage).**
- Ces aménagements qui visent une reconquête naturelle, supposent l'acceptation d'un effet paysager sur le long terme et ne demandent pas d'entretien particulier.
- **Gestion des terres végétales :**
 - Décapage des terres de surface en début de chantier sur 0.3 à 0.7 m selon les secteurs. Evacuation de la totalité des terres végétales provenant des zones envahies par des espèces envahissantes. Tri, criblage et stockage à part de la "bonne terre" d'un point de vue agronomique issue des zones non envahies par des espèces envahissantes. Aucun enfouissement d'espèces envahissantes sur site n'est prévu. Enrichissement avec la récolte de graines d'essences de maquis effectuée sur site.
 - Optimisation de l'utilisation des terres végétales in-situ pour minimiser les apports extérieurs. Au stade AVP, le nappage est limité aux quantités disponibles sur site, qui sont compatibles avec les emprises des travaux de génie végétal proposés et l'utilisation de l'unique zone d'emprunt de l'AVP. En cas d'apport nécessaire, les terres végétales d'apport seront exemptes d'espèces envahissantes.
- **Nappage en terre, enrichie en graines locales, pour revégétalisation du parement amont.** Les essences associées devront être validées au préalable par le SCOH.

- **Remise en état de la base de vie de chantier** à l'identique avant travaux (hormis replantation d'arbres). Cela comprend :
 - L'évacuation de l'ensemble des baraques de chantier, sanitaires, bennes et dépôts ;
 - Le reprofilage du terrain selon l'état initial ;
 - Le nappage en terre de surface en vue d'un réensemencement naturel en prairie.
- **Remise en état de la zone d'emprunt** comprenant le reprofilage de la parcelle selon état initial, le renappage en terre de surface en vue d'un réensemencement naturel en prairie.

3.2.1.8.3.3 PA3 - Mesures d'insertion paysagères des pistes :

- **Insertion paysagère des pistes d'accès existantes** : Les pistes d'accès à l'ouvrage (rive gauche entre l'ouvrage de l'A8 et le centre équestre de Barnières et rive droite se finissant en voie sans issue) au gabarit actuel de 3 à 3.5m, élargi à 4m pour la desserte du chantier, seront restituées à une largeur de 3.5m de bande circulaire avec 0.5m d'accotements enherbés. Les pistes seront en grave non traitée sur géotextile afin de conserver un aspect de chemin rural ou forestier
- **Insertion paysagère des pistes d'accès projet** : Optimisation paysagère des pistes à faible pente (zone amont) par la conservation de leur structure portante (GNT sur géotextile) et leur recouvrement par une couche de terre végétale (10 cm d'épaisseur) et un enherbement. Il s'agira d'une couche superficielle « fusible », qui sera susceptible d'être dégradée par la circulation occasionnelle des véhicules.
- **Suppression du réseau aérien télécom existant à l'occasion de la création des pistes.** Dépose de ce réseau du poteau situé en rive droite sur la parcelle CR512 à proximité des 2 Bâtis, jusqu'au poteau situé à proximité du pont aval du Riou de l'Argentière, rive droite. Abandon de ce réseau (si plus de bénéficiaire après acquisition à l'amiable et/ou expropriation) ou pose d'un nouveau réseau télécom en souterrain sous pistes.

3.2.1.8.3.4 PA4 - Mesures d'insertions paysagères des enrochements :

- **Choix de blocs de roche locale (texture et couleur)** de 1m minimum (surface vue) pour le parement et la fosse de dissipation aval en référence aux matériaux locaux. Deux carrières sont pressenties pour l'approvisionnement en porphyre ; Les Grands Caous et La Môle.
- **Contraintes paysagères de pose et finitions des enrochements** : Les enrochements du parement aval et de la fosse de dissipation seront positionnés avec soin, bloc par bloc, à la pelle mécanique, de façon à constituer une surface plane et un appareil avec des joints visibles. L'ensemble vu ne doit pas être noyé dans le béton. Autrement dit, les joints ne seront pas trop étendus. Le DCE travaux prévoira un positionnement des enrochements à la pelle bloc par bloc de type appareillage soigné. Une planche d'essai au démarrage du chantier sera réalisée pour validation de la pose et du rendu des joints avant de réaliser l'ensemble des enrochements;

Le raccordement progressif des enrochements du déversoir de la fosse de dissipation au lit aval du Riou de l'Argentière (diminution du nombre d'enrochements, saturation en terre végétale en vue d'enrochements végétalisés, modelage de terrain) n'a pas été jugé utile par le paysagiste conseil de l'Etat de la DREAL (CR réunion du 15 juillet 2019).

3.2.1.8.3.5 PA5 - Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en béton :

- **Béton teinté de couleur proche des enrochements, ou "béton de site"** utilisant du granulats local, à valider par la DREAL, notamment pour le béton du pertuis. Une planche d'essais est prévue dans le marché travaux pour l'ouvrage de tête du pertuis ;

En phase d'exploitation :

3.2.1.8.3.6 PA6 – Mesures d'insertion paysagère en phase d'exploitation

- **Débroussaillage obligatoire, pratiqué sous forme alvéolaire** le long des pistes et de l'ouvrage, en transition avec le milieu naturel des versants, et en évitant un effet rectiligne et artificiel.



Exemple de débroussaillage alvéolaire - Site classé de Sainte-Victoire (13)



Exemple de débroussaillage alvéolaire - Domaine de Fabrégas
(CELRL La Seyne sur Mer - 83) - Photo Akène

- **Abattage sélectif**, au cas par cas, dans la zone d'expansion de crue, d'arbres sénescents de la ripisylve, pour éviter les embâcles en amont de l'ouvrage.

3.2.1.8.4 Mesure compensatoire paysagère

L'opportunité de ce projet est établie, mais l'ouvrage et ses travaux connexes sont soumis à des contraintes techniques et hydrauliques qui laissent peu de marges d'insertion paysagère. **Ainsi 3 des 4 critères d'analyse ont un impact résiduel fort** (critères Structure morphologique, Structures végétales, Ambiance) cf. étude paysagère dans les Dossiers Règlementaires). **Une mesure de compensation paysagère s'avère nécessaire.**

Les mesures compensatoires visent à apporter une contrepartie aux impacts qui n'ont pas pu être éliminés ou suffisamment réduits par les mesures d'évitement et d'accompagnement. Ce sont des actions qui ne concernent pas directement le projet, où son emprise, mais qui permettent de compenser des effets paysagers négatifs, sur d'autres lieux du site classé de l'Estérel.

- **Historique**

Durant le printemps 2018, des recherches ont été effectuées sur le territoire de l'Estérel pour trouver des aménagements paysagers qui valorisent le site classé, réhabilitent ponctuellement certains lieux ou améliorent l'accueil du public. Plusieurs pistes ont été envisagées mais n'ont pas abouti. Pour mémoire cela concernait :

- La résorption de « points noirs paysagers » ou l'amélioration de l'accueil du public en appui des actions de la charte forestière du massif de l'Estérel. Mais certains travaux ont déjà été réalisés (démantèlement de l'antenne du Mt Vinaigre par exemple) ou sont trop en amont pour être rapidement opérationnels (réhabilitation du site de l'ancien lac de l'Ecureuil).
Le projet de restauration de la maison forestière du Malpey et de ses abords était questionnée en raison du PLU et du PRIF de Fréjus.
Par ailleurs l'enfouissement de citernes DFCI ou de lignes électriques dans le massif était en attente d'un plan paysage et d'une démarche d'Opération grande site, pour hiérarchiser les actions.
- La suppression de 5 seuils sur le Riou de l'Argentière, sur le secteur de Barbossi, a été évoquée dans le cadre du PAPI, mais ces travaux déjà programmés dépendent du même maître d'ouvrage que l'ouvrage des Barnières. De plus ce sont des aménagements très ponctuels et avec une insertion paysagère limitée (cadre béton et culées en enrochement).
- Le réaménagement de l'entrée du vallon de la Rague, sur les terrains du CELRL a été envisagé mais non retenu car très en amont (projet non validé par les riverains, non présenté en CDNPS, non budgétisé). De même pour l'enfouissement de citernes DFCI sur les terrains du CELRL, gérés par convention par le CD 06 dans le site classé de l'Estérel, sur la commune de Mandelieu-la-Napoule.
- La réhabilitation de 11 000 m² incendiés en septembre 2017 en bord de RD559 sur la corniche d'Or près de la calanque de St Barthélémy a été envisagée mais non retenue car les actions correspondent à de la gestion post-incendie "classique" en forêt domaniale de l'Estérel, sous maîtrise d'ouvrage ONF, déjà budgétisée (Coupe des arbres et arbustes brûlés, regroupement en fascines afin de limiter l'érosion et de faciliter la reprise de la végétation).

- **Projet de compensation paysagère et naturaliste au droit des Barnières**

Cumuler les propositions de compensation paysagère et naturaliste sur un même site semble pertinent. Les actions sont mutualisées et / ou complémentaires, dans une même optique d'amélioration des qualités environnementales et paysagères des lieux.

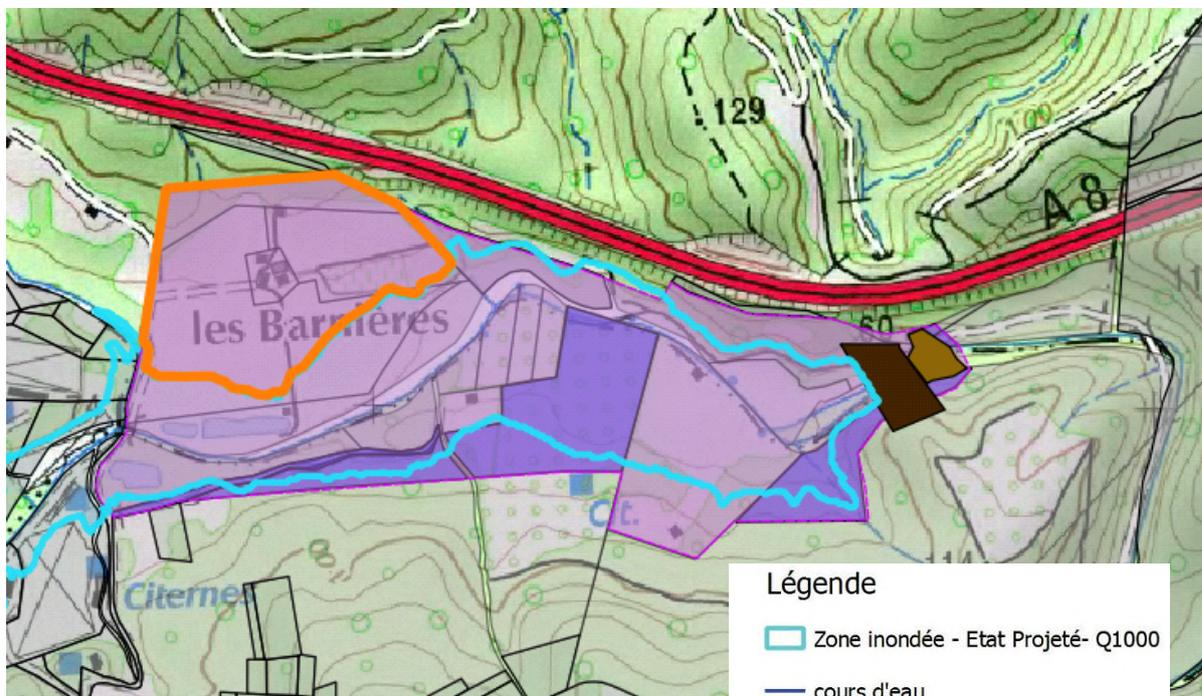
Le site compensatoire envisagé correspond donc au centre équestre des Barnières, situé sur la commune de Tanneron (83), en rive gauche du Riou de l'Argentière, à moins d'un kilomètre en amont du futur ouvrage hydraulique.

Le fort développement de l'activité équestre, s'est accompagné d'une modification importante des habitats, d'une artificialisation et d'une banalisation du site (manèges, multiplication de chemins et de boxes, travaux sur le bâti ancien peu respectueux des constructions ...).

Le maintien d'un paysage agricole traditionnel dans le site classé de l'Estérel à dominante naturelle est un enjeu paysager fort. Tout comme l'amélioration de la biodiversité, l'accueil et le maintien des espèces notamment patrimoniales, impactées par la gestion de cette dernière décennie.

Les objectifs de compensation paysagère portent sur :

- L'acquisition, par la CACPL, des parcelles cadastrales 128 / 129 / 130 / 131 (localisées dans la section cadastrale I, sur la commune de Tanneron). Hors boisement, cela représente 6.1ha à réhabiliter et remettre en exploitation agricole raisonnée.



Carte de repérage des acquisitions foncières
Source Mail SCP du 26/11/2020

Les objectifs de qualité paysagère portent sur :

- Le maintien d'un paysage ouvert, ourlé de nouvelles haies assurant une mosaïque de milieux et d'ambiances de qualité ;
- Le "toiletage" des lieux et la diminution de l'anthropisation

Les actions de réhabilitation portent notamment sur :

- Le démontage et l'évacuation des carrières et boxes ;



Exemple de carrière et boxe à démonter - Photos fev 2019

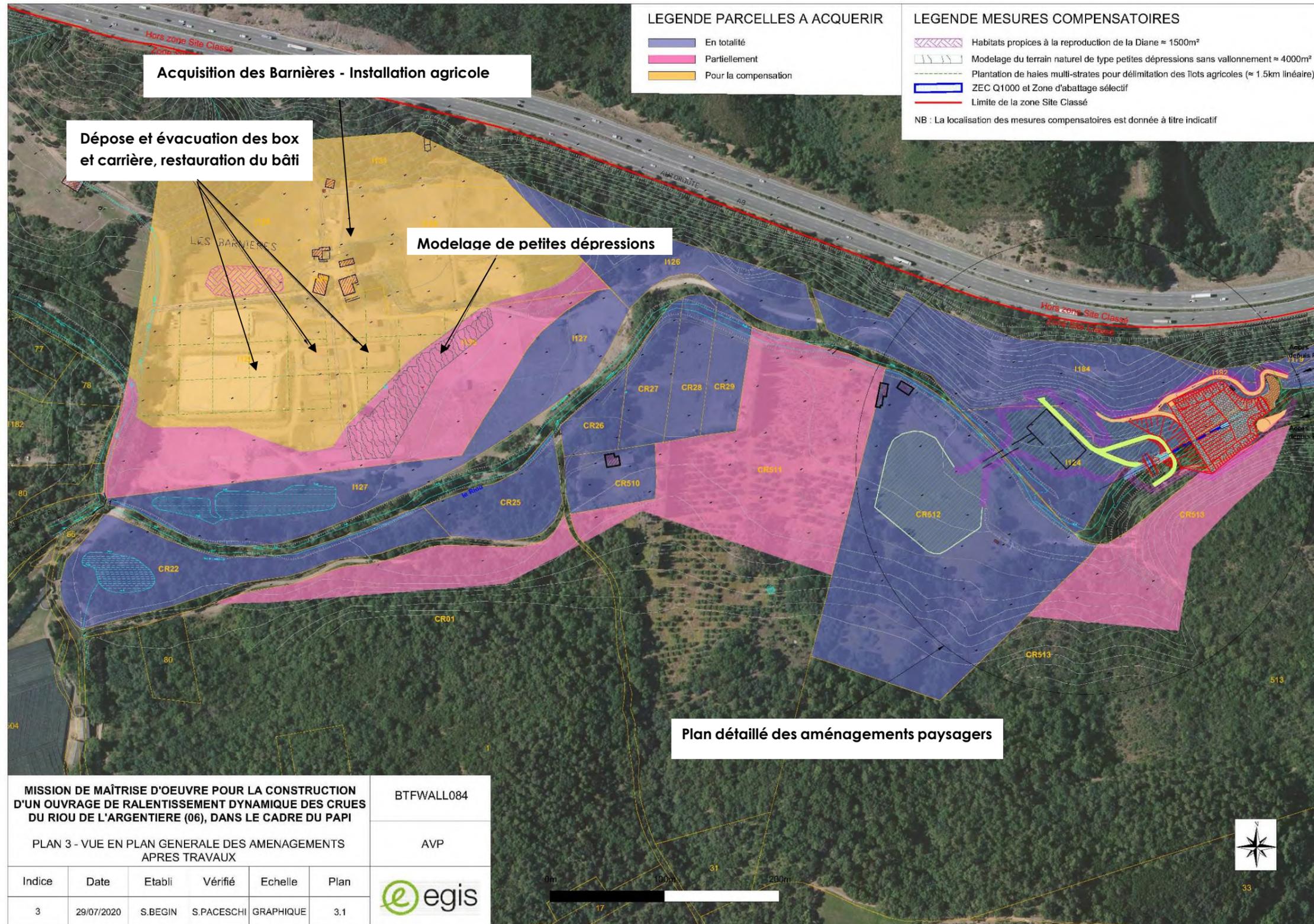
- Un diagnostic architectural à effectuer sur le bâti ancien des Barnières, afin de programmer la requalification des travaux d'auto construction réalisés sur du bâti de caractère ;
- L'évacuation en déchèterie de tous les dépôts et stockages ;
- L'enfouissement des réseaux aériens ;



Autoconstruction à réhabiliter et évacuation des déchets - Photos fev 2019

A ce stade il est difficile de préciser et de budgétiser ces actions complémentaires et / ou conjointes au volet naturaliste.

Les échanges sont en cours avec le maître d'ouvrage en vue de l'acquisition du domaine évaluée à ce stade à plus de 1,1 millions d'euros.



3.2.1.9 Mesures environnementales

3.2.1.9.1 Effets environnementaux du projet :

Les espèces recensées possèdent des enjeux de conservation et des sensibilités par rapport au projet qui ont été évalués en fonction de leur statut de protection, de leur état de conservation sur le site, de leur rareté ou de la fragilité des populations et du degré de menace posé par le projet.

Le projet des Barrières entrainera des impacts sur les habitats et espèces recensés. Les impacts potentiels avant application de mesures les plus forts concernent la phase travaux au niveau de la zone d'emprise, de la zone de défrichement et des voies d'accès. Les espèces les plus exposées sont la flore à enjeu, certains insectes, les amphibiens et les reptiles, donc des espèces à déplacement lent, dont une partie ou l'ensemble du cycle biologique se déroule dans le sol ou dans la portion du cours d'eau qui sera déviée et remaniée durant la phase chantier dans le lit mineur où des sites de reproduction identifiés sont menacés. Des impacts plus modérés concernent les oiseaux et les chiroptères, liés à l'abattage d'arbres-gîtes potentiels dans le cadre du défrichement. La phase exploitation ne devrait pas entrainer d'impacts importants, les inondations violentes restant des phénomènes assez rares et espacés dans le temps et au vu de l'entretien minimal tel qu'il a été défini. Les impacts seront donc très temporaires et fonction de phénomènes climatiques exceptionnels. Par ailleurs, il n'a pas été identifié à proximité d'impacts cumulatifs avec le projet des Barrières à l'étude dans ce rapport.

Des mesures d'évitement et de réduction ont été proposées dans le rapport volet biodiversité des dossiers réglementaires, et sont rappelées dans le chapitre ci-après).

Toutefois, dans le cadre de ce projet, malgré l'application de mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs persisteront en phase travaux pour des espèces floristiques et des espèces faunistiques en raison de la destruction inévitable de certains individus, habitats d'espèces ou sites de reproduction au niveau de la zone d'emprise, de la zone de défrichement ou des voies d'accès.

Le fait que des impacts résiduels persistent après application de mesures d'évitement et de réduction entrainera obligatoirement la nécessité de mettre en œuvre des mesures compensatoires et de réaliser un dossier de demande de dérogation pour destruction d'espèces protégées auprès du CNPN pour les espèces suivantes :

- Isoète de Durieu ;
- Polystic à soies ;
- Laïche à épis dès la base ;
- Laïche d'Hyères ;
- Grenouille rieuse ;
- Crapaud commun ;
- Rainette méridionale ;
- Diane ;
- Tortue d'Hermann.

3.2.1.9.2 Mesures d'atténuation

Les paragraphes et mesures ci-après sont issues du Dossier CNPN Naturalia 2021.

L'article L 122-1 du Code de l'Environnement prévoit trois types de mesures : « les mesures destinées à éviter, réduire et, lorsque c'est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement... ».

Il convient donc, suite à l'appréciation des impacts bruts, de proposer des mesures de suppression ou de réduction des impacts préalablement cités. Suite à cette étape, une nouvelle appréciation des impacts est nécessaire en tenant compte de l'application des mesures d'atténuation et des impacts résiduels examinés. Si ces derniers sont finalement vecteurs d'atteintes majeures, des mesures compensatoires seront évoquées.

3.2.1.9.2.1 Typologie des mesures

La typologie des mesures d'évitement, de réduction, de compensation ou d'accompagnement listées dans ce document respectent la classification préconisée par le « Guide d'aide à la définition des mesures ERC » publié en janvier 2018 par le CEREMA Centre-est.

Vocabulaire retenu	Correspondance	Symbologie retenue
Phase de la séquence ERC, voire mesure d'accompagnement	Évitement ou Réduction ou Compensation ou Accompagnement Exemple : Réduction	Initiale de la phase de la séquence en majuscule (E ou R ou C ou A) Exemple : R
Type de mesures	Sous-distinction principale au sein d'une phase de la séquence Exemple : Réduction technique	Initiale de la phase de la séquence suivi d'un numéro Exemple : R2
Catégorie de mesures	Distinction du type de mesure en plusieurs « catégories » le cas échéant. Exemple : Réduction technique en phase d'exploitation / de fonctionnement	Numéro de la catégorie (de 1 à 4 selon les types de mesure) Exemple : R2.2
Sous-catégorie de mesures	Sous-catégories pouvant être identifiées au sein de chaque catégorie. La sous-catégorie peut rassembler plusieurs mesures. C'est le niveau le plus détaillé et descriptif de la classification. Exemple : Passage inférieur à faune / Ecoduc (spécifique ou mixte)	Lettre en minuscule Exemple : R2.2 f

Tableau 22 : Clé de classification des mesures (CEREMA, 2018)

LES MESURES D'ÉVITEMENT (OU DE SUPPRESSION)

Les mesures d'évitement (ou de suppression) visent à éliminer totalement l'impact d'un élément du projet sur un habitat ou une espèce. La suppression d'un impact peut parfois impliquer la modification du projet initial telle qu'un changement de site d'implantation ou la disposition des éléments de l'aménagement. Suivant la phase de conception du projet, des adaptations liées à la géographie, aux éléments techniques inhérents au projet ou une adaptation des phases dans le calendrier du projet peuvent être considérées comme des mesures d'évitement.

Type	Catégorie	Code associé
E1 – Évitement « amont » (stade anticipé)	1. Phase de conception du dossier de demande	E1.1
E2 – Évitement géographique	1. Phase travaux	E2.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	E2.2
E3 – Évitement technique	1. Phase travaux	E3.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	E3.2
E4 – Évitement temporel	1. Phase travaux	E4.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	E4.2

Tableau 23 : Typologie des mesures d'évitement (source : CEREMA, 2018)

LES 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, adaptation des techniques employées, planification...) ou de mesures de restauration du milieu ou de certaines de ses fonctionnalités écologiques (revégétalisation...).

Type	Catégorie	Code associé
R1 – Réduction géographique	1. Phase de conception du dossier de demande	R1.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	R1.2
R2 – Réduction technique	1. Phase travaux	R2.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	R2.2
R3 – Réduction temporelle	1. Phase travaux	R3.1
	2. Phase exploitation / fonctionnement	R3.2

Tableau 24 : Typologie des mesures de réduction (source : CEREMA, 2018)

Les mesures présentées au sein de ce document sont issues des sous-catégories du guide du CEREMA de 2018. Des lettres en minuscules correspondant à ces sous-catégories leur sont attribuées.

3.2.1.9.2.2 Propositions de mesures

Les différentes mesures présentées sont issues d'un travail croisé entre les écologues, les paysagistes, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage : il s'agit donc de mesures validées conjointement, qui sont déjà intégrées au projet.

Les différentes mesures sont énumérées dans le tableau ci-dessous. **Elles sont détaillées ci-après :**

Code mesure	Code THEMA	Description
Mesure d'évitement		
E1	E1.1c	Redéfinition des caractéristiques du projet
E2	E1.1c	Dispositif de franchissement piscicole
Mesures de réduction		
R1	R1.1c	Balisage préventif / mise en défens
R2	R2.1d	Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales de chantier
R3	R2.1f	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes
R4	R2.1i	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou leur installation – défavorabilisation par débroussaillage respectueux
R5	R2.1i	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – barrières anti-intrusion
R6	R2.1i	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – abattage spécifique d'arbres à cavités
R7	R2.1n	Récupération et transfert d'une partie du milieu naturel – Tri des terres végétales
R8	R2.1o	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Tortue d'Hermann
R9	R2.1o	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Faune piscicole
R10	R2.1o	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Diane et sa plante hôte
R11	R2.1r	Dispositif de repli du chantier
R12	R2.2o	Gestion hydro écologique dans la ZEC
R13	R3.1a	Adaptation de la période de travaux sur l'année
R14	R1.1C R2.1e	Prise en compte des enjeux écologiques dans l'aménagement des pistes d'accès chantier

Tableau 25 : Synthèse des mesures d'atténuation du projet en faveur de la biodiversité

3.2.1.9.2.2.1 Mesures d'évitement

E1	THEMA : E1.1c	Redéfinition des caractéristiques du projet
Contexte et objectif		<p>L'état initial réalisé au sein de la zone d'étude a mis en exergue la présence de nombreux enjeux écologiques et paysagers.</p> <p>Au regard de cet état des lieux, un important travail de concertation a été mené entre EGIS, Akene Paysage et Naturalia Environnement pour tenter de limiter au maximum les impacts sur les ces enjeux.</p>
Éléments écologiques en bénéficiant		Biodiversité en général et paysage
Modalités techniques		<p>Un premier AVP a été présenté par EGIS en mars 2018 (Figure 52 et 43). Après superposition de ce premier plan de masse aux différents enjeux, un travail de concertation a été mené pour que le projet soit de moindres impacts sur l'écologie. Un second AVP a ainsi été élaboré en juillet 2018 (Figure 53 et 44). Ce travail a ainsi permis :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la modification de l'emplacement de la base de vie qui était initialement prévue sur des habitats naturels à enjeu notable, au niveau de la parcelle de plantation de feuillus exotiques (eucalyptus) ; • la modification de l'emplacement de la zone d'emprunt, initialement prévue en rive gauche du Riou de l'Argentière, sur la parcelle CR512 où est pratiqué actuellement du pâturage équin (centre équestre). Une ceinture tampon de 4m minimum autour de la parcelle (depuis la limite de la végétation arboré/arbustive vers le centre de la parcelle) est à respecter pour implanter cette zone d'emprunt. Cette distance permettra d'assurer la conservation de l'intégrité des boisements situés autour de la parcelle visée par l'emprunt de matériaux ; • la suppression de la piste d'accès par l'A8 qui générerait d'importants impacts écologiques et paysagers ; • la fusion des pistes d'accès à l'amont du futur ouvrage « piste de mi-talus amont » et « piste d'accès de pied amont vers ouvrage hydraulique » limitant ainsi les emprises du projet sur le milieu naturel tout en assurant les objectifs fonctionnels de l'ouvrage ; • la suppression des créations de zones humides en rives gauche du chenal. <p><i>Cf. ci-après la présentation des AVP de mars 2018 et août 2019.</i></p>
Période optimale de réalisation		En phase conception du projet
Modalités de suivi		D'après le guide THEMA, cette mesure ne nécessite pas de suivis très approfondis. Ils peuvent se limiter à la conformité de la réalisation du projet avec les éléments prévisionnels figurant dans le dossier de demande.
Coût estimatif		Aucun surcoût, intégré dans la conception du projet.

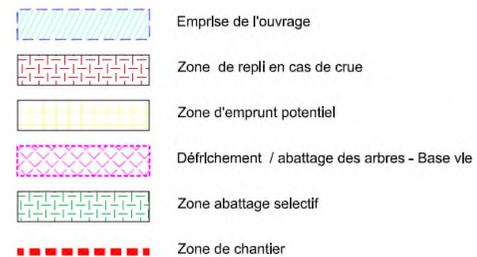
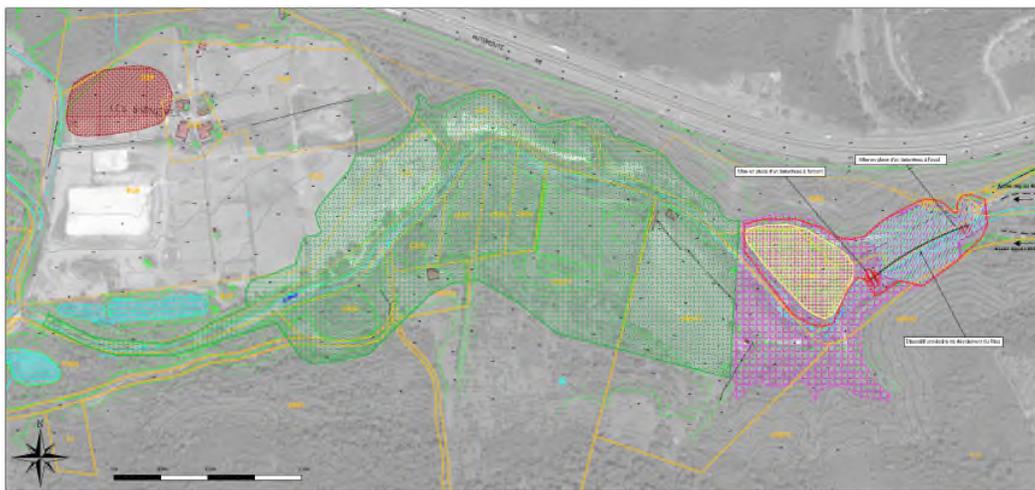


Figure 52 : Emprises des travaux et ouvrages provisoires (AVP mars 2018, source EGIS)

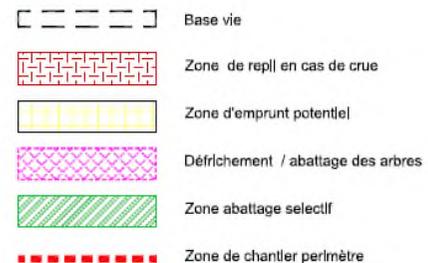
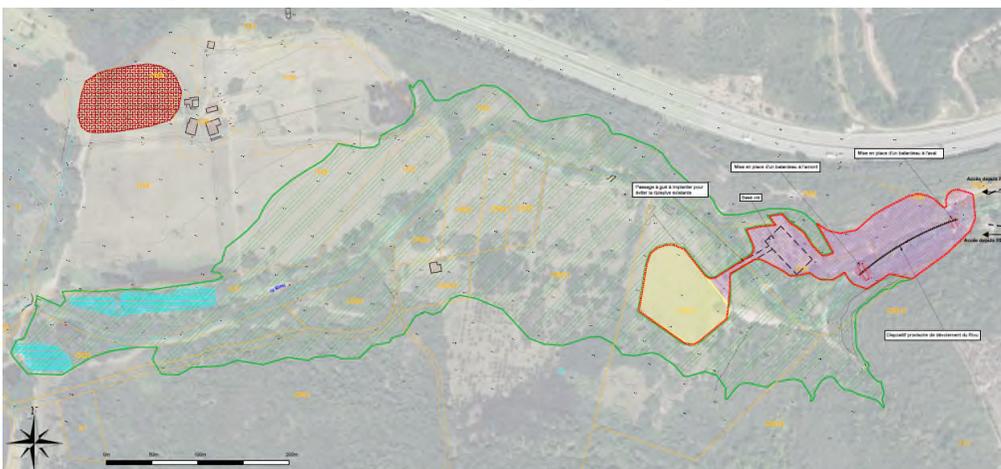
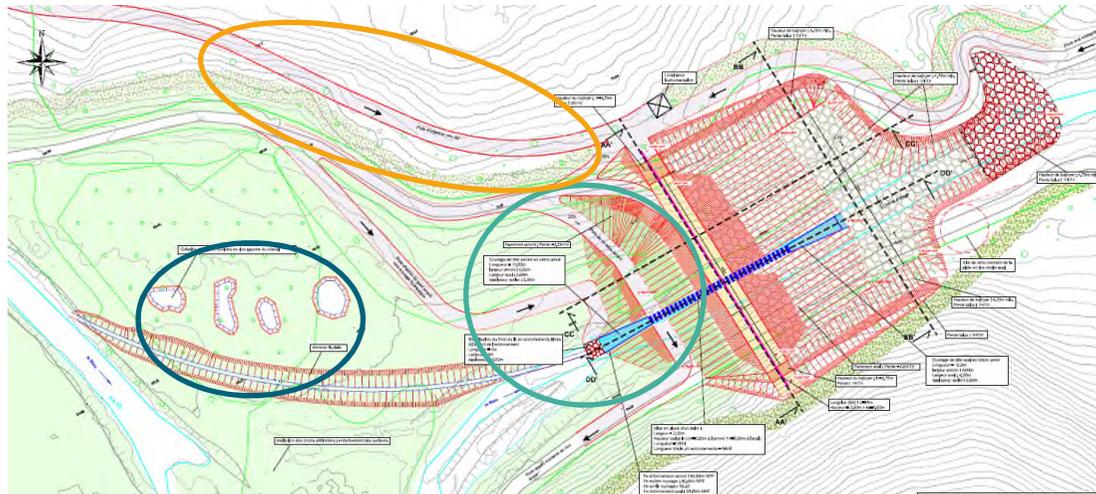


Figure 53 : Emprises des travaux et ouvrages provisoires (AVP août 2019, source EGIS)

Mesures d'évitement en amont :

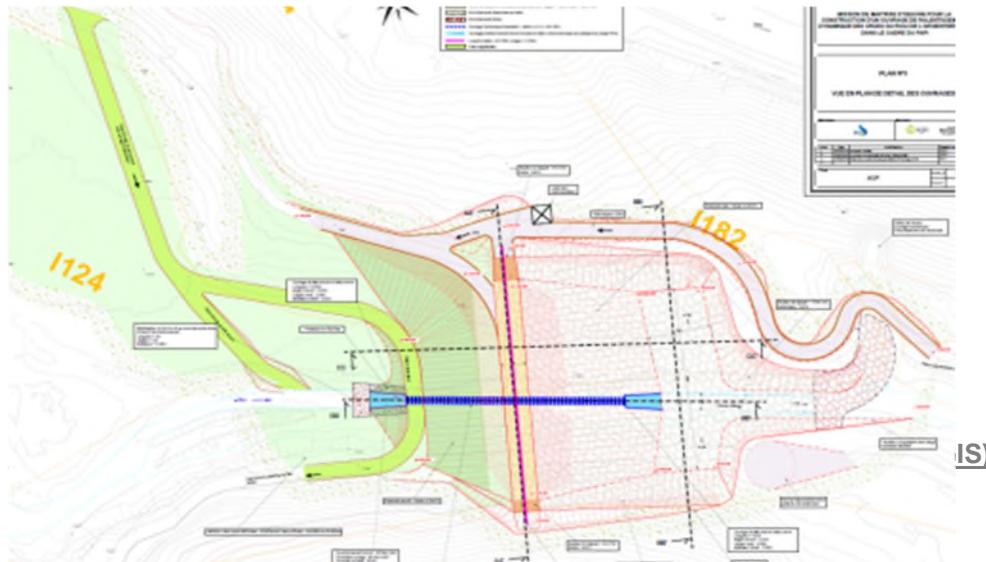
- Modification de l'emplacement de la base vie
- Modification de l'emplacement de la zone d'emprunt



Mesures d'évitement en amont :

-  Suppression de la piste d'accès par l'A8
-  Fusion des pistes d'accès à l'amont
-  Suppression de la création de zones humides en rive gauche

Figure 54 : Vue en plan de détails des ouvrages (AVP mars 2018, source EGIS)



(S)

E2	THEMA : E1.1c	Dispositif de franchissement piscicole
Contexte et objectif		L'état initial a mis en évidence la présence d'enjeux piscicoles sur le Riou de l'Argentière, au niveau de la zone projet. La création du futur ouvrage hydraulique sur le cours d'eau va impacter négativement le milieu aquatique, notamment les continuités écologiques. En effet, la capacité de franchissement d'un obstacle par les poissons est variable d'une espèce à l'autre. Elle dépend des paramètres abiotiques et des paramètres biologiques. Dans la conception d'un ouvrage, il est possible d'influer, par divers choix techniques, sur certains paramètres, comme le type de l'ouvrage, la géométrie, la vitesse d'écoulement, la luminosité, etc., afin de favoriser la transparence écologique.
Éléments écologiques en bénéficiant		Barbeau méridional, Anguille et autre faune piscicole.
Modalités techniques		<p>Au moment de la conception de l'ouvrage hydraulique des Barnières, deux caractéristiques ont été retenues afin d'atténuer les effets de celui-ci sur la faune piscicole :</p> <p>Calage du radier en fonction de la pente naturelle qui permet de réduire les ruptures de pente et les érosions régressives et/ou progressives en amont et en aval de l'ouvrage, qui engendreraient un risque de création de chutes. Dans le cas de l'ouvrage du projet, il n'y aura pas de chute ni à l'amont du pertuis ni à l'aval. Une simple rupture de pente au niveau de la fosse de dissipation est prévue mais dont le pendage n'engendrera pas une création de chute ou d'obstacle au franchissement. Avec une longueur totale d'environ 70m et une pente maximale retenue du radier de l'ordre de 2%, la circulation piscicole pourra ainsi être maintenue.</p> <p>Emploi de microrugosités en quinconce au niveau du radier béton, permettant de conserver la franchissabilité piscicole (franchissement facilitée pour l'anguille).</p>
Localisation présumée		Au niveau de l'ouvrage hydraulique
Période optimale de réalisation		En phase conception du projet
Modalités de suivi		<p>D'après le guide THEMA, cette mesure ne nécessite pas de suivis très approfondis. Ils peuvent se limiter à la conformité de la réalisation du projet avec les éléments prévisionnels figurant dans le dossier de demande.</p> <p>Toutefois, un suivi sera intégré dans le plan de gestion hydro écologique de la ZEC.</p>
Coût estimatif		Aucun surcoût, intégré dans la conception du projet (Plus-value d'environ 2 000 euros HT).

C'est sur la base de l'AVP optimisé (août 2019) qu'ont été évalués les impacts bruts du projet. Aussi, sans cette évolution substantielle du parti d'aménagement, les impacts bruts du projet auraient été bien plus importants.

Toutefois, malgré cette optimisation du plan d'aménagement, des impacts demeurent. Ces derniers sont pris en considération par des mesures de réduction présentées ci-après.

3.2.1.9.2.2 Mesures de réduction

R1	THEMA : R1.1c	Balisage préventif / mise en défens
Contexte et objectif		L'état initial a mis en évidence des enjeux écologiques au sein de la zone projet. Lors de la phase travaux, des risques de débordements accidentels pourraient altérer, voire détruire, les habitats naturels et espèces à proximité. Afin de limiter ces impacts, il est proposé de mettre en place un dispositif de mise en défens / balisage préventif.
Éléments écologiques en bénéficiant		Les espèces floristiques à enjeux retrouvées le long des pistes d'accès (Laîche à épis dès la base, Laîche d'Hyères, Isoète de Durieu, Alpiste bleuâtre, Polystic à soies, Romulée de Colomna) et en bordure de la zone de chantier (Laîche à épis dès la base et Polystic à soies). L'Aristolochie à feuilles rondes et Diane en bordure des zones d'accès. Les habitats d'espèces à enjeux (notamment pour les invertébrés, les amphibiens et les reptiles).
Modalités techniques		Un repérage des zones sensibles sera réalisé par un écologue au printemps / été selon les taxons précédant le démarrage du chantier. Deux types de balisages seront installés : <ul style="list-style-type: none"> • un balisage composé de piquets et d'un fil qui délimitera la totalité de la zone chantier. Il servira à matérialiser les emprises du chantier notamment dans les parties les plus naturelles. Cette emprise correspond au périmètre minimum nécessaire aux travaux et au bon déroulé de ceux-ci. Ce périmètre inclut les zones d'intervention, les accès piétonniers, les voies de circulations des engins, les zones de stockage des matériaux, etc. Aucune intervention ne devra se faire en dehors de ce périmètre. Si ce périmètre devait être modifié après le début des travaux, sa redéfinition sera effectuée après validation d'un expert écologue. • un balisage spécifique (filet de chantier, rubalise, drapeaux, etc.) lorsqu'il s'agira de mettre en défend ou d'indiquer un secteur ou une espèce à enjeu. Ce balisage sera installé, en concertation avec le porteur de projet et l'AMO environnementale.
Localisation présumée		Balisage des emprises du chantier : cf. carte ci-dessous. Par ailleurs, dans le cas où le secteur « zone de repli en cas de crue » (localisé au niveau du domaine des Barnières) devait être utilisé, un balisage devra être mis en place, avec l'appui de l'AMO environnementale.  Balisage des secteurs ou espèces à enjeu : nécessité de réaliser un passage sur site pour mettre à jour la localisation précise des enjeux.
Période optimale de réalisation		Mise en place des balisages en amont des travaux. Avant le démarrage du débroussaillage.
Modalités de suivi		Vérification de l'existence effective et appropriée de la matérialisation et respect des prescriptions associées tout au long de sa présence sur site. Vérification de l'intégrité des espèces et espaces à préserver par l'AMO environnementale
Coût estimatif		Passage d'un expert au printemps avant le démarrage des travaux : 2 journées terrain – 1 300€ HT Balisage emprises chantier réalisé par l'entreprise en concertation avec l'AMO environnement : 1 500 à 2 500 € HT (coût homme + matériel) Balisage des zones ou espèces à enjeu en concertation avec l'AMO environnement : non évaluable en l'état - Prix minimum estimé à 2 700 à 3 800 € HT (coût homme + matériel)

R2	THEMA : R2.1d	Dispositif préventif de lutte contre les pollutions et dispositifs d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales de chantier
Contexte et objectif	<p>Les projets engageant des défrichements, terrassement, nivellement sont souvent source de pollutions sonores, visuelles, mécaniques voire chimiques. Ici, au regard de l'ampleur du projet et de sa situation vis-à-vis du cours d'eau du Riou de l'Argentière, et en présence de nombreux espèces et habitats à enjeu de conservation, des précautions doivent être prises en phase chantier, souvent génératrice de perturbations, pour éviter leur dérèglement.</p> <p>L'objectif de cette mesure est donc de mettre en place des dispositifs préventifs de toutes pollutions accidentelles.</p>	
Éléments écologiques en bénéficiant	Milieux terrestre / aquatique et espèces associées	
Modalités techniques	<p>Les préconisations suivantes devront être respectées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • contenir et traiter (décantation, filtration, régulation) les écoulements superficiels lors des travaux ; • stockage des produits polluants sur une aire de stockage imperméabilisée et comportant des dispositifs de rétention d'une capacité équivalente au volume le plus important des produits stockés. Les polluants « mobiles », type bidon de carburants, d'huiles..., ne doivent pas être stockés à même le sol. Tout stockage au sol se fera dans un bac de rétention de taille adaptée ; • les opérations de nettoyage, d'entretien, de réparation et de ravitaillement des engins et du matériel se feront sur l'emprise des installations de chantier prévues à cet effet ; • les éventuelles terres polluées par des déversements accidentels (hydrocarbures, huiles de vidange) seront excavées au droit des surfaces d'absorption, stockées sur une surface étanche puis, acheminées vers un centre de traitement spécialisé ; • les déchets produits durant la phase de chantier seront systématiquement triés et évacués vers les filières spécifiques de collecte de déchets, conformément à la réglementation. Leur gestion et leur valorisation est un point essentiel. Les déchets dangereux (traceurs de chantier vides, chiffons souillés, cartouches de graisse...) seront stockés dans un conteneur hermétique et évacués en tant que tel vers l'exutoire identifié. La traçabilité sera assurée ; • Mise en place d'un écran anti-MES (de type botte de paille) à l'aval du cours d'eau pour filtrer et retenir les éventuels déchets au moment du dévoiement du cours d'eau (batardeaux). 	
Localisation présumée	Ensemble de la zone de chantier	
Période optimale de réalisation	Pendant toute la phase travaux (sauf en ce qui concerne l'écran anti-MES : à installer en amont des travaux)	
Modalités de suivi	Vérification du respect des prescriptions par l'AMO environnementale Tableau de suivi de la surveillance des dispositifs	
Coût estimatif	Prévention des pollutions inclus dans le coût global du projet	

R3	THEMA : R2.1i	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes
Contexte et objectif		<p>L'état initial a mis en évidence la présence de nombreuses espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE) sur le site d'étude : Robinier faux-acacia, Mimosa argenté, Faux-vernis du Japon, Armoise des Frères, Souchet, Herbe de la Pampa, Lampourde à gros fruits, Buisson ardent et Eucalyptus.</p> <p>Les terrains remaniés sont en général propices à l'installation et au développement d'espèces exotiques envahissantes. Afin d'éviter la colonisation des espaces internes et connexes aux zones de travaux, des modalités techniques devront être mises en place.</p>
Éléments écologiques en bénéficiant		Milieu naturel en général
Modalités techniques		<p><u>Avant le démarrage des travaux</u> : traitements des EVEE existantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • prospection au printemps par expert ou AMO environnementale pour mise à jour des EVEE présentes sur site • identification et cartographie des stations • balisage des stations • définition d'un traitement spécifique pour chacune de ces EVEE (à planifier en concertation avec l'opérateur de défrichage) • traitement des EVEE <p><u>En phase travaux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • vérification de l'état de propreté des engins au moment de leur arrivée et de leur sortie sur site afin d'éviter qu'ils n'introduisent ou ne dispersent des propagules via des boues par exemple <p><u>En phase exploitation</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • mise en place d'une veille quinquennale afin de vérifier que des EVEE ne soient pas nouvellement installées • le cas échéant, définition et mise en place d'un traitement spécifique
Localisation présumée		Sur l'ensemble de la zone chantier et zone d'expansion de crue.
Période optimale de réalisation		<p>Avant travaux : prospection pour mise à jour des EVEE (printemps)</p> <p>Phase travaux : vérification des engins</p> <p>Phase d'exploitation : veille (printemps) + traitement spécifique si nécessaire</p>
Modalités de suivi		<p>Vérification du respect des prescriptions par l'AMO Environnementale</p> <p>Veille des potentielles installations d'EVEE après les travaux (1 passage tous les 5 ans sur 30 ans) (peut être inclus dans le plan de gestion de la ZEC).</p>
Coût estimatif		<p>Traitement des EVEE existantes : non évaluable en l'état – dépendant du mode opératoire retenu au stade DCE en appui avec l'AMO environnementale</p> <p>Vérification des engins : inclus dans la mesure AMO environnementale « Organisation administrative du chantier »</p> <p>Veille : 1 passage tous les 5 ans sur 50 ans (600€ HT pour une journée terrain) : 6 000€ HT</p> <p>Traitement si nécessaire : à intégrer dans les coûts d'entretien</p> <p>- Prix total minimum estimé à 6 000€ HT hors traitement en centre de tri agréé des EVEE</p>

R4	THEMA : R2.1i	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou leur installation – défavorabilisation par débroussaillage respectueux
Contexte et objectif	<p>L'état initial a mis en évidence la présence d'espèces à enjeu au niveau des zones devant être défrichées (base vie, zone d'emprunt et emprise du projet).</p> <p>L'objectif de cette mesure est d'éloigner les espèces des secteurs devant être impactés par les zones de chantier. Pour cela, un débroussaillage respectueux de la biodiversité sera réalisé en amont du démarrage des travaux.</p>	
Éléments écologiques en bénéficiant	Biodiversité en général	
Modalités techniques	<ul style="list-style-type: none"> · restriction des emprises au strict nécessaire afin de limiter la destruction d'habitats naturels, d'habitats d'espèces et de la flore ; · débroussaillage <u>manuel</u> de préférence ou à l'aide d'engins légers afin de réduire les perturbations sur la biodiversité ; · hauteur de coupe de 15 cm minimum (en lien avec la mesure R8) ; · schéma de débroussaillage cohérent avec la biodiversité présente : éviter une rotation centripète qui piègerait la faune ; · broyage et exportation de l'essentiel des rémanents. Une part résiduelle pourra être utilisée pour amender la terre végétale locale utilisée pour la couverture du parement amont. <div data-bbox="646 965 1302 1167" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Principe du débroussaillage respectueux de la biodiversité</p>	
Localisation présumée	<div data-bbox="513 1236 1433 1688" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"><i>Zone concernée par le débroussaillage</i></p>	
Période optimale de réalisation	Septembre/octobre, avant le démarrage des travaux	
Modalités de suivi	Vérification du respect des prescriptions par l'AMO environnementale	
Coût estimatif	Inclus dans le coût global du projet	

R5	THEMA : R2.1i	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou leur installation – barrières anti-intrusion
Contexte et objectif	L'état initial a mis en évidence la présence d'espèces à enjeu de conservation au sein de l'emprise chantier (base vie, zone d'emprunt et emprise projet). Afin de limiter toute circulation d'individus au sein de cette emprise, et de réduire leur destruction, une barrière anti-intrusion sera installée tout autour de la zone de chantier.	
Éléments écologiques en bénéficiant	Tortue d'Hermann, autres reptiles, amphibiens et petits mammifères	
Modalités techniques	<p>La barrière anti-intrusion sera constituée d'une clôture de chantier doublé d'une clôture petite faune posé à la verticale.</p> <p>Les caractéristiques du grillage sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> · les mailles ne doivent pas dépasser 6,5 x 6,5 mm ; · la hauteur minimum du grillage au-dessus du milieu naturel est de 50 cm ; · dans l'idéal, une partie du grillage doit être enterrée sur 15-20 cm minimum pour éviter que des individus ne passent par dessous. Dans le cas où le grillage ne pourrait être enterré (sol rocheux), le grillage sera renvoyé sur 30 cm environ vers l'extérieur. <p>Une inspection très régulière de cette barrière anti-intrusion, et a minima systématiquement après les épisodes climatiques importants, devra être réalisée afin de vérifier l'état de celle-ci et de la consolider si besoin. Le coordinateur environnemental de l'entreprise aura notamment pour activité la vérification quotidienne de l'intégrité du dispositif hors période mi-octobre à mi-mars (pause hivernale).</p> <p>Cette mesure est étroitement liée à la mesure R8 (« Prélèvement ou sauvetage avec destruction de la Tortue d'Hermann »).</p> <p>Source : Clôtures routières et faune. Critères de choix et recommandations d'implantation. Sétra (septembre 2008)</p> <p>Le contenu technique de cette mesure est lié au respect du calendrier d'intervention proposé et basé sur les moindres périodes de sensibilités écologiques.</p>	
Localisation présumée	<p>Tout autour de la zone de chantier (base vie, zone d'emprunt et emprise projet)</p> 	
Période optimale de réalisation	La barrière anti-intrusion doit être installée dès la fin du débroussaillage (mesure R4)	
Modalités de suivi	<p>Vérification du respect des prescriptions (AMO environnementale)</p> <p>Suivi de l'intégrité de la barrière anti-intrusion (AMO environnementale)</p>	
Coût estimatif	<p>Barrière anti-intrusion sur 1,2 km environ (1,30€ HT le mètre linéaire) soit 1 560 € HT</p> <p>Piquet tous les 5 à 10 m (5€ HT l'unité) – soit 700 € HT</p> <p>Mobilisation d'une trancheuse sur 2 jours : environ 1 200 € HT</p>	

		Installation barrière anti-intrusion (3 journées/eq homme + AMO environnementale) soit 2 600 à 3 600 € HT) Coût vérification intégrité du dispositif : inclus dans le coût travaux et coût AMO environnementale Suivi : inclus dans le coût de la mesure AMO environnementale - Prix total estimé à 6 000 à 7 000 € HT
R6	THEMA : R2.1i	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou leur installation – abattage spécifique d'arbres à cavités
Contexte et objectif		L'état initial réalisé au sein de la zone d'étude a mis en évidence la présence d'arbres à cavités jugés favorables aux chauves-souris cavicoles. Dans le cas où ces arbres devaient être abattus en amont des travaux ou en phase d'exploitation, une méthode spécifique devra être mise en place afin d'atténuer les impacts sur ces espèces potentiellement présentes.
Éléments écologiques en bénéficiant		Chiroptères en priorité et de manière indirecte les oiseaux nicheurs et les invertébrés saproxyliques
Modalités techniques		Chaque arbre identifié comme étant favorable aux espèces cavicoles protégées et devant être abattu doit faire l'objet d'un contrôle nécessitant l'utilisation de technique de corde (ou nacelle élévatrice) ainsi que d'un fibroscope. A l'issue de cette phase de vérification, deux cas de figure sont possibles : - Cas n°1 : absence certaine de chauve-souris et aucune trace de présence Les cavités sont suffisamment accessibles au travers des méthodes citées précédemment et ces dernières peuvent donc être contrôlées de manière exhaustive. Les résultats de ce contrôle attestent de l'absence d'individu ainsi que de toute trace de présence. Dans la foulée, chaque cavité ou fissure sera minutieusement comblée au moyen de mousse expansive (ou autres matériaux biodégradables type papier journal ou tissu en fonction de la date d'abattage) afin d'empêcher l'accès aux chiroptères avant abattage de l'arbre. Un compte rendu de cette intervention sera produit, attestant de l'absence certaine d'individu au niveau des arbres et précisant que ces derniers pourront par la suite être abattus sans aucune restriction supplémentaire. ➤ Cas n°2 : présence d'individu ou trace de présence Lors de la phase de vérification, des individus de chiroptères ou bien des traces de présence témoignant d'une activité en gîte (guano, salissure, etc.) sont observés. Ainsi, un bâchage ou la pose d'une chaussette sur les fissures/cavités occupées devra être mis en place afin d'empêcher les individus de revenir dans ce gîte. Les individus pourront ainsi quitter leur abri mais ne pourront pas revenir s'y installer. Quelques jours après la pose de la chaussette, un second contrôle devra être réalisé (corde + fibroscope) pour attester de l'absence d'individus dans la cavité. L'arbre devra être abattu selon une méthode « douce », c'est-à-dire couché lentement avec le houpier, au moyen d'une grue (avec un grappin hydraulique pour saisir le tronc en position verticale) afin d'amortir les chocs éventuels. Puis celui-ci sera laissé au repos toute la nuit. Ainsi, les espèces pourront fuir mais ne reviendront pas en gîte dans un arbre couché au sol. Les espèces accessibles (si présence il y a) seront capturées, identifiées puis déplacées par un écologue disposant des autorisations ministérielles obligatoires. Ce cas de figure nécessitera en outre la pose de nichoirs arboricoles afin de pallier temporairement la perte d'habitat attractif. <i>NB : cette manipulation nécessite une procédure de dérogation (formulaire CERFA), et dans certains cas, un second contrôle de la cavité lors de la phase de reproduction ou d'hibernation (si cela n'a pas pu être effectué lors du premier passage) afin de renseigner la ou les espèces qui constituent la colonie, leur statut et les effectifs précis.</i>
Localisation présumée		Les arbres identifiés comme étant favorables aux chiroptères cavicoles sur la zone d'étude élargie du projet sont représentés sur la figure ci-après.

	 <p>Dans le cas où ces arbres devraient être abattus en amont des travaux ou en phase d'exploitation, la méthode spécifique définie ci-avant devra être mise en place afin d'atténuer les impacts sur ces espèces potentiellement présentes.</p> <p><i>Il est à noter que les 2 arbres situées les plus au Sud en bordure de la zone d'étude élargie ne seront à priori pas impactés par les travaux et l'exploitation de l'ouvrage, car situés hors ZEC Q1000 et hors ouvrage.</i></p>
<p>Période optimale de réalisation</p>	<p>En amont des travaux : L'inspection des arbres favorables devra être réalisée en amont des travaux, en juin. L'abattage des arbres ne pourra se faire qu'une fois la campagne de sauvegarde des Tortues d'Hermann terminée (mesure R8).</p> <p>En phase exploitation : La visite de contrôle doit être réalisée en période d'activité, entre mai et septembre. L'abattage doit être réalisé au plus tard dans le mois qui suit.</p>
<p>Modalités de suivi</p>	<p>Vérification du respect des prescriptions par l'AMO environnementale</p>
<p>Coût estimatif</p>	<p>➤ Non évaluable en l'état.</p> <p>Les prix ci-dessous sont à titre indicatif et ont été calculés pour le contrôle de 5 arbres pouvant être contrôlés dans la journée selon leur éloignement et leur accessibilité.</p> <p>Vérification des arbres nécessitant l'utilisation de technique de corde ainsi qu'un fibroscope + production d'un compte rendu : deux écologues x 1 journée (1 200€ HT) + production CR (350 € HT)</p> <p>Puis :</p> <p>Cas n°1 : Aucun surcoût supplémentaire, les fissures seront comblées dans la foulée. Les arbres pourront être abattus sans restriction après cette intervention.</p> <p>Cas n°2 : Non évaluable de manière précise. Entre 5 000 et 12 000€ HT en fonction des effectifs et espèces présentes ; la nécessité ou non d'effectuer de nouvelles vérifications des arbres ; la production du CERFA, la pose de nichoirs, etc.</p>

R7	THEMA : R2.1n	Récupération et transfert d'une partie du milieu naturel – Tri des terres végétales
Contexte et objectif		Le tri des terres permet une recolonisation rapide de la végétation d'origine. L'objectif étant de faciliter l'expression post-travaux de la banque de graines contenue dans les sols remaniés. Pour cela, il est nécessaire de trier, conserver le temps des travaux et replacer les horizons des sols excavés.
Éléments écologiques en bénéficiant		Flore locale
Modalités techniques		<p>La couche superficielle des sols, parfois désignée « terre végétale », contient un pool de semences des flores locales. Ces premiers horizons (prélèvement localisé des horizons supérieurs sur les 15 premiers centimètres) doivent faire l'objet d'un tri affiné (suppression des EVEC) et d'une conservation adaptée jusqu'à leur réaffectation.</p> <p>Le décapage pourra se faire sur 20 à 30cm de profondeur (à évaluer avec l'AMO environnementale selon la profondeur des sols).</p> <p>Les confusions sédimentaires entre sols profonds et horizons supérieurs doivent être évitées.</p> <p>Les horizons supérieurs seront remplacés en dernier, sans compactage et hersage.</p> <p>NB : une mesure paysagère prévoit de réaliser, en plus du tri des terres, une récolte de graines + semis pour aider au réensemencement. Cette récolte de graines ne concernera que des espèces localement présentes (aucun apport extérieur). Aucune graine d'espèces protégées ne devra être récoltée.</p>
Localisation présumée		<p>Récupération de la terre végétale au niveau de toutes les surfaces d'emprises travaillées (zone d'emprunt, base vie, emprise de l'ouvrage,...) non contaminées par des espèces envahissantes (EVEC) et/ou après tri pour suppression des EVEC en cas de prélèvement dans les zones contaminées par des espèces envahissantes.</p> <p>Transfert de la terre végétale sur les zones à revégétaliser (zone d'emprunt, base vie, après travaux, pistes enherbées et sur le futur parement amont de l'ouvrage).</p>
Période optimale de réalisation		<p>Décapage de la terre végétale une fois les individus de tortues prélevés (à la fin du mois d'octobre).</p> <p>Transfert de la terre : à l'automne dans l'idéal.</p>
Modalités de suivi		<p>Vérification du respect des prescriptions (AMO environnementale)</p> <p>Suivi de l'évolution du milieu à intégrer dans le plan de gestion hydro écologique de la ZEC.</p>
Coût estimatif		Opération : intégré au coût du projet

R8	THEMA : R2.1o	Campagne de sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Tortue d'Hermann
Contexte et objectif		L'état initial a mis en évidence la présence de la Tortue d'Hermann en faible densité au sien du site d'étude et d'habitats favorables au niveau de la zone de chantier. Cette espèce protégée, à fort enjeu de conservation local, nécessite une mesure de sauvetage afin de limiter la destruction d'individus potentiellement présents sur le site.
Eléments écologiques en bénéficiant		Tortue d'Hermann
Modalités techniques		<p>La mesure consiste en la capture d'individus sur la zone de projet pour les déplacer hors de la zone projet. Ce protocole de mise en protection des tortues comporte les étapes suivantes (chacune de ces étapes doit être accompagnée / réalisée par un écologue spécialisé ou l'AMO environnementale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • débroussaillage manuel (mesure R4) avec une hauteur de coupe de 15 cm min. • mise en place de la barrière anti-intrusion au niveau des emprises travaux (mesure R5). L'intégrité de cette barrière devra être contrôlée systématiquement (fréquence hebdomadaire) des phases préparatoires des travaux jusqu'à leur réception ; • détection et capture des tortues dans l'emprise de la barrière « anti-intrusion » par un écologue ; • déplacement et mise en sécurité des individus capturés hors zone de chantier, à l'extérieur de la clôture, dans un habitat identique à celui où ils ont été capturés. <p>NB : pour la réalisation de cette mesure, une autorisation spécifique (CERFA) est nécessaire afin de justifier de la manipulation et le déplacement des espèces protégées.</p>
Localisation présumée		<p>Au sein de la zone chantier (au sein de la barrière anti-intrusion – mesure R5).</p> 
Période optimale de réalisation		<p>Capture et déplacement des individus dès que le débroussaillage aura été fait et que la barrière anti-intrusion aura été posée.</p> <p>Captures réalisables jusqu'à la mi / fin octobre (période où les individus rentrent en diapause hivernale).</p>
Modalités de suivi		<p>Vérification du respect des prescriptions (AMO environnementale)</p> <p>Suivi de l'espèce : Capture Marquage Recapture (2 passages au printemps à N+1, N+2, N+3 et N+5) (peut être inclus dans le plan de gestion de la ZEC)</p>
Coût estimatif		<p>Recherche, capture et déplacement de Tortues : 5 journées par un expert + rédaction d'un CR</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prix total estimé à 4 000 à 5 000 € HT <p>Si nécessaire et à la demande de l'AMO environnementale, des journées supplémentaires de vérification – capture pourront être nécessaires en cas de perméabilité accidentelle du dispositif installé autour du chantier</p>

R9	THEMA : R2.1o	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Faune piscicole
Contexte et objectif		L'état initial a mis en évidence la présence d'enjeux piscicoles dans le Riou de l'Argentière, au niveau de la zone projet. Ainsi, afin de limiter les impacts sur les espèces de milieu aquatique, une pêche de sauvegarde de la faune piscicole doit être mise en œuvre pour déplacer les individus en dehors de la zone de projet.
Éléments écologiques en bénéficiant		Barbeau méridional et autre faune piscicole
Modalités techniques		<p>En amont des travaux de construction de l'ouvrage, une portion du cours d'eau sera déviée. Des batardeaux seront mis en place afin de mettre en service le bras secondaire. Un écran anti-MES sera également mis en place à l'aval (mesure R2). Il conviendra alors au préalable de la mise à sec de la portion de cours d'eau concernée par les travaux (en parallèle de la mise en place des batardeaux), de procéder à une pêche de sauvegarde afin de récupérer et de déplacer l'ensemble du peuplement piscicole de la zone concernée et ainsi limiter la mortalité éventuelle d'individus qui seraient piégés dans des vasques encore en eau.</p> <p>Au moyen d'un matériel électrique certifié (répondant aux normes françaises et européennes), les poissons pourront être capturés puis déplacés.</p> <p>Les individus capturés feront l'objet d'une identification et de quelques mesures biométriques (poids et taille).</p> <p>L'ensemble des spécimens capturés seront relâchés dans le bras vif, sur un secteur sans risque, à la discrétion du prestataire retenu.</p> <p>Ce type d'intervention doit donc être mené par un organisme détenteur des autorisations de pêche, si possible référent en la matière (ex : AFB, APPMA du Var, ...).</p>
Localisation présumée		Au niveau de la portion déviée du cours d'eau
Période optimale de réalisation		La pêche de sauvegarde doit avoir lieu juste avant la mise à sec de la portion de cours d'eau concernée par les travaux (hors période de reproduction au printemps).
Modalités de suivi		<p>Vérification du respect des prescriptions</p> <p>Suivi des populations (à intégrer dans le plan de gestion hydro écologique de la ZEC)</p>
Coût estimatif		<p>Coût intervention - par action de pêche et rédaction d'un bilan d'activité.</p> <p>- Coût de l'intervention entre 2 500 à 3 500 € HT</p>

R10	THEMA : R2.1o	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Diane et sa plante hôte
Contexte et objectif		<p>L'état initial a mis en évidence la présence de plusieurs stations de reproduction de Diane en amont et aval du site d'étude. Certaines de ces stations se situent au niveau des chemins d'accès au chantier. La Diane et sa plante hôte, l'Aristoloché à feuilles rondes, sont donc soumises à des risques de destruction. L'objectif de cette mesure consiste à déplacer la Diane et les Aristoloches situés sur les secteurs des travaux vers une parcelle réceptrice hors des emprises.</p> <p>Cette opération nécessite deux interventions distinctes réalisées de manière conjointe :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ la collecte et le déplacement de la Diane au stade larvaire ; ➢ le déplacement des plantes hôtes (Aristoloches). <p><i>NB : Les mesures de déplacement sont usuellement considérées comme des mesures d'accompagnement. Dans ce cas précis, des expériences préalables ont prouvé le succès de la translocation des habitats de Diane. Cette mesure peut donc bien être considérée comme de réduction.</i></p>
Éléments écologiques en bénéficiant		Diane et sa plante hôte (Aristoloché à feuilles rondes)
Modalités techniques		<p>Étape 1 : choix des sites donneur et récepteur d'Aristoloches à feuilles rondes (courant avril de l'année précédant les travaux)</p> <ul style="list-style-type: none"> • réaliser une prospection sur site pour identifier et localiser les stations d'Aristoloché à feuilles rondes. • sélectionner un ou plusieurs sites « donneur » : stations détruites lors des travaux (zone chantier + piste d'accès). • sélectionner un site « récepteur », si possible situé le plus près possible du site « donneur ». Le site récepteur sera préparé afin de pouvoir accueillir les plaques de sol prélevées. Les couches superficielles du sol seront décaissées sur une vingtaine de centimètres de profondeur et sur une surface équivalente à la portion prélevée. Le site receveur devra être exempt d'espèces à enjeu et protégées. • identifier un secteur à aristoloché à feuilles rondes hors zone travaux afin d'y déposer les premières chenilles collectées (nursérie). Ce secteur devra proposer une densité de plante-hôte jugée satisfaisante par l'AMO environnementale pour accueillir les larves. <p>Étape 2 : collecte des larves de Diane</p> <ul style="list-style-type: none"> • collecter les larves (chenilles) présentes sur les feuilles d'Aristoloches (de fin-mars jusqu'à fin-avril selon les conditions climatiques locales qui conditionnent l'émergence des chenilles). 2 à 3 passages sont nécessaires afin de s'assurer qu'un maximum de chenilles soit déplacé. <p>Les premières chenilles collectées seront déposées sur le site nurserie préalablement identifié. Les chenilles observées lors du dernier passage pourront être stockées provisoirement dans un bac avec leur plante-hôte coupée à condition que les étapes 3 et 4 puissent être réalisées sous 3 j. maximum. Dans le cas contraire elles seront également déposées sur le site nurserie.</p> <p>La fin de cette étape marque le démarrage de la campagne de déplacement des plantes hôtes (étapes 3 et 4) afin de limiter le temps de « stockage » des chenilles hors de leur habitat.</p> <p><i>La méthodologie décrite ci-dessous a déjà été pratiquée avec succès en région Sud. Toutefois, elle est précisée à titre informatif, et d'autres méthodes menant à un résultat similaire peuvent être entreprises, sous réserve de validation préalable par l'AMO environnementale.</i></p> <p>Étape 3 : récupération des plantes hôtes et du sol associé</p> <ul style="list-style-type: none"> • prélèvement des couches superficielles de sol par plaques d'environ 1m x 1,5m, sur 20-30 centimètres de profondeur, en incluant la strate herbacée, le tissu racinaire et la couche superficielle de terre. Une pelle mécanique, équipée d'un godet profond et plat devra être employée,

	<ul style="list-style-type: none"> disposer soigneusement ces plaques de sol sur des plaques métalliques de dimension adaptée, afin de les déplacer jusqu'au site receveur. <p>Étape 4 : dépôt sur le site receveur</p> <ul style="list-style-type: none"> suspendre au godet de la pelle chaque plaque métallique contenant les portions de sol, à l'aide de chaînes fixées aux quatre coins, déposer au sol les plaques, détacher les deux chaînes sur le côté le plus long et soulever à nouveau la plaque pour faire glisser délicatement la plaque de sol à terre, (re)ajuster, si nécessaire, la position des plaques de sol à l'aide du godet afin de les accoler le mieux les unes aux autres. Le cas échéant, combler avec un peu de terre les petites zones interstitielles, arroser immédiatement les plantations, arroser de manière hebdomadaire les sections de sol déplacées jusqu'à la fin-juin. <p>Étape 5 : repositionnement des chenilles de Diane sur les pieds d'Aristoloches</p> <ul style="list-style-type: none"> les chenilles stockées provisoirement seront repositionnées sur les pieds d'Aristoloches transplantées. Si aucune chenille n'a pu être stockée, elles seront prises sur le site nurserie. <p><i>Chacun de ces étapes devra être réalisée, ou à minima accompagnée, par l'AMO environnementale.</i> <i>NB : le déplacement des chenilles nécessite l'obtention d'une dérogation de capture et de dérangement d'espèce protégée, délivrée par les autorités compétentes.</i></p>
Localisation présumée	Au sein et à proximité des zones d'emprises travaux + chemin d'accès. A définir précisément avec l'AMO environnementale.
Période optimale de réalisation	Avant le démarrage des travaux. Déplacement des chenilles de Diane en avril. Déplacement des Aristoloches en mai.
Modalités de suivi	Vérification du respect des prescriptions par l'AMO environnementale Suivi des populations : une visite de contrôle sera effectuée par un écologue le printemps suivant l'intervention pour vérifier l'état de survie des Aristoloches transférées et de la présence effective de la Diane. En cas d'échec, des mesures spécifiques + suivis devront être intégrés aux plans de gestion de la ZEC et du site des Barnières.
Coût estimatif	Choix des sites donneur et receveur : 1 journée de terrain par un expert / AMO : 600€ HT Collecte des larves : 2 à 3 journées par un expert / AMO : 1 800€ HT Transfert des plantes hôtes : 2 pelles mécaniques + 1 camion plateau : entre 2 500€ et 2 800€ HT par jour Arrosage hebdomadaire : <u>non évaluable en l'état</u> Suivi des Aristoloches transférées + Diane : 2 visites par an par un expert + rédaction d'un CR sur les 4 ans qui suivent les transferts : 2 600€ HT par an soit 10 400 € HT pour les 4 années de suivi Visite de contrôle au printemps suivant : 1 journée par un expert : 600€ HT - Prix total minimum estimé à 15 900 à 16 200€ HT

R11	THEMA : R2.1o	Dispositif de remise en état des habitats post-travaux
Contexte et objectif		A l'issue des travaux, une remise en état des habitats remaniés devra être engagée tant sur la dimension aquatique que terrestre.
Éléments écologiques en bénéficiant		Frayère à poissons, notamment de Barbeau méridional. Faune terrestre commune.
Modalités techniques		Les traces du chantier devront être effacées, toutes les pistes non utilisées en exploitation seront supprimées, toutes les installations évacuées, et les dispositifs de dérivation du lit démantelés. Une vérification et collecte des éventuels matériaux, déchets déposés lors du chantier au sein des emprises devra être menée par l'entreprise.
Localisation présumée		Emprises du chantier
Période optimale de réalisation		Ces travaux de restitution doivent dans l'idéal être effectués dans la période de moindre sensibilité des espèces (fin d'été jusqu'à la fin octobre). En lien avec le calendrier prévisionnel des travaux de l'ouvrage et des enjeux écologiques en présence, cette mission peut glisser jusqu'en novembre pour la partie terrestre uniquement.
Modalités de suivi		Vérification du respect des prescriptions. Suivi de la recolonisation de Barbeau méridional et habitat de frais (dans le cadre du plan de gestion hydro écologique de la ZEC)
Coût estimatif		Remise en état post -travaux – coût inclus dans les travaux Vérification et collecte des éventuels matériaux / Déchets liés au chantier – coût inclus dans les travaux Vérification conformité de la remise en état par l'AMO environnementale – coût inclus dans la mission de l'AMO environnementale

R12	THEMA : R2.2o	Gestion hydro écologique dans la ZEC
Contexte et objectif		L'état initial a mis en évidence des enjeux écologiques au niveau de la Zone d'Expansion de Crue (ZEC) dont il est important de tenir compte lors des différents entretiens qui y seront réalisés. Par concertation, il a été retenu la mise en place d'un plan de gestion adapté aux enjeux hydrauliques et écologiques.
Éléments écologiques en bénéficiant		Biodiversité en général
Modalités techniques		<p>La zone d'expansion de crue devra faire l'objet d'une gestion respectueuse de l'environnement durant toute la période d'exploitation de l'ouvrage. L'itinéraire technique pour la définition et la mise en place de cette gestion adaptée est le suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mise en place d'un partenariat avec un opérateur technique compétent (Conservatoire, Association Protection Nature compétente en matière de gestion, prestataire privé compétent) - élaboration du plan de gestion (réalisation d'un diagnostic hydro écologique concerté de la ZEC, hiérarchisation des enjeux et des objectifs et actions à mettre en œuvre). D'ores et déjà quelques grands objectifs conservatoires peuvent être énoncés sans prétendre à être exhaustif : <ul style="list-style-type: none"> - maintenir une trame ouverte favorable aux espèces inféodées à ces milieux (mise en place d'un pâturage extensif et/ou mise en place d'un entretien manuel, ...) - maintenir des éléments arborés éparses (flots boisés, haies multistrates, ...) - contrôler les espèces invasives (mise en place d'un suivi, mise en place d'un traitement spécifique adapté, ...) - réaliser un modèle topographique (façonnage de points bas, création de pente douce, création de dépressions, ...) - entretenir la ripisylve (enlèvement des embâcles et coupe / abattage sélectif manuel des arbres morts et/ou déstabilisés susceptibles de constituer des embâcles, ...) - gérer les rémanents ; - mettre en place des suivis spécifiques en lien avec les mesures d'évitement et de réduction proposées dans le cadre de ce projet (avec mise en place d'objectifs et d'indicateurs pertinents) ; - etc. - un conventionnement avec une ou plusieurs entités pour la mise en place de ces actions pourrait être envisagée (ex. des agriculteurs pour le pâturage) ; - mise en place du plan de gestion (durée à déterminer) ; - évaluation du plan de gestion et renouvellement. <p>Par ailleurs, le plan de gestion de la ZEC devra tenir compte des mesures paysagères établies parallèlement.</p>
Localisation présumée		Au niveau de la ZEC entière
Période optimale de réalisation		Dès que possible, afin que le plan de gestion soit mis en œuvre dès la phase exploitation. Durée de la mesure : 30 ans.
Modalités de suivi		Vérification du respect des prescriptions (élaboration du plan de gestion) Suivi de l'évolution de la ZEC (évaluation du plan de gestion)
Coût estimatif		<p>Coût non évaluable en l'état. Il intégrera :</p> <ul style="list-style-type: none"> - coût de l'opérateur technique pour la rédaction concertée du plan de gestion - coût pour la mise en œuvre des cahiers des charges pour la réalisation et le contrôle de travaux de génie écologique - coût entretien par des prestataires extérieurs et suivi conformité par l'opérateur technique - coût suivis par indicateurs pertinents – établis dans le Plan de Gestion Espaces Naturels

R13	THEMA : R3.1a	Adaptation de la période de travaux sur l'année
Contexte et objectif		L'état initial a mis en évidence de nombreux enjeux écologiques au sein et à proximité de la zone d'étude. Il est possible de définir un calendrier d'intervention limitant les impacts sur ces enjeux en adaptant la période de travaux avec celle de plus fortes sensibilités des espèces concernées (reproduction notamment).
Eléments écologiques en bénéficiant		Biodiversité en général
Modalités techniques		<p>Ce phasage s'explique d'une manière particulière pour chacun des groupes intéressés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour la flore : espèces vivaces sensibles tout au long de l'année. La période d'expression pour la flore à enjeu présente au niveau du site d'étude se situe entre février et octobre. - pour les invertébrés : les phases peu mobiles (larves) ou statiques (œufs) sont présentes tout au long de l'année. Il convient toutefois d'éviter la période entre avril et juillet, lors de laquelle les adultes sont actifs et assurent la reproduction et la dispersion. - pour les amphibiens : l'essentiel de l'activité reproductrice des espèces considérées se situent entre mars et juillet ; - pour les reptiles : ces espèces à faible mobilité sont toujours présentes dans la zone projet, quels que soient les mois de l'année. Si aucune période de l'année ne peut être évitée, il est préconisé de ne pas initier les travaux durant la diapause hivernale, au moment où les individus sont incapables de fuir (de novembre à février). - pour les oiseaux : les travaux devront éviter la période allant du mois d'avril au mois d'août (inclus) qui correspond à l'installation des couples nicheurs sur les zones de reproduction, la nidification, l'élevage et l'émancipation des jeunes oiseaux. - pour les mammifères : il est préconisé d'éviter la période de reproduction. - dont chiroptères : aucun gîte à chiroptère n'a été identifié dans l'emprise projet, aussi les travaux peuvent intervenir sans contrainte. Néanmoins, par prévention il est préférable d'éviter la phase d'hibernation au cas où un ou plusieurs individus isolés auraient trouvés refuge au sein et aux abords de la zone d'étude. De plus, il est indispensable que les arbres à cavités soient prospectés en amont de la réalisation des travaux (cf. mesure R6). - pour les poissons : pour les travaux en rivière, éviter la période de reproduction (printemps). <p>La phase de défrichage concerne l'essentiel des impacts et nécessite la plus grande attention dans le cadre de la définition du planning. La phase de construction de l'ouvrage hydraulique est moins impactante et au regard de la présence permanente du personnel de chantier et engins, la recolonisation du site (après défrichage donc) en sera limitée.</p> <p>Ces travaux pourront donc démarrer dès septembre/octobre par le défrichage, puis l'installation de l'ouvrage. Ils pourront se prolonger sans interruption jusqu'en période printanière.</p> <p>Pour rappel, la <u>durée des travaux</u> est de 16 mois.</p> <p>Le planning concerté et de moindre sensibilité écologique est détaillé dans le chapitre « 13. <i>Planning général des mesures</i> » du Dossier CNPN de Naturalia 2021.</p>
Localisation présumée		Ensemble de la zone d'étude
Période optimale de réalisation		Cf. modalités techniques
Modalités de suivi		Vérification du respect des prescriptions
Coût estimatif		Aucun surcoût, intégré dans la conception du projet.

R14	THEMA : R1.1c R2.1e	Prise en compte des enjeux écologiques dans l'aménagement des pistes d'accès chantier
Contexte et objectif	Compte tenu du petit gabarit de certaines sections de pistes et la présence de stations d'espèces végétales protégées à leur contact étroit ou dans la continuité d'écoulements fonctionnels, il sera nécessaire avant le début des travaux de réaliser une reconnaissance spécifique des abords afin de déployer des dispositifs adaptés de reconnaissance de stations, de protection contre le roulement des engins et de limitation de l'érosion de la plateforme.	
Éléments écologiques en bénéficiant	Flores remarquables et protégées : <i>Carex depressa</i> subsp. <i>basilaris</i> , <i>C. olbiensis</i> , <i>Polysticum setiferum</i>	
Modalités techniques	<p>Avant le début des travaux, au plus près du commencement.</p> <p>En période favorable d'observation des espèces ciblées (<i>Carex depressa</i> subsp. <i>basilaris</i>, <i>C. olbiensis</i>, <i>Polysticum setiferum</i>) : avril-mai</p> <p>Par écologue AMO :</p> <ul style="list-style-type: none"> - parcours de la piste en rive droite du Riou - recensement des stations d'espèces végétales - évaluation <i>in situ</i> des risques d'atteintes (roulement, ornière, déport et projection de matériaux, poussières...) et hiérarchisation des niveaux de criticité - balisage des stations à préserver en priorité - évaluation de la faisabilité de protection vis-à-vis du déport et projection de matériaux (espace suffisant pour mis en œuvre de parois protectrice) - mise en place de dispositif de protection (barrière heras + filet ou bâche de protection associés avec jupe de protection inférieure) - recensement des points de sensibilité à l'érosion (talweg) - estimation des quantités de fourniture nécessaire - mise en place de dispositif anti-érosion (à adapter en fonction du contexte, ex : fascine en fibre coco) <p>Sensibilisation du personnel de chantier avant le début des travaux au respect du cantonnement.</p> <p>Suivi régulier du dispositif de protection par AMO.</p>	

<p>Localisation présumée</p>	
<p>Période optimale de réalisation</p>	<p>Idéalement mise en œuvre au printemps avant le démarrage des travaux. À adapter en fonction de la date de lancement des travaux (au plus près du commencement).</p>
<p>Modalités de suivi</p>	<p>Suivi régulier de l'intégrité des balisages et dispositifs de protection (AMO environnementale) Suivi de l'impact du roulement des engins à proximité des stations frangeantes (AMO environnementale, et si nécessaire, pourra faire l'objet d'un suivi dans le cadre du plan de gestion de la ZEC)</p>
<p>Coût estimatif</p>	<p>1 journée de reconnaissance réalisée par un botaniste = 600 € HT 5 journées pour l'AMO = 2 500 € HT 3 - 5 journées technicien = 1 500 – 2 500 € HT Matériel = 2 500 – 5 000 € HT ➤ Total de la mesure : entre 7 000 et 11 000 € HT</p>

3.2.1.9.3 Mesures compensatoires

Le Dossier CNPN de Naturalia 2021 arrive à la conclusion : Malgré la mise en œuvre des mesures d'atténuation ci-avant, des impacts résiduels demeurent et nécessitent la mise en œuvre de mesures compensatoires. La mesure compensatoire ci-après a été retenue.

C1	C1.1a C1.1b C2.1a C2.1c C2.1d ...	Réhabilitation et gestion conservatoire du Domaine des Barnières
Éléments écologiques en bénéficiant		En priorité les espèces visées par la demande de dérogation à l'interdiction de destruction des espèces végétales et animales protégées.
Modalités techniques		<p><u>Les modalités techniques liées à cette compensation consistent en :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Acquisition spécifique des parcelles cadastrales servant à la compensation 128 / 129 / 130 / 131 (localisées dans la section cadastrale I, sur la commune de Tanneron) - Définition d'un opérateur technique en charge du programme compensatoire (délégation) - Diagnostic écologique, activité nappes (pose de piézomètres), des pratiques et usages - Diagnostic pastoral et établissement d'un plan d'orientation pastoral local - Rédaction d'un plan de gestion / planification / anticipation des coûts - Animation du plan de gestion <p><u>Les orientations minimales de gestion à programmer dans le cadre du plan de gestion seront :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Renaturation des milieux terrestres (ensemble des parcelles concernées et en lien avec la ZEC) : <ul style="list-style-type: none"> · évaluer la nature et représentativité des matériaux (inertes, polluants ?) précédemment déposés par des tiers au niveau du centre équestre pour jauger de la faisabilité d'une exportation en centre de tri agréé · favoriser une structure bocagère avec plantation de haies multi strates délimitant des unités de parcelles dont les dimensions et l'organisation sont compatibles avec le maintien d'une activité agricole soutenable et l'expression des cibles écologiques (1.5 à 2 km linéaire de plantation à prévoir au sein du site compensatoire) · favoriser les écosystèmes de transition (milieux naturels / milieux agricoles) · favoriser une diversité de cultures (pérennes / annuelles) dont les cahiers des charges d'exploitation seront préalablement déterminés pour assurer un équilibre avec les enjeux écologiques · favoriser, par reprise topographique locale, des points bas à accumulation naturelle et temporaire d'eau → création d'habitats à caractère hygrophile - mise en eau temporaire par reprofilage topographique (surface minimale cumulée de 9000 m²) · recréer des habitats propices à la reproduction de la Diane au niveau de la parcelle 127 et au sud de la 128 (surface minimale cumulée de 1500 m²) · assurer une cohérence avec la gestion hydro-écologique de la ZEC · ... - Pose de nichoirs pour favoriser l'occupation durable d'espèces d'oiseaux et chiroptères patrimoniaux (15 nichoirs pour l'avifaune ; 15 nichoirs pour la chiroptérofaune cavicole et fissuricole sur arbres et bâti) - Mise en œuvre d'un programme agricole combinant pâturage / culture pérenne et/ou annuelle compatible avec les enjeux écologiques locaux - Suivi de l'efficacité des mesures de gestion par bio-indicateur.

<p>Localisation</p>	 <p><u>Parcelles cadastrales</u> : Section castrale I, parcelles = 128 / 129 / 130 / 131</p> <p><u>Commune</u> : Tanneron (Var)</p> <p><u>Surface compensatoire</u> : 6,1 ha de zone strictement exploitée (hors ZEC Q1000 qui vient sur une partie de la parcelle I128, et hors parcelle I131 qui est boisée)</p>
<p>Période optimale de réalisation</p>	<p><u>Phase préparatoire</u> :</p> <p>Choix de l'opérateur technique : délai maximum de 4 mois après l'obtention de l'arrêté préfectoral et/ou de la maîtrise foncière des terrains concernés (ou d'un accord de principe de la part du propriétaire actuel)</p> <p>Diagnostics préalables : dès l'année d'acquisition des parcelles – considéré année N0 - durée : 18 mois</p> <p><u>Phase opérationnelle</u> :</p> <p>Mise en œuvre du plan de gestion : cahier des charges pour consultation des entreprises pour les travaux de renaturation / contrôle de la conformité des travaux / activités agricoles engagés au titre du plan de gestion écologique / suivis standardisés / bilan annuel d'activités / animation d'un comité de pilotage (constitué a minima de la CACPL, SIPME, CCPF, SMIAGE, DREAL PACA, DDTM et OFB).</p> <p><u>Durée de la mesure</u> : 30 ans.</p>
<p>Modalités de suivi</p>	<p>A déterminer de manière exhaustive dans le cadre du plan de gestion écologique.</p> <p>A minima :</p> <ul style="list-style-type: none"> - état initial du site support de la mise en œuvre compensatoire ; - tableau de suivi des actions administratives et techniques de réalisation ; - suivi des diverses actions / orientations de gestions ; - suivi de la colonisation du site par la faune et la flore.
<p>Coût estimatif</p>	<p>Acquisition des parcelles : CACPL (≈ 1 000 000 €)</p> <p>Modalités techniques ≈ entre 17 000 et 22 000 € HT sans la gestion conservatoire et les suivis écologiques</p>

3.2.1.9.4 Mesures d'accompagnement

3.2.1.9.4.1 Typologie des mesures

Cf. « Guide d'aide à la définition des mesures ERC », CEREMA 2018

Les mesures d'accompagnement visent à insérer au mieux le projet dans l'environnement, en tenant compte par exemple du contexte local et des possibilités offertes pour agir en faveur de l'environnement. Ces mesures peuvent venir en complément afin de renforcer les effets de mesures d'évitement, réduction ou de pérenniser les mesures compensatoires. Ces mesures sont classées suivant la typologie suivante :

Type	Catégorie	Code associé
A1 –Préservation foncière	1. Cas dérogatoire des lignes directrices ERC	A1.1
	2. Site en bon état de conservation	A1.2
A2 – Pérennité des mesures compensatoires	a. Mise en place d'un outil réglementaire du code de l'environnement ou du Code Rural et de la pêche maritime ou du code de l'urbanisme : à préciser	A2.a
	b. Rattachement du foncier à un réseau de sites locaux : à préciser	A2.b
	c. Cession / rétrocession du foncier : à préciser	A2.c
	d. Mise en place d'obligations réelles environnementales	A2.d
A3 – Rétablissement	a. Aménagement ponctuel (abris ou gîtes artificiels pour la faune)	A3.a
	b. Aide à la recolonisation végétale	A3.b
	c. Autre : à préciser	A3.c
A4 – Financement	1. Financement intégral du maître d'ouvrage	A4.1
	2. Contribution à une politique publique	A4.2
A5 – Actions expérimentales	a. Action expérimentale de génie écologique	A5.a
	b. Action expérimentale de renforcement de population ou de transplantation d'individus / translocation manuelle ou mécanique	A5.b
	c. Autre : à préciser	A5.c
A6 – Action de gouvernance/ sensibilisation / communication	1. Gouvernance	A6.1
	2. Communication, sensibilisation ou de diffusion des connaissances	A6.2
A 7- Mesure « paysage »	a. Aménagements paysagers d'accompagnement du projet dans les emprises et hors emprises	A7.a
A 8- « Moyens » concourant à la mise en œuvre d'une MC	a. À préciser	A8.a
A 9- Autre	a. Mesure d'accompagnement ne rentrant dans aucune des catégories ci-avant A1 à A8 : à préciser	A9.a

Tableau 26 : Typologie des mesures d'accompagnement (source : CEREMA, 2018)

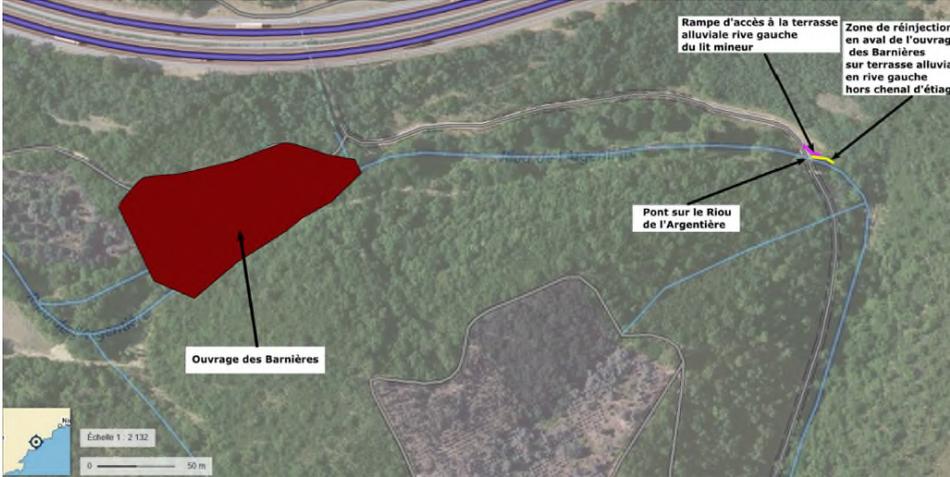
Ces mesures sont parfois divisées en sous-catégories détaillées au sein du « Guide d'aide à la définition des mesures ERC » du CEREMA de 2018.

3.2.1.9.4.2 Mesures d'accompagnement

Code mesure : A1	Assistance environnementale de chantier
THEMA : A6.1a	
Contexte et objectif	<p>En raison de la sensibilité du site et de la présence d'enjeux écologiques, il est préconisé au maître d'ouvrage de recourir à un accompagnement écologique. Cet accompagnement se traduit par une présence régulière de l'assistance écologique à la maîtrise d'ouvrage (sensibilisation du personnel, visites de chantier, participation aux réunions de travail, contrôle extérieur...) qui s'assurera de la bonne mise en œuvre des mesures d'insertion environnementale validées par les services de l'Etat.</p> <p>L'objectif est de veiller au strict respect des mesures écologiques préconisées lors de la conception du projet et qui seront mises en œuvre en phases préparatoire, chantier voire exploitation.</p>
Élément(s) écologique(s) en bénéficiant	Biodiversité au sens large
Modalités techniques	<p>La mission de coordination se décompose selon les séquences suivantes :</p> <p>En période préparatoire</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyse du Plan de Respect de l'Environnement (PRE) produit par l'entreprise titulaire, demande d'amendements le cas échéant et validation du PRE. - Participation aux réunions préparatoires de phasage et d'organisation globale du chantier pour valider notamment la localisation des emprises travaux, les accès et cheminements piéton, les zones de stockage, etc. - Passage sur site pour la mise à jour de la localisation des secteurs à enjeux. - Mise en place du balisage spécifique pour la localisation des secteurs à enjeux. - Participation à la mise en place des barrières anti-intrusion et vérification de son état. - Prélèvement et déplacement des espèces protégées (Diane, Aristoloche à feuilles rondes, Tortue d'Hermann et poissons). - Vérification des arbres à cavités. - EVEC. - Participation au décapage des terres végétales (tri des terres). <p>En phase chantier</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation et information du personnel de chantier aux enjeux écologiques du secteur travaux, visite de repérage conjointement avec le chef des travaux pour la définition/validation des emprises (base-vie, stockages, mises en défens), plan de circulation, organisation générale, etc. - Suivi de la mise en œuvre des préconisations environnementales par les opérateurs de travaux. - Contrôler les emprises et le balisage préventif. - Tenue du journal environnement du chantier. - Participation aux réunions de chantier sur demande du MOA ou MOE. - Assistance et conseil aux décisions opérationnelles relatives à la protection du milieu naturel. <p>Bilan post-travaux</p> <p>Rédaction d'un bilan du déroulement des opérations en termes de respect du milieu naturel.</p> <p><i>NB : la mise en place d'un contrôle extérieur environnemental n'exonère pas l'entreprise titulaire de sa propre mission de contrôle.</i></p>
Localisation présumée	Ensemble de la zone d'étude

Code mesure : A1	Assistance environnementale de chantier			
THEMA : A6.1a				
Coût estimatif		Durée	P.U.	Total
	Période préparatoire			
	Analyse, validation PRE	2 j	550 €	1 100
	Réunion préparatoire	1 j	500 €	500
	Mise à jour des secteurs à enjeux (terrain + CR)			
	Balisage spécifique des éléments à enjeux			
	Mis en place de la barrière anti-intrusion	Coût inclus dans les mesures spécifiques		
	Prélèvement et déplacement des espèces protégées			
	Vérification des arbres à cavités			
	Phase chantier (sur une base de 17 mois de travaux)			
	Sensibilisation aux enjeux + supports de communication	2j	650 €	1 300
	Visites de contrôle + CR (base théorique minimale à réajuster au stade DCE)	21j	650 €	13 650
	Réunion de chantier	5 j	600 €	3 000
	Restitution de chantier	2 j	650 €	1 300
Bilan post-travaux				
Rédaction du bilan	4 j	550 €	2 200	
	<u>Soit un coût estimé de 23 050€ HT</u>			
Modalités de suivi	Comptes-rendus et suivis menés par ingénieur écologue			

Code mesure : A2	Mise en place d'un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux
THEMA : A9	
Contexte et objectif	<p>Actuellement, sans l'ouvrage hydraulique, la zone des Barnières est une zone de dépôt naturelle pour le transport solide par charriage pour les crues peu fréquentes supérieures à la décennale. Pour les crues fréquentes inférieures à la décennale, une reprise des matériaux est constatée par le Riou de l'Argentière.</p> <p>Après réalisation de l'ouvrage des Barnières, le transport par charriage sera peu impacté :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour les crues fréquentes, la dynamique du Riou de l'Argentière est à la remobilisation des matériaux par charriage. Le pertuis de fond assurera le transit des matériaux par charriage à travers l'ouvrage ; - pour les crues peu fréquentes, le transport par charriage suivra la dynamique du Riou de l'Argentière de dépôt en amont du barrage. Au regard des faibles durées de crue, les volumes de dépôts seront légèrement supérieurs à la situation avant barrage, mais resteront du même ordre de grandeur. Ces matériaux, seront ensuite remobilisés par le Riou de l'Argentière lors des crues fréquentes. Toutefois, à titre indicatif, un plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux en aval de l'ouvrage des Barnières d'environ 200 m³ après une crue Q10 et 500 m³ après une crue Q100 pourra être mis en œuvre, afin d'anticiper la remobilisation naturelle du Riou de l'Argentière et de ne pas laisser un volume de dépôt trop important en amont de l'ouvrage. Le volume de matériaux et la fréquence restent très difficiles à estimer puisqu'il sera dépendant de la fréquence des crues mais également des ajustements morphologiques du lit du Riou de l'Argentière. Historiquement il a été constaté de nombreuses modifications non autorisées du profil en travers de lit moyen sur toute la zone des Barnières (remobilisation des berges, prélèvements et exploitation du gravier en place, remblaiement du lit moyen, rehausse des terrasses alluviales existantes...). En cas de nouveaux travaux non autorisés à proximité du centre équestre, ils auront un impact sur les vitesses d'écoulement en lit mineur et le transport solide dans cette zone. <p>L'impact sur la biodiversité de ce curage et de la réinjection des matériaux est difficilement appréhendable et quantifiable au stade actuel. C'est pourquoi, il est proposé de mettre en place un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion envisagé.</p>
Elément(s) écologique(s) en bénéficiant	Biodiversité au sens large
Modalités techniques	<ol style="list-style-type: none"> 1. Participer à l'élaboration du plan de gestion Lors de l'élaboration du plan de gestion du curage et de la réinjection, il est préconisé au maître d'ouvrage de recourir à un accompagnement écologique pour co-construire le plan de gestion afin qu'il tienne compte des enjeux écologiques en présence et éviter que les travaux aient des effets néfastes. Par exemple, pourront être définis une période d'intervention particulière, des zones sensibles à éviter/protéger, une zone de réinjection moins sensible écologiquement, etc. 2. Assister les travaux de curage et de réinjection Avant et pendant les travaux de curage et de réinjection, des passages sur site par un écologue permettront d'identifier si des secteurs devant être empruntés par les engins ou autres présentent des sensibilités particulières, si des préconisations/mesures spécifiques peuvent être mises en place, etc. 3. Définir des mesures correctives si nécessaire Malgré la mise en œuvre de mesures, il se peut que des incidences significatives persistent sur la biodiversité. Dans ce cas, des mesures correctives devront être mises en place.

Code mesure : A2 THEMA : A9	Mise en place d'un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux
	<p>NB : toute exportation de matériaux en dehors du Bassin Versant du Riou de l'Argentière est proscrite.</p>
Localisation présumée	<p>En amont de l'ouvrage, au niveau de la zone de curage.</p> <p>En aval de l'ouvrage, au niveau de la zone de réinjection (rampe d'accès et terrasse alluviale en rive gauche hors chenal d'étiage).</p> <p>Au niveau des chemins empruntés par les engins pour ces travaux.</p>  <p style="text-align: center;"><i>Localisation de la zone de réinjection en aval de l'ouvrage des Barnières</i></p> <p>NB : si la localisation de la zone de réinjection n'apparaît pas optimale au regard des enjeux écologiques en présence et des impacts que cela pourrait engendrer, sa re localisation devra être envisagée.</p>
Période optimale de réalisation	<p>Au moment de l'élaboration du plan de gestion curage et réinjection.</p> <p>Au moment des travaux de curages et de réinjection.</p>
Modalités de suivi	<p>Comptes-rendus des suivis</p>
Coût estimatif	<p>Participation d'un expert écologue à l'élaboration du plan de gestion (réunion technique + rédaction du volet milieu naturel) : non évaluable en l'état</p> <p>Participation d'une assistance à maîtrise d'ouvrage en écologie + experts faune/flore au moment des travaux (localisation des enjeux + mise en place de mesure d'évitement / de réduction + rédaction de compte rendu) : non évaluable en l'état.</p> <p>Si nécessaire, définition d'une ou plusieurs mesures correctives : non évaluable en l'état.</p>

3.2.2 Dimensionnement des composantes du barrage

3.2.2.1 Classe de l'ouvrage

Selon le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques, les ouvrages écrêteurs ou de ralentissement dynamique sont classés comme des « barrages » du moment où ils sont perpendiculaires à l'axe naturel du cours d'eau.

La classe des ouvrages projetés est évaluée selon le tableau ci-dessous :

Crue de dimensionnement	BARRAGES en Remblais			
	Hauteur de l'ouvrage : H (m)	Volume retenu : V (Mm3)	$H^2 \times \sqrt{V}$	Classe de l'ouvrage
Q50	14,3 m	0,39	127,18	C

Tableau 27 : Classement de l'ouvrage selon décret de mai 2015

L'aménagement des Barnières, est ainsi classé en barrage de classe « C ».

Ce classement a été confirmé par la DREAL lors de la réunion de pré-cadrage réglementaire du 22/05/17.

Il prend bien en compte l'arrêté ministériel du 17 mars 2017, précisant les modalités de détermination de la hauteur et du volume des barrages et ouvrages assimilés aux fins du classement de ces ouvrages en application de l'article R. 214-112 du code de l'environnement :

« Article 1

La valeur de la hauteur du barrage (paramètre désigné par " H " à l'article R. 214-112 susvisé) est **calculée dans la surface verticale passant par l'axe de la crête du barrage comme la différence d'altitude entre le point le plus haut de la crête et le point le plus bas du terrain naturel.**

Article 4

I.-Le volume retenu par le barrage, au sens du paramètre désigné par " V " dans l'article R. 214-112 susvisé, est le volume retenu (y compris les éventuels dépôts naturels ou non) par le barrage à la cote de retenue normale correspondant au niveau maximum normal d'exploitation hors crue en supposant un plan d'eau horizontal.

II.-Par dérogation aux dispositions du I, pour un barrage conçu pour que la retenue ne soit qu'exceptionnellement remplie à l'occasion de crues importantes, le volume à prendre en compte est celui associé à un niveau de remplissage atteignant la cote correspondant au niveau de protection, c'est-à-dire la cote en dessous de laquelle les enjeux aval sont protégés au niveau de protection vis-à-vis d'une crue calculée à partir de la capacité des pertuis, du laminage par la retenue et du débit non dommageable à l'aval. »

Selon l'article 1, la hauteur H à retenir est bien la différence entre le point le plus haut du barrage (74,25 m NGF) et le point le plus bas du terrain naturel situé dans la même

surface verticale passant par l'axe de la crête, (soit le niveau 59,95 m NGF mesuré au niveau du dalot à l'axe du barrage). $H = 74.25 - 59.95 = 14,3$ m.

Selon l'article 4.II, concernant les barrages à retenue sèche, le Volume V a retenir est bien le volume de la retenue associée à la crue de protection (Q50) correspondant à la RN. $V = 0,39$ Mm³.

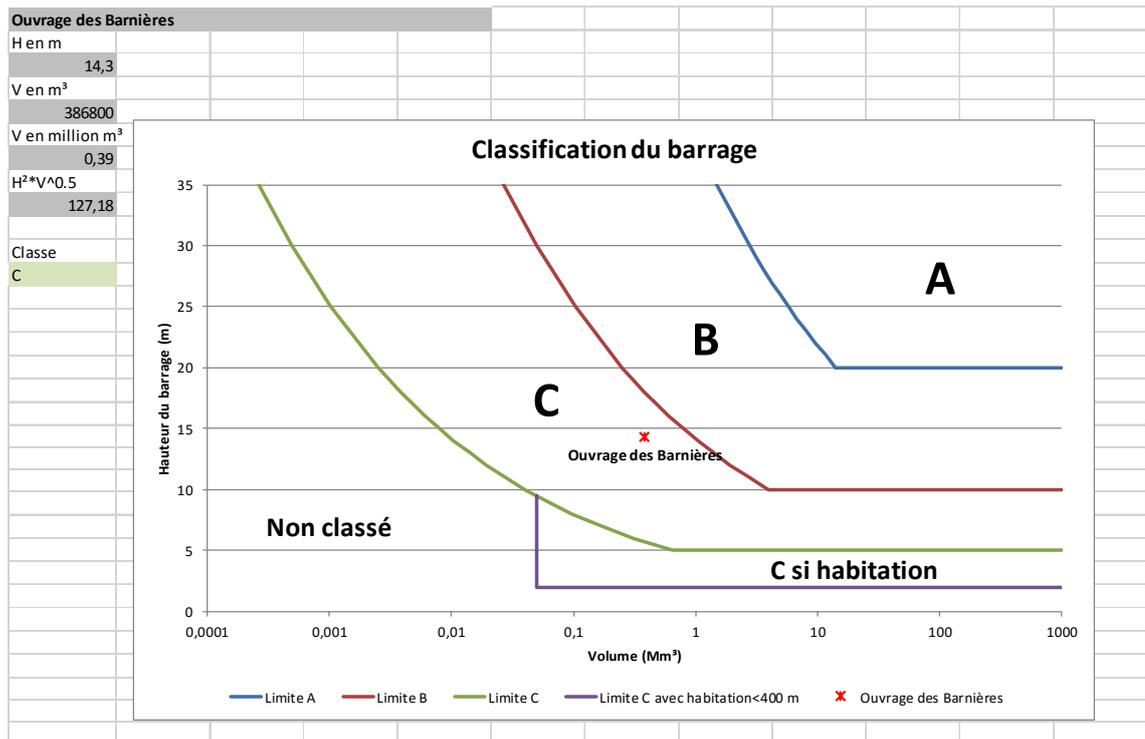


Figure 56 : Classification de l'ouvrage des Barnières selon le décret de mai 2015

3.2.2.2 Crue de protection

Il n'existe pas de contrainte réglementaire quant au niveau de protection minimum exigé.

Le niveau de protection ainsi que la zone protégée doivent être définis par l'entité compétente GEMAPI gestionnaire de l'ouvrage. Le décret du 12 mai 2015 précise (article 8) :

« Le niveau de protection d'un système d'endiguement ou d'un aménagement hydraulique est apprécié au regard soit d'un débit du cours d'eau en crue considéré ou d'une cote de niveau atteinte par celui-ci, soit d'un niveau marin pour submersion.

« La probabilité d'occurrence dans l'année de la crue ou de la tempête correspondant au niveau de protection assuré est justifiée dans l'étude de dangers prévue par l'article R.214- 116. »

L'objectif de protection de l'aménagement est d'écrêter la crue cinquantennale (Q50) arrivant au droit de l'aménagement des Barnières, de manière à obtenir les effets d'une crue vingtennale dans les zones d'enjeux aval sur la commune de Mandelieu.

La crue de protection de l'ouvrage retenue est : Q50 = 92 m³/s (au droit des Barnières).

Nota : La valeur du débit de la crue Q50 a été estimée par des modélisations hydrologiques et hydrauliques (cf. rapport AVP d'étude hydrologique et rapport AVP de modélisation hydraulique).

3.2.2.3 Crues extrêmes de sécurité

Les crues de projet et de danger sont issues des « Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages – Juin 2013 » rédigés par le CFBR :

Classe de l'ouvrage	CRUE DE PROJET		CRUE DE DANGER
	Ouvrages rigides	Ouvrages meubles	Tout type
A	Q1000 à Q3000	Q10000	1,3 x Q10 000
B	Q1000	Q3000	1,15 x Q10 000
C	Q300	Q1000	Q10 000

Tableau 28 : Crues extrêmes de sécurité des barrages

Compte tenu de la classe des ouvrages et du type d'ouvrage, les crues de dimensionnement des ouvrages de sécurité sont les suivants :

Classe de l'ouvrage	Type d'ouvrage	Classe de l'ouvrage	CRUE DE PROJET	CRUE DE DANGER
Site des Barnières	Remblai	C	Q1000 = 231 m³/s	Q10 000 = 315 m³/s

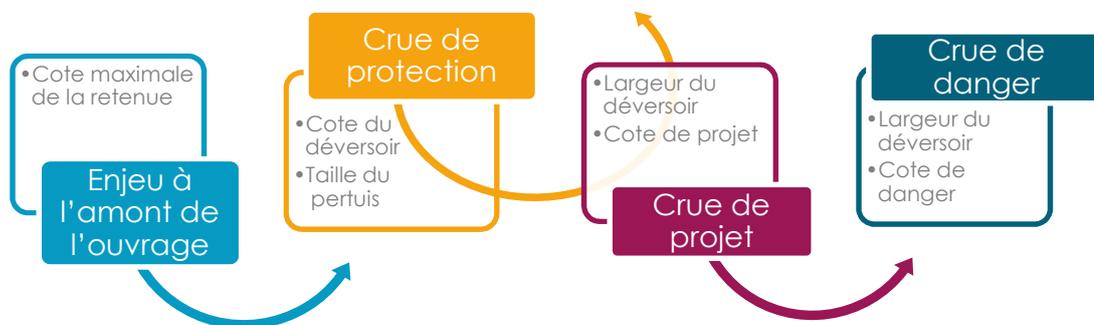
Tableau 29 : Crues extrêmes de sécurité de l'ouvrage des Barnières

Nota : Les valeurs des débits des crues extrêmes (Q1000 et Q10 000) ont été estimées par la méthode du Gradex (cf. rapport AVP d'étude hydrologique).

3.2.2.4 Principe de dimensionnement des ouvrages

Les principes de dimensionnement des ouvrages projetés sont présentés dans les paragraphes suivants. On distingue :

- la **crue de protection (CFBR) ou d'optimisation de l'ouvrage**, pour laquelle on recherche une mobilisation optimale du volume de rétention : compte tenu de la fréquence des inondations générées par le cours d'eau et des contraintes liées aux sites projetés, le choix de la crue d'optimisation des ouvrages est la **crue cinquantennale**. La **cote de protection** est définie comme la cote du déversoir de surface de l'ouvrage. Elle correspond à la **cote de la Retenu Normale (RN)**.
- la **crue de projet, de sûreté ou crue exceptionnelle (CFBR)** de l'ouvrage, est la crue que l'ouvrage doit pouvoir supporter sans dommage, crue permettant à la retenue d'atteindre la **cote des Plus Hautes Eaux (PHE)**.
- La **crue extrême (CFBR) ou crue de danger**, est la crue permettant à la retenue d'atteindre la **cote de danger**.



3.2.2.5 Déversoir, cote de RN, cote des PHE et cote de danger

Pour rappel, l'ouvrage des Barnières est de classe C et en remblais ce qui définit la crue millénaire comme la crue de projet et la crue décennale comme la crue de danger.

Afin d'améliorer l'insertion paysagère de l'ouvrage, la largeur de l'évacuateur et l'emprise du déversoir doivent être les plus réduites possibles, tout en assurant la sécurité de l'ouvrage. D'un point de vue sécurité, selon les recommandations du CFGB (Petits Barrages), la charge admissible maximale sur un déversoir doit être comprise entre 0,5 m et 3m. **En général, la charge admissible maximale habituellement retenue sur un déversoir est comprise entre 1 et 2 m, afin de trouver le meilleur compromis sécurité/performance de l'aménagement.**

Pour obtenir la meilleure performance de l'ouvrage en terme d'écrêtement de crue pour la crue de protection (Q50), les études hydrauliques d'avant-projet (cf. Rapport AVP de modélisation hydraulique) ont démontré que :

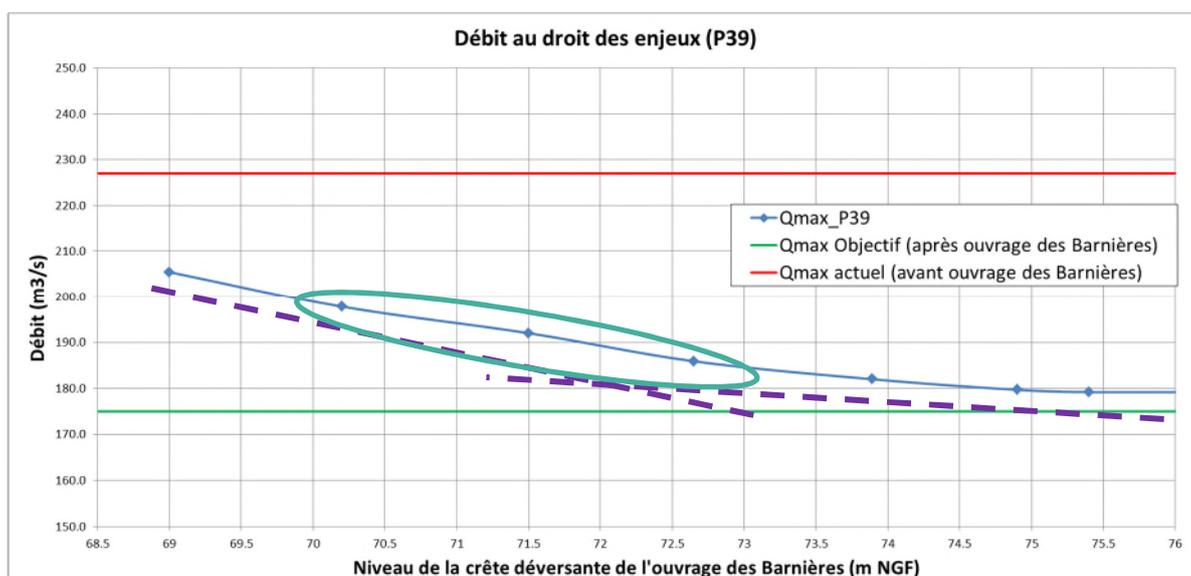
La cote de la crête du déversoir optimum correspondant à la cote de la Retenu Normal (ou cote de la crue de protection Q50) est de : 71,5 m NGF.
La largeur du déversoir optimum est de 55m.

Au vue des 65 m de largeur d'ouvrage disponible, les 55 mètres de largeur de déversoir ne laissent que très peu de marge de manœuvre pour l'insertion paysagère, à cause

notamment des fortes contraintes techniques hydrauliques existantes d'érosion et d'affouillement sur le déversoir.

3.2.2.5.1 Justification du choix du niveau de crête déversante de l'ouvrage des Barnières.

Une analyse de sensibilité sur le niveau de la crête déversante de l'ouvrage des Barnières a été menée. Pour chaque niveau de crête déversante de l'ouvrage des Barnières, les dimensions de la section hydraulique du pertuis ont fait l'objet d'une optimisation, de manière à obtenir le déversement de l'ouvrage des Barnières pour la crue Q50 (92 m³/s). Le graphique ci-après synthétise les résultats obtenus :



Aucune solution ne permet d'atteindre pleinement la performance hydraulique du marché d'écrêtement de la Q50 (227 m³/s) avec effet Q20 (175 m³/s) dans la zone des enjeux aval.

Une zone d'optimisation du niveau de crête apparaît (ellipse verte). De part et d'autre de cette zone, soit l'écrêtement est trop faible (Qmax P39 > 200 m³/s - niveau de crête déversante trop bas), soit le gain hydraulique d'écrêtement est trop faible (Pente de gain hydraulique plus faible malgré une crête de plus en plus haute) par rapport à l'impact de l'ouvrage sur les autres critères décrits dans le tableau ci-après.

- **Une solution n°0 avec crête déversante à 70,20 m NGF apparaît en extrémité gauche de la zone d'optimisation.** Dans ce cas, un pertuis de fond de section 2,5 m x 2,5 m est nécessaire pour lamener la crue Q50 (en limite de débordement).
- **Une solution n°1 avec crête déversante à 71,5 m NGF apparaît proche du centre de la zone d'optimisation.** Dans ce cas, un pertuis de fond de section 2 m x 2 m est nécessaire pour lamener la crue Q50 (en limite de débordement).
- **Une solution n°2 avec crête déversante à 72,65 m NGF apparaît en extrémité droite de la zone d'optimisation.** Dans ce cas, un pertuis de fond de section 1,5 m x 1,5 m est nécessaire pour lamener la crue Q50 (en limite de débordement).

Une analyse comparative entre ces 3 solutions a été menée ci-après.

Analyse comparative :

Critères	Solution 0 : Crête à 70,2 m NGF et section hydraulique de pertuis de 2,5 m x 2,5 m	Solution 1 : Crête à 71,5 m NGF et section hydraulique de pertuis de 2 m x 2 m	Solution 2 : Crête à 72,65 m NGF et section hydraulique de pertuis de 1,5 m x 1,5 m	Commentaires
Fonctionnement hydraulique des aménagements				La solution 0 a une performance hydraulique légèrement inférieure à la solution 1 (-6 m3/s ⇔ -3%), La solution 2 a une performance hydraulique légèrement supérieure à la solution 1 (+6 m3/s ⇔ +3%), sans permettre d'atteindre la performance demandée au marché d'écrêtement de la Q50 (227 m3/s) avec effet Q20 (175 m3/s) dans la zone des enjeux aval.
Contraintes d'exploitation de surveillance et d'entretien				Contrairement à la solution 2, les solutions 0 et 1 auront une section de passage supérieure ou égale à 2 m x 2 m permettant un curage mécanique (type BOBCAT). Les solutions 0 et 1 sont donc nettement préférables à la solution 2 d'un point de vue exploitation et entretien de l'ouvrage.
Impacts sur les Réseaux/concessionnaires existants				Impacts identiques pour les 3 solutions : Intérférence avec le réseau aérien telecom en rive gauche.
Impacts sur l'environnement				Emprise au sol de la solution 0 < Emprise au sol de la solution 1 < Emprise au sol de la solution 2. ⇒ Impact sur l'environnement de la solution 0 < Impact sur l'environnement de la solution 1 < Impact sur l'environnement de la solution 2.
Impacts sur le paysage				Emprise au sol et hauteur de la solution 0 < Emprise au sol et hauteur de la solution 1 < Emprise au sol et hauteur de la solution 2. ⇒ Impact sur le paysage de la solution 0 < Impact sur le paysage de la solution 1 < Impact sur le paysage de la solution 2.
Incidences sur le foncier				Emprise au sol de la solution 0 < Emprise au sol de la solution 1 < Emprise au sol de la solution 2. ⇒ Impact sur le foncier de la solution 0 (~11 000 m² de moins / solution1 ⇔ ~-10% < Impact sur le foncier de la solution 1 (ouvrage+ZEC ~ 111 000 m²) < Impact sur le foncier de la solution 2 (~49 000 m² de plus / solution1 ⇔ ~+44%) .
Incidences administratives et juridiques				Impacts identiques pour les 3 solutions sur le positionnement du projet vis-à-vis des dossiers réglementaires.
Délais				Volume de matériaux à mettre en oeuvre de la solution 0 < Volume de matériaux à mettre en oeuvre de la solution 1 < Volume de matériaux à mettre en oeuvre de la solution 2. ⇒ Délai de réalisation de la solution 0 < Délai de réalisation de la solution 1 < Délai de réalisation de la solution 2.
Coût				Volume de matériaux à mettre en oeuvre de la solution 0 < Volume de matériaux à mettre en oeuvre de la solution 1 < Volume de matériaux à mettre en oeuvre de la solution 2. ⇒ Coût de réalisation de la solution 0 (~400 k€ de moins / solution1 ⇔ ~- 8%) < Coût de réalisation de la solution 1 (révisé à ~5M € H.T selon hypothèses du Compte Rendu n° 09) < Coût de réalisation de la solution 2 (+350k€ de plus / solution1 ⇔ ~+7%)
Bilan				Le critère hydraulique étant prépondérant compte tenu de la nature de l'aménagement, la solution 1 présente globalement le meilleur compromis en terme d'impact sur tous les critères.

: Impact positif pour le critère concerné.

: Impact équivalent pour le critère concerné.

: Impact négatif pour le critère concerné.

Conclusion :

La solution 2 ne permet pas d'atteindre des conditions d'exploitation et d'entretien acceptables (entretien mécanique pas possible pour section < à 2 m x 2 m). La solution 2 est également la solution la plus défavorable vis-à-vis du coût, des délais et des impacts en termes d'emprise sur l'environnement, le paysage et le foncier.

Même si la majorité des critères sont favorables à la solution 0, elle ne permet pas d'atteindre la meilleure performance hydraulique compatible avec des conditions d'exploitation et d'entretien acceptables (entretien mécanique possible jusqu'à 2 m x 2 m).

La solution 1 permet d'atteindre la meilleure performance hydraulique compatible avec des conditions d'exploitation et d'entretien acceptables (entretien mécanique possible jusqu'à 2 m x 2 m) et présente globalement le meilleur compromis en terme d'impact sur tous les critères. La solution 1 a été retenue en AVP. Le niveau de la crête de l'ouvrage a donc été fixé à 71,5 m NGF et la section hydraulique du pertuis à 2 m x 2 m.

3.2.2.5.2 Justification de la largeur de la crête déversante de l'ouvrage des Barnières.

La débitance de l'évacuateur suit la loi des déversoirs suivants:

$$Q = C_d \times L \sqrt{2g \times h_d^3}$$

Avec :

- C_d : Coefficient de déversement = 0.38
- L : Largeur déversante (m)
- H_d : Hauteur déversante (m)
- Q : Débit déversant (m^3/s)

Les résultats obtenus selon la loi des déversoirs donnent les éléments structurants suivants :

Classe de l'ouvrage	Débits au droit de l'ouvrage (m^3/s)	Largeur vallée (m)	Largeur déversante (m)	Hauteur déversoir (m)	Cote (m NGF)
Crue de projet (PHE)	231	~65 m	55	1.84	73.34
Crue de danger	315	~65 m	55	2.26	73.76

Tableau 30 : Hauteur de lame déversante sur l'ouvrage des Barnières par formule théorique du déversoir

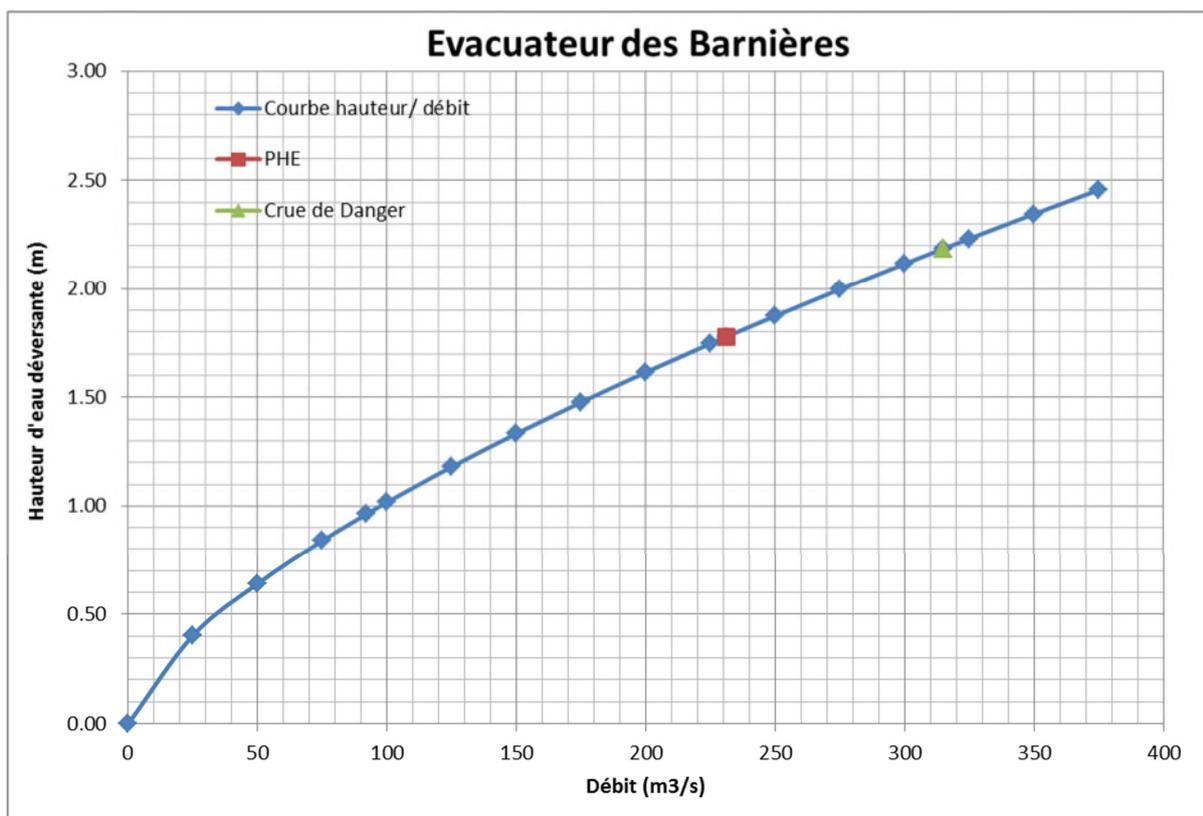


Figure 57 : Courbe de débit de l'évacuateur de crue des Barnières

Les résultats obtenus selon le modèle 2D hydraulique Egis Eau (hypothèse de pertuis totalement bouché) donnent les éléments structurants suivants :

Classe de l'ouvrage	Largeur vallée (m)	Largeur déversante (m)	Hauteur déversoir (m)	Cote amont (m NGF)
Crue de projet (PHE)	~65 m	55	1.88	73.38
Crue de danger	~65 m	55	2.28	73.78

Tableau 31 : Hauteur de lame déversante sur l'ouvrage des Barrières par modélisation hydraulique 2D Infoworks

Il est donc constaté un écart d'environ 2 à 4 cm entre la formule théorique et le modèle hydraulique 2D.

Il a été retenu pour le dimensionnement de l'ouvrage, les résultats les plus sécuritaires, soient ceux du modèle hydraulique 2D.

La charge admissible maximale sur le déversoir est donc de 2,28 m. Elle est bien sécuritaire, car comprise entre 0,5 m et 3 m. La largeur déversante de 55 m est bien optimisée, car la charge admissible associée est bien proche de 2 m.

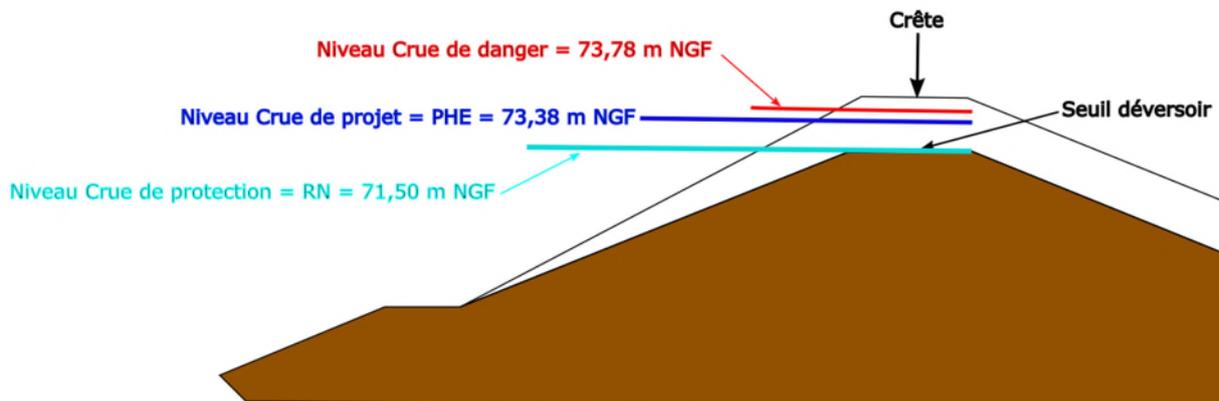


Figure 58 : Coupe type de Principe Niveau Crue de danger et PHE

3.2.2.6 Revanches aux vagues

La revanche est la différence entre la cote de retenue et la crête du barrage.

Au-delà de la définition des différentes situations de crue, il s'applique une revanche aux vagues pour chaque situation. D'après les « Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages (CFBR, juin 2013) », les différentes revanches à considérer sont les suivantes :

- Une revanche R1, calculée à partir du niveau de la retenue normale.
- une revanche R2 calculée à partir du niveau des PHE.

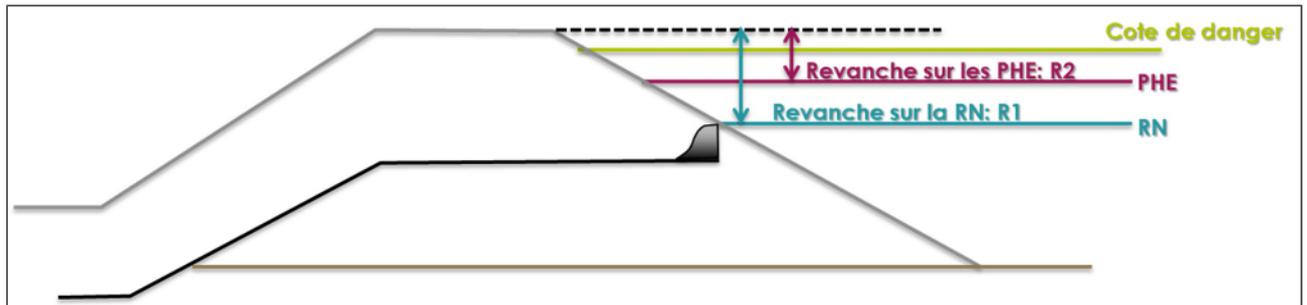


Figure 59 : Revanche dans le cas d'un barrage sans mur pare-vague

La parade pour assurer une protection contre les vagues peut également consister en un mur pare-vagues placé sur le bord amont de la crête. Dans ce cas, la revanche est donnée par rapport au sommet du mur pare-vague.

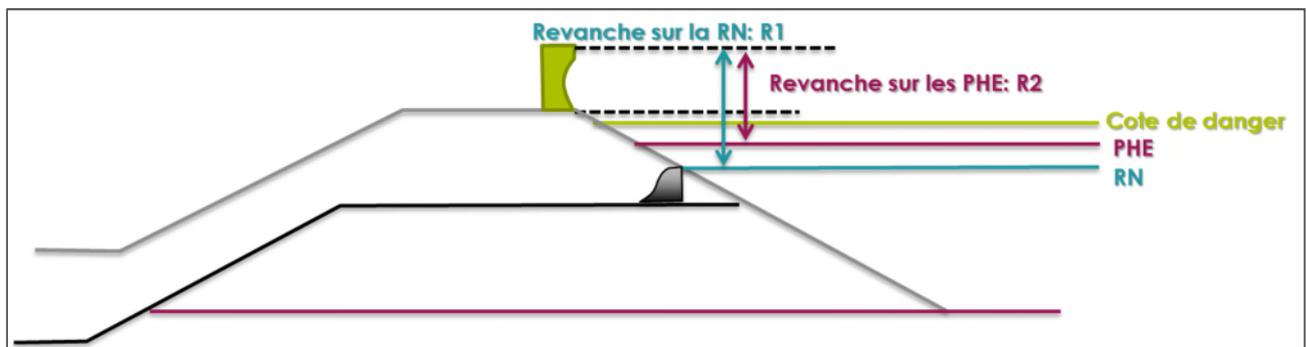
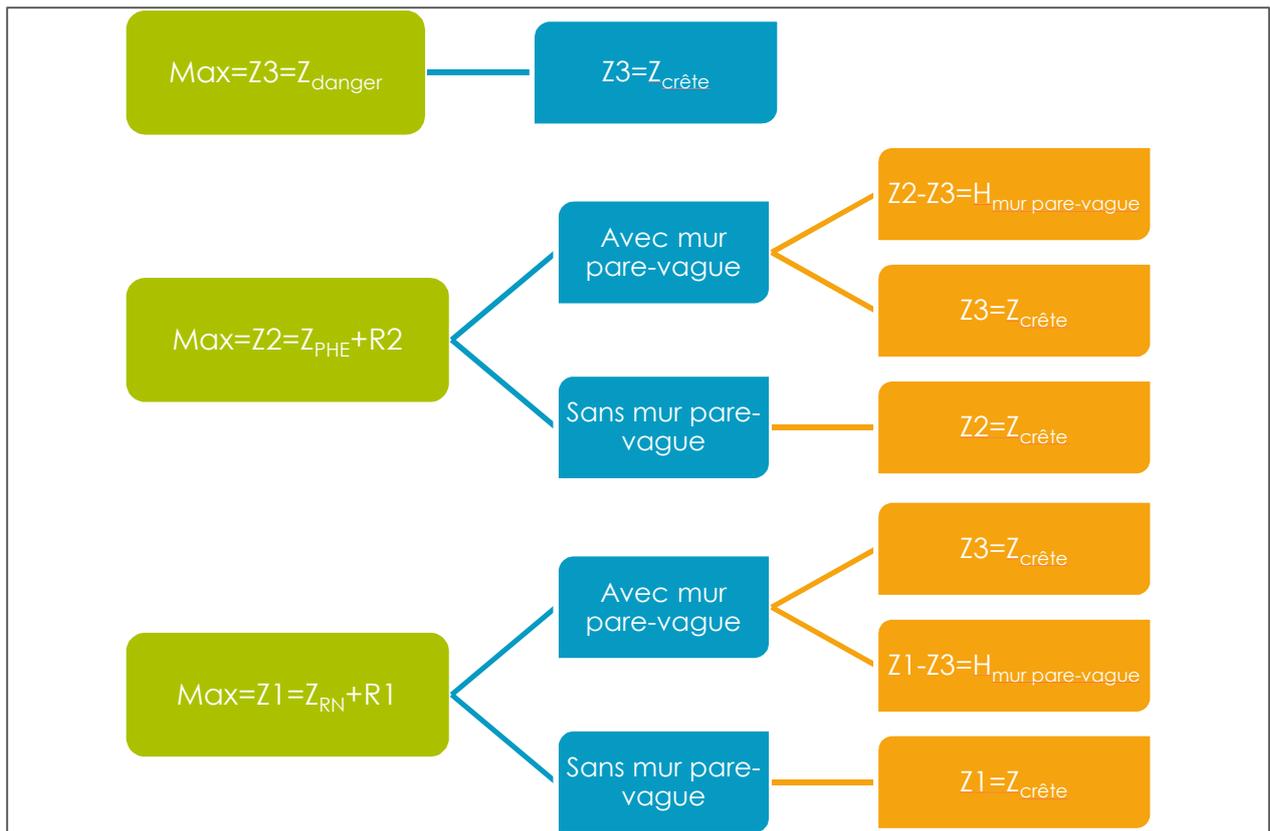


Figure 60 : Revanche dans le cas d'un barrage avec mur pare-vague

À partir des schémas ci-dessus, la cote de crête du barrage et la hauteur du mur pare-vague sont déterminées comme suit :



In fine, il est ainsi retenu comme niveau de protection avec revanche le maximum de :

- la cote de danger.
- la cote « retenue PHE + revanche R2 ».
- la cote « retenue RN + revanche R1 ».

3.2.2.6.1 Principe de calcul de la revanche aux vagues

La méthode de calcul est issue des recommandations du CFBR – Annexe 1.

La revanche aux vagues est calculée en fonction de la hauteur des vagues qui pourraient se former à la surface de la retenue. En effet, lorsque le vent souffle sur un plan d'eau, il génère des vagues qui peuvent se propager en direction du barrage. Dans ce cas-là, les vagues formées déferlent sur le parement. En fonction de la différence d'altitude existant entre la cote du plan d'eau en situation de vent et la crête, un certain pourcentage des vagues passe par-dessus la crête et ruisselle sur le parement aval.

Dans le cas d'un barrage en remblais, une érosion plus ou moins importante de la crête et du parement aval en résulte.

Un barrage en béton ou en maçonnerie sans remblai à l'aval résiste à l'action des vagues ; mais pour des raisons liées à l'exploitation, il n'est pas souhaitable que la crête soit le siège de déferlements fréquents.

La crête doit donc être positionnée à une altitude suffisante pour que le pourcentage de vagues qui l'atteignent soit faible.

Deux situations de projet sont à prendre en compte vis-à-vis du vent :

- Un **vent de période de retour 1000 ans** soufflant sur la **retenue normale**. Il en résultera une **revanche R1** ;
- Un **vent de période de retour 50 ans** soufflant sur une retenue qui se trouve à la cote des **PHE**. Il en résultera une **revanche R2**.

Pour chaque situation de projet vis-à-vis du vent, le calcul de la revanche s'effectue ensuite en plusieurs étapes et selon plusieurs méthodes (méthode Bretschneider, méthode Run up, Méthode Gaillard, revanche minimale) détaillées dans l'Annexe 1 ci-après.

3.2.2.6.2 Synthèse des résultats :

Le Vent

Selon Eurocode 1	
Zone de la carte des vents de l'Eurocode 1	2
Vitesse de vent de projet (PHE) de période de retour 50 ans (km/h)	86.40
Vitesse de vent de projet (RN) de période de retour 1000 ans (km/h)	103.68

Calcul de la vague de projet (méthode Bretschneider)

Choisir le type du barrage OU le pourcentage de vagues que l'on autorise à passer sur l'ouvrage

Longueur du fetch de la retenue : F (m)	800	
θ : L'angle entre les directions du vent et les vagues. En cas de manque d'information, saisir 0 (degrés)	0	
	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Coefficient de majoration de vitesse	Selon Saville et USACE	
Vitesse de vent de projet après correctifs Saville et USACE : U (km/h)	97.04	117.04
Profondeur d'eau, Hauteur utile : D (m)	13.43	11.55
La vague de projet : Hd (m)	0.62	0.75

Détermination de la revanche (methode Run up, hauteur de déferlement)

	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Profondeur d'eau, Hauteur utile D (m)	13.43	11.55
Période du pic spectral des vagues T (s)	2.44	2.73
Longueur d'onde des vagues : L (m)	9.27	11.60

Choisir un type de barrage:	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Barrage en remblai à parement amont rugueux		
Sélectionner la pente du talus amont	½.5	
<i>Hd/L</i>	0.067	0.064
Déferlement relatif (pour un barrage en remblai à parement amont lisse) : R/Hd	1.730	1.730
Déferlement correspondant pour le type de barrage retenu : R (m)**	0.65	0.78

**Le barrage étant en remblai à parement rugueux, $R = (R/Hd) * Hd * 60\%$

Détermination de la revanche minimale (Méthode Gaillard, revanche minimale)

	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Vitesse de propagation, Vp selon formule de Gaillard (m/s)	2.75	2.99
Revanche Gaillard (m)	0.85	1.02
Revanche minimale		
Hauteur de l'ouvrage selon décret de mai 2015 (m): H	11.55	Sans Objet
Volume de la retenue selon décret de mai 2015 (Mm3) : V	0.39	Sans Objet
$H^2 * \text{racine}(V)$	82.97	Sans Objet
Revanche minimale tous type d'ouvrage par rapport au PHE (m)	0.75	Sans Objet
Revanche minimale spécifique aux ouvrages en remblais zonés par rapport au PHE (m): $0.5 * R_{min}$	0.40	Sans Objet
Revanche minimale à retenir (m)	0.85	1.02

La revanche minimale est la plus sécuritaire

Détermination de la cote de la crête du barrage ou du pare-vague (méthode Bretschneider, Gaillard, revanche minimale)

Cote de la RN (m NGF)	71.5
Cote des PHE (m NGF)	73.38
Cote de Danger (m NGF)	73.78
Cote de la RN + R (m NGF)	72.52
Cote des PHE + R (m NGF)	74.23
La revanche retenue (m)	0.85
Cote de la crête du barrage sans mur pare-vague minimum (m NGF)	74.23
Cote de la crête du barrage avec mur pare-vague minimum (m NGF)	73.38
Hauteur minimum du mur pare vague éventuel (m)	0.85
Cote de la crête du barrage sans mur pare-vague retenue (m NGF)	74.25
Cote de la crête du barrage avec mur pare-vague minimum (m NGF)	73.40
Hauteur maximale du mur pare vague éventuel (m)	0.85

Les cotes de crête de l'ouvrage sont définies par le maximum entre Cote Vent 1000 ans RN +R1, Cote Vent 50 ans PHE + R2, Cote de crue de danger.

Pour l'ouvrage des Barnières, les revanches retenues seront calculées par la présente méthode de Bretschneider pour Hd et Gaillard pour R, car ces méthodes sont plus adaptées aux petits barrages avec des petites retenues (< 100 ha) et des vents < 120 km/h que la méthode de Smith et car la méthode de Gaillard est plus sécuritaire que la méthode de revanche minimale.

Pour l'ouvrage des Barnières, le linéaire d'ouvrage hors section déversante étant extrêmement faible (de l'ordre de 5 m sur chaque rive), la réalisation d'un mur pare-vague n'est pas à privilégier et n'a pas été retenue.

3.2.2.7 Coursier et Dissipateur d'énergie

3.2.2.7.1 Principe de dimensionnement :

La ligne d'eau sur le coursier et dans la fosse de dissipation aval (ressaut hydraulique) est estimée par un calcul 1D de la manière suivante pour la crue Q10 000 :

Données d'entrée :

- Q (m³/s) = Débit de projet;
- L (m) = Largeur déversante;
- m = Fruit des parements latéraux ;
- K_s = Coefficient de Strickler ;
- Z seuil (m NGF) = Cote amont du seuil (cote max) ;
- H/V = Fruit du coursier.

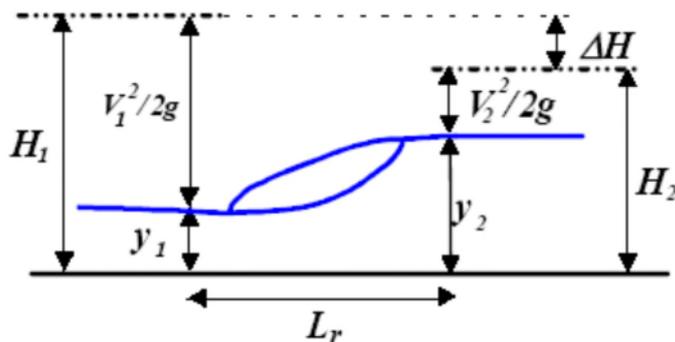
Calcul du tirant d'eau aval :

Après un calcul de l'écoulement critique à l'amont, un calcul itératif de la ligne d'eau par discrétisation entre deux sections est réalisé (détails cf. Annexe 2 ci-après).

Le tirant d'eau aval Y_{av} est ainsi calculé par « Valeur cible » (\Leftrightarrow itérations) de sorte à obtenir la condition ci-après : **Charge amont = Charge aval + Perte de charge**

Calcul du ressaut hydraulique :

Le schéma de principe d'un ressaut hydraulique est rappelé ci-après :



Y_1 et V_1 sont issues du calcul de la ligne d'eau ci-avant (correspondant à Y_{av} et V_2)

La feuille de calcul Excel détermine :

- F_1 = Le nombre de Froude en entrée du ressaut ;
- Y_2 = Le tirant d'eau conjugué ;
- L_r = La longueur du ressaut.

à partir des formules ci-après :

- $F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g y_1}}$
- $y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8 F_1^2} - 1)$
- $L_r = \frac{35 y_2 \sqrt{F_1}}{8 + F_1}$

Conditions de Stabilité du ressaut :

- **Si Z_2 (m NGF) < Niveau d'eau aval, alors le ressaut est chassé vers l'amont : Ressaut dit stable.**
- **Si Z_2 (m NGF) > Niveau d'eau aval, alors le ressaut est chassé vers l'aval : Ressaut dit instable.**

Les hypothèses ci-après ont été retenues :

- Débit = $Q_{10\ 000} = 315\text{ m}^3/\text{s}$ sur le déversoir (\Leftrightarrow pertuis totalement bouché).
- Largeur déversante = 55 m (issue des résultats du modèle 2D).
- Largeur pied aval et fosse = 45 m (réduction de 5 m de part et d'autre du déversoir liée à l'entonnement de la vallée \Leftrightarrow topographie).
- Fruit des bajoyers latéraux du coursier : 1H/1V (\Leftrightarrow enrochements bétonnés).
- Strickler sur le coursier : 35 (\Leftrightarrow enrochements bétonnés).
- Cote de crête du déversoir = $Z_{\text{seuil}} = 71,5\text{ m NGF}$ (issue des résultats du modèle 2D).
- Pente du parement du coursier = 2.5H/1V.
- Cote du Riou de l'Argentière aval de la fosse = $Z_{\text{aval}} = 60\text{ m NGF}$ (issue de la topographie).
- Niveau d'eau aval : (issu soit des résultats du modèle 2D, soit d'une formule théorique de Manning).

2 calculs ont été menés selon la source du niveau d'eau aval (issu soit des résultats du modèle 2D, soit d'une formule théorique de Manning).

Conclusion : Le dimensionnement le plus défavorable résultant des calculs issus d'un niveau d'eau aval issu du modèle 2D sera retenu (détails cf. Annexe 2 ci-après).

Des études de sensibilité ont été menées afin d'optimiser le dimensionnement de l'ouvrage :

- **Une étude de sensibilité sur le paramètre de débit a été menée :**

Conclusion : Le cas $Q_{10\ 000}$ est bien le plus dimensionnant en termes de vitesse.

Le cas $Q_{10\ 000}$ est bien le plus dimensionnant en termes de hauteur de bajoyer et de longueur de fosse et donc en terme de cout.

Le cas $Q_{10\ 000}$ est bien le plus dimensionnant.

(détails cf. Annexe 2 ci-après)

- **Une étude de sensibilité sur le paramètre de pente du parement du coursier a été menée :**

Conclusion :

La hauteur des bajoyers et la longueur de la fosse sont peu sensibles à la variation du fruit du parement aval.

A chaque adoucissement de 0,5 du fruit du parement aval, la longueur du parement aval augmente de 6 m pour un gain hydraulique de l'ordre de 0,5 m/s sur les vitesses sur le coursier. Il n'y a donc pas de gain significatif hydraulique à adoucir le parement.

La pente optimum du parement aval est donc la plus raide possible sous réserve de la contrainte géotechnique de stabilité de l'ouvrage. Il en résulte une pente de 2,5H/1V.

(détails cf. Annexe 2 ci-après)

- **Une étude de sensibilité sur le paramètre de nature du parement (Coefficient de Manning-Strickler :Ks) a été menée.**

Conclusion :

La hauteur des bajoyers et la longueur de la fosse sont peu sensibles à la variation de la nature du parement aval.

En revanche, il y a un gain hydraulique de l'ordre de 2 à 4 m/s sur les vitesses sur le coursier entre un parement en enrochements (bétonnés ou libres) et un parement béton rugueux ou lisse. Ce gain hydraulique n'étant pas négligeable, un parement en enrochements bétonnés est préférable à un parement en béton.

(détails cf. Annexe 2 ci-après)

- **Une étude de sensibilité sur le paramètre de convergent du coursier a été menée.**

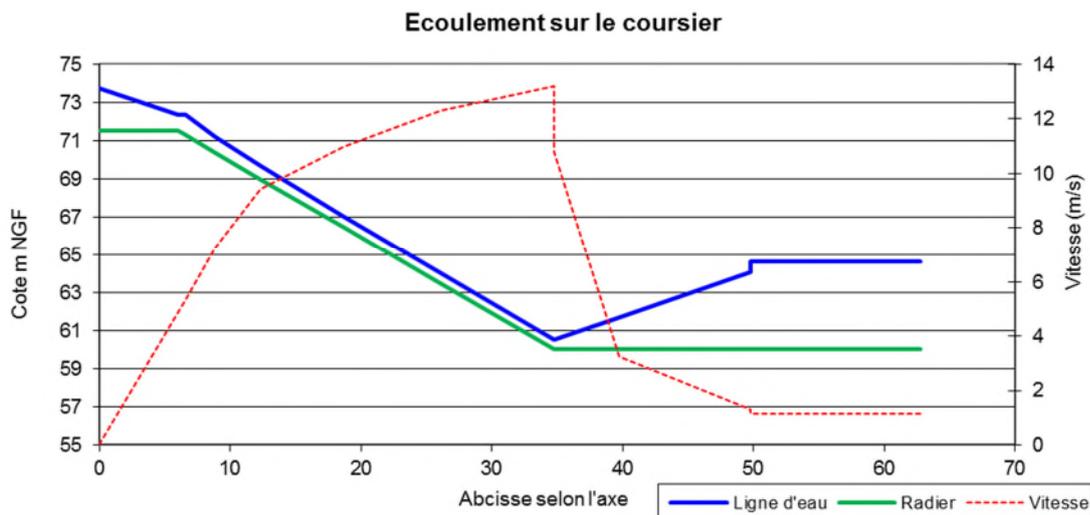
Conclusion : La vitesse, la hauteur des bajoyers et la longueur de la fosse sont sensibles à la variation de la convergence du coursier. En dessous d'une largeur de dissipation de 45 m, les vitesses dépassent les 13 m/s et augmentent fortement de plus de quasiment 1m/s à chaque pas de 5 m à partir de $k= 45$ (contre 0,5 m/s avant) et la longueur de fosse augmente plus rapidement lorsque la largeur de dissipation passe en dessous de $K = 40$. **La convergence optimum est donc obtenue pour une largeur de dissipation de 45 m.**

(détails cf. Annexe 2 ci-après)

3.2.2.7.2 Dimensionnement final du Coursier et du Bassin de dissipation

Suite aux études de sensibilité ci-avant, il a été retenu pour l'ouvrage des Barnières :

Un coursier constitué d'un parement en enrochements bétonnés dans l'axe du barrage suivant la pente aval de l'ouvrage à 2,5H/1V, avec une convergence définie par une section amont au droit du seuil de 55 m et une section en pied de coursier de 45 m (détails cf. Annexe 2 ci-après) :



Les murs des bajoyers sont adaptés à la lame d'eau maximale sur le coursier en crue décennale avec une revanche minimale de 0,5 m. La hauteur d'eau varie de 2,24 m en crête à 0,53 m en pied, pour la Q10 000.

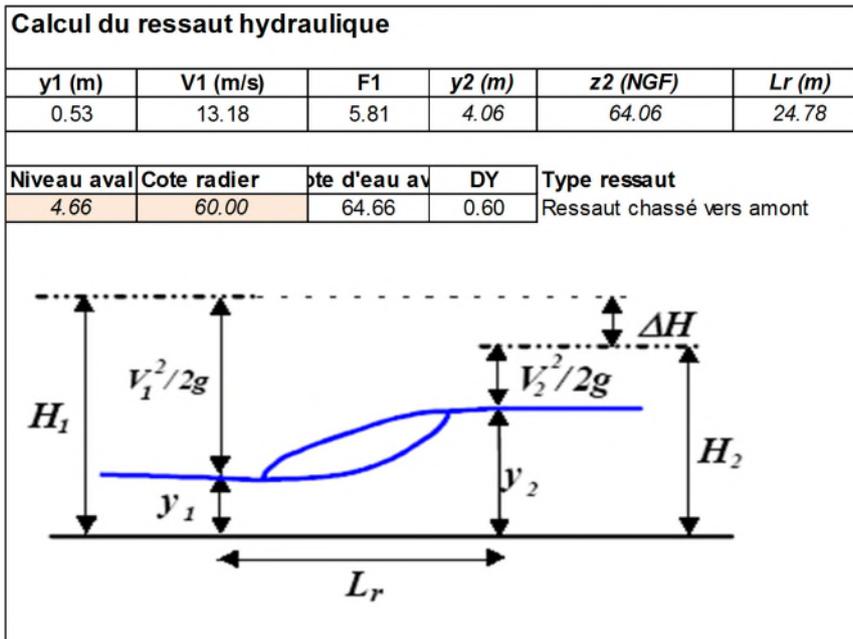
Pour l'ouvrage des Barnières, les bajoyers de l'évacuateur de crue seront en enrochements bétonnés de mêmes diamètres que la fosse, les fruits des bajoyers ne dépasseront pas 1H/1V, la hauteur des murs bajoyers du coursier sera de 2.75 m en crête d'évacuateur et jusqu'à 3 m en aval (⇔ crête de l'ouvrage avec revanche par-vague) et diminuera à 1.5 m en section courante jusqu'au bassin de dissipation de manière à garantir une revanche minimale pour la Q10 000 variant de 70 cm à 1 m.

Le bassin de dissipation est un ouvrage classique, dimensionné à partir des formules et abaques de l'USBR (United States Bureau of Reclamation), largement éprouvés.

Calage en altitude du bassin de dissipation :

Le niveau d'eau aval est déterminé par le modèle hydraulique 2D sous Infoworks (cas défavorable d'un pertuis totalement bouché et de l'absence d'injection du niveau aval). Le niveau aval retenu est : 64.66 m NGF.

Le calage en altitude est défini en fonction du niveau aval et du nombre de Froude à l'amont du ressaut : La hauteur conjuguée aval du ressaut doit être inférieure ou égale à la hauteur d'eau aval.



Cette condition s'écrit : $\frac{h_{\text{eau aval}}}{h_{\text{eau amont}}} = 0.5(\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1)$, ce qui fixe la hauteur d'eau aval minimale au-dessus du radier du bassin de dissipation à 4.06 m.

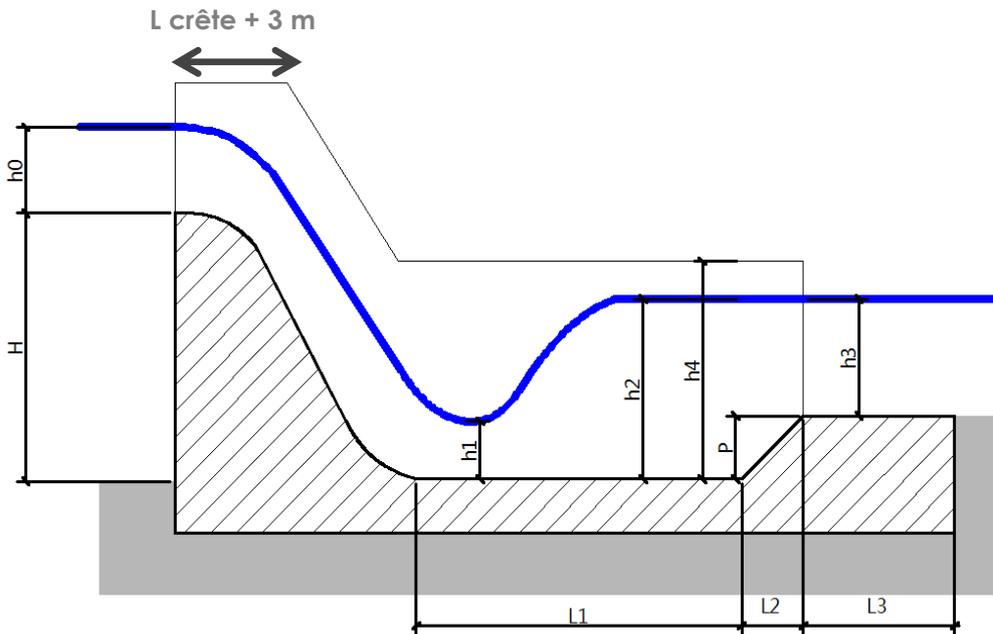
Compte tenu du niveau aval, la cote du radier du bassin de dissipation est fixée à 60 m NGF (\Leftrightarrow Niveau du fil d'eau du Riou de l'Argentière). Aucune pelle, surprofondeur de la fosse n'est nécessaire pour piéger le ressaut.

Dimensions caractéristiques du bassin de dissipation

La longueur du bassin de dissipation est déterminée en fonction d'une évaluation de la longueur du ressaut qui s'y produit : $L \approx 4 \times (h_{eau\ aval} - h_{eau\ amont})$ Soit une longueur de 15 m.

Les autres caractéristiques du bassin sont données dans le tableau ci-après.

Calcul du bassin de dissipation			
Données d'entrée			
h_1	0.53 m	h_3	4.66 m
h_2	4.06 m	q	5.73 m
Dimensionnement			
L_1	15 m	Vérif 1	Vrai
L_2	0 m	Vérif 2	Vrai
L_3	13 m		
h_4	4.75 m		
P	0.00 m		



Au final, les caractéristiques retenues pour le coursier et la fosse de dissipation sont :

	Données	Valeurs
Coursier	Tracé	Axe du barrage
	Largeur amont en crête (m)	55
	Largeur aval en pied (m)	45
	Pente des talus	2,5H/1V
	Nature du parement	Enrochements bétonnés
	Hauteur des Bajoyers en crête et 3 m en aval (m)	2,75
	Hauteur des Bajoyers en section courante(m)	1,5
	Fruit des Bajoyers	1H/1V
Fosse de Dissipation	Largeur (m)	45
	L1 = Longueur (m)	15
	P = Profondeur / TN du f.e Riou de l'Argentière (m)	0
	h4 = Hauteur des Bajoyers (m)	4,75
	Fruit des Bajoyers	1H/1V
	L2 = Longueur de pelle (m)	0
	L3 = Longueur zone de transition/ raccordement (m)	13
	Raccordement sur L3	Le plus doux possible et adapté à la forme de la vallée

La vue en plan détaillé (Plan n°3) et le cahier des coupes types de l'ouvrage (Plan n°4) sont fournis dans le dossier de plan de l'AVP.

3.2.2.8 Dimensionnement des protections hydrauliques vis-à-vis de l'érosion externe et de l'affouillement

L'objectif d'une protection hydraulique est de protéger un ouvrage des phénomènes d'érosion, d'affouillement, et de glissement pouvant être causés par :

- L'érosion de surface liée au cours d'eau par force tractrice ;
- L'affouillement de pied lié au cours d'eau ;
- L'érosion externe liée à la surverse lors d'une crue déversante du cours d'eau ;
- L'érosion de surface liée à la pluie.

La stabilité (au glissement, à l'érosion interne notamment) de l'ouvrage a été vérifiée lors des études géotechniques (mission G2 AVP), menées par le Bureau d'étude Géotechnique ERG. Le détail de ces études est présenté en annexe du dossier AVP.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, pour le cas le plus défavorable de la crue de danger (Q10 000) avec hypothèse sécuritaire d'un pertuis totalement bouché, l'ouvrage des Barnières doit être résistant vis-à-vis :

- du risque d'érosion externe par force tractrice et du risque d'affouillement par le cours d'eau pour les talus amont et aval.
- du risque d'érosion externe par surverse pour la crête et le talus aval.
- du risque d'érosion externe par la pluie pour les talus amont et aval.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières les contraintes hydrauliques générées par les vagues et l'érosion sont dimensionnantes pour le parement amont vis-à-vis du risque d'affouillement et d'érosion.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, les contraintes hydrauliques générées par la surverse sur l'évacuateur de crue sont également dimensionnantes pour la crête et le parement aval vis-à-vis du risque d'érosion externe par force tractrice et affouillement.

Ainsi, il a été vérifié pour l'ouvrage des Barnières :

- La protection du parement amont (rip/rap), qui a été dimensionnée vis à vis du risque de vague, d'érosion (cf. chapitre 3.2.1.3.4 Protection parement amont partie inférieure).
- La protection de la crête et du parement aval et de la fosse de dissipation vis-à-vis du risque d'érosion externe par surverse pour la crête et le talus aval. (cf. chapitre ci-après)
- Les protections des talus amont et aval et de la fosse de dissipation vis-à-vis du risque d'érosion pluviale (cf. chapitre ci-après).

Nota : Les remblais paysagers de nature fusible ne sont pas à vérifier vis-à-vis de ces risques.

3.2.2.8.1 Vérification vis-à-vis du risque d'érosion externe par surverse pour l'évacuateur de crue.

3.2.2.8.1.1 Dimensionnement du diamètre des enrochements :

Les parements de l'évacuateur de crue, composé du déversoir, du coursier et de la fosse de dissipation, sont soumis à un risque d'érosion par surverse.

Ces parements en enrochements bétonnés ont été dimensionnés selon la méthode du Rock Manual (CETMEF 2009) :

Pour l'ouvrage des Barnières, selon le « Rock Manual », l'ouvrage est un ouvrage dit de fermeture verticale (barrage) et son régime d'écoulement est un écoulement de type « barrage haut », car il s'agit d'un barrage avec évacuateur de crue type seuil libre.

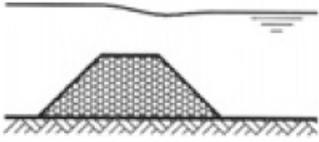
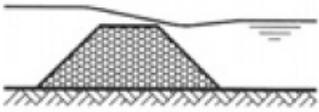
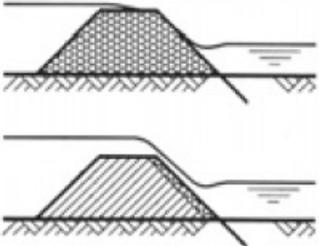
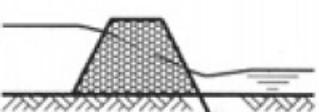
régime d'écoulement		critère
écoulement de type "barrage bas"		$\frac{h_b}{\Delta D_{n50}} \geq 4$
écoulement intermédiaire		$-1 < \frac{h_b}{\Delta D_{n50}} < 4$
écoulement de type "barrage haut"		$\frac{h_b}{\Delta D_{n50}} < -1$ et $H > 0$
écoulement à travers le barrage		$H < 0$

Figure 61 : Régimes d'écoulement sur ouvrage de fermeture verticale (Source Rock Manual, CETMEF 2009).

Selon le « Rock manual », dans le cas d'un ouvrage de fermeture vertical, la stabilité d'un barrage en enrochement vis-à-vis de l'écoulement doit être vérifiée selon 2 critères : 1 critère en H et 1 critère en q (ou en $U^2/(2g\Delta D_{n50})$ ou en ψ_r).

Régime de l'écoulement	Critère de stabilité pour les barrages en enrochement			
	Critère en $H: H/\Delta D_n$		Critère en $q: q/\sqrt{[g(\Delta D_{n50})^3]}$ autre critère: $U^2/(2g\Delta D_{n50})$ ou ψ_{cr}	
	Remarques	Valeur critique	Remarques	Valeur critique
Écoulement de type « barrage bas » $h_b/(\Delta D_{n50}) > 4$	• $(H-h_b)$ au lieu de H	Figure 5.99	• ajustement moyen (q)	Figure 5.98
	Crête anguleuse: $h_b/(\Delta D_{n50}) < 10$ $h_b/(\Delta D_{n50}) > 10$	3 2	• $U^2/(2g\Delta D_{n50})$ avec $U = q/h_0$ et h_b dans C C de l'Équation 4.132	0.7 à 1.4
	Crête: mince/épaisse arrondie très épaisse	1.5 à 2 2 2 à 3		
• ψ_{cr} (Shields)	Figure 5.32			
Écoulement intermédiaire $-1 < h_b/(\Delta D_{n50}) < 4$	• ajustement moyen (H)	Figure 5.97	• ajustement moyen (q)	Figure 5.98
	• $(H-h_b)$ au lieu de H	Figure 5.99		
Écoulement de type « barrage haut » $h_b/(\Delta D_{n50}) < -1$	• ajustement moyen (H)	Figure 5.97	• ajustement moyen (q)	Figure 5.98
	• $(H-h_b)$ au lieu de H	Figure 5.99		
	• Knauss de $q \rightarrow H$ à l'aide de l'Équation 5.85 μ des Équations 5.232 et 5.233 influence de D_{n50}/d	$1.51/\mu^{0.67} (1.49 - 1.87 \sin\alpha)^{0.67}$		
Écoulement à travers l'ouvrage $H < 0$	• Prajapati de $q \rightarrow H$ à l'aide de l'Équation 5.85	$2.78 + 0.71 h_b/(\Delta D_{n50})$	• Prajapati h au lieu de h_b talus: $\tan\alpha = 0.8$ $D_{n50}/d = 0.02$ à 0.05	$0.55 (h_b/(\Delta D_{n50}))^{0.32}$ Figure 5.101

Figure 62 : Résumé des critères de dimensionnement dans le cas des fermetures verticales (Source Rock Manual, CETMEF 2009).

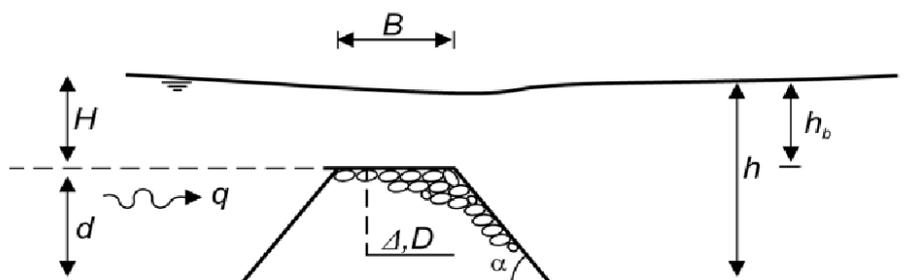
Il est à noter que ces méthodes « Rock Manual » déterminent de manière sécuritaire le diamètre moyen (D_{n50}) des enrochements en les considérant libres (sans cohésion liée au béton des enrochements bétonnés). Les formules de Knauss sont ainsi généralement retenues pour le dimensionnement des enrochements selon les 2 critères.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, les enrochements ont ainsi été dimensionnés selon les critères en H et en q par les formules de Knauss conformément au « Rock Manual » :

Masse moyenne des enrochements

Protection d'ouvrages de fermeture

Géométrie



Q=	315	Débit de crue dimensionnante (Crue de danger)	(m ³ /s)
Nam=	73.78	Niveau d'eau amont	(m NGF)
Ncr=	71.5	Niveau crête du barrage	(m NGF)
Nav=	64.66	Niveau d'eau aval	(m NGF)
H=	2.28	Charge à l'amont du seuil	(m)
hb=	-6.84	Charge à l'aval par rapport à la crête du seuil (peut être négative)	(m)

γs=	2500	Masse volumique de la roche	(kg/m ³)
γw=	1000	Masse volumique de l'eau	(kg/m ³)
Δ= γs/γw - 1	1.5	Densité relative déjaugée	

Formulation de type barrage haut (Knauss)

Données

Q=	315	Débit de crue dimensionnante (Crue de danger)	(m ³ /s)
L=	55	Largeur deversante	(m)
q=	5.73	débit linéique sur le seuil	(m ³ /s/ml)
H=	2.28	Charge à l'amont du seuil	(m)
φp=	0.6	Coefficient de densité de pose	

0.6 pour les enrochements naturels déversés

1.1 pour les enrochements appareillés placés individuellement

Pente du talus	2.5	H/	1	V
$\alpha = \beta =$	21.80	angle du talus par rapport à l'horizontale		(°)
<i>doit être entre 2/1 et 3/1</i>				
B=	6	Largeur de la crête du barrage		(m)

Résultats selon Critère en q pour Barrage Haut

Formule de Knauss - Knauss 1979

$$q / \sqrt{g(\Delta D_{n50})^3} = 1.18 + 0.5 \phi_p - 1.87 \sin \alpha$$

$$\Leftrightarrow D_{n50} = \frac{1}{\Delta} \left(\frac{1}{g} \left(\frac{q}{(1.18 + 0.5 \phi_p - 1.87 \sin(\alpha))} \right)^2 \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{n50} = 1.17 \text{ m}$$

$$M_{50} = 4014.22 \text{ kg}$$

Vérification

	Min	Max
Hb/ ΔD_{n50}		
=	-3.89	-1

Condition d'application respectée
surdimensionnement des blocs car
 $Hb/\Delta D_{n50} < -2$

Résultats selon formule de Knauss - Critère en H pour Barrage Haut

Formule Knauss

$$q = 2/3 \mu \sqrt{2/3 g H^3} \quad \text{régime dénoyé} \quad (5.85)$$

$$\mu = 0.98 \text{ Coefficient de débit}$$

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = \frac{1.51}{\mu^{0.67}} (1.49 - 1.87 \sin(\alpha))^{0.67} \Leftrightarrow D_{n50} = \frac{H}{\Delta} \frac{1}{\frac{1.51}{\mu^{0.67}} (1.49 - 1.87 \sin(\alpha))^{0.67}}$$

$$D_{n50} = 1.15 \text{ m}$$

Pour l'ouvrage des Barnières, les 2 critères en H et en q convergent vers un dimensionnement des blocs d'enrochements en $D_{n50} = 1,20 \text{ m}$.

3.2.2.8.1.2 Vérification du nombre de couches d'enrochements vis-à-vis de l'affouillement :

Le fond du lit de la fosse de dissipation sera constitué après purge, du substratum gneissique rocheux. Ainsi, la méthode de Schoklitsch pour des $d_{90} > 20$ mm a été appliquée pour l'ouvrage des Barnières :

Dimensions d'un bassin de dissipation en aval d'un déversoir	
profondeur d'affouillement potentiel	si $d_{90} < 20$ mm, formule de Veronese : $Z_d = 1,9 h^{0,225} q^{0,54}$ si $d_{90} > 20$ mm, formule de Schoklitsch : $Z_d = \frac{4,75 h^{0,2} q^{0,57}}{(d_{90})^{0,32}}$
longueur impactée par la lame d'eau (LD)	application du PFD
longueur impactée par le ressaut (L)	5 Y2

Détermination de P	
q=	5.73 m ³ /s/ml
débit unitaire du déversoir	
h=	11.5 m
hauteur de chute par rapport au miroir du bassin rempli	
<i>uniquement si $d_{90} > 20$ mm</i>	
d90=	1200 mm
Diamètre passant à 90% du matériau composant le sol	

détermination de Ld	
hchute=	14.25 m
hauteur de chute par rapport au fond du bassin , h+y0 sur le schéma	
V0=	0 m/s
vitesse initiale par rapport à l'horizontale	

Détermination de L	
h2 =	4.66 m
hauteur d'eau à l'aval	
g =	9.81 m/s ⁻¹
Accélération de la gravité (9,81 m/s ²)	

P=	2.17	m	soit :	profondeur du bassin :	2.17	mètres
Ld=	0	m		longueur du bassin :	23.30	mètres
L=	23.30	m				

Cette méthode est très sécuritaire, puisque qu'elle considère l'affouillement causé par un écoulement chutant de la hauteur du barrage sans accompagnement par un coursier. Il est à noter cependant que la profondeur d'affouillement obtenue de 2,17 m est bien inférieure à 2,40 m correspondant aux 2 couches d'enrochements prévues de Dn50 = 1,20 m. Le critère affouillement est donc bien vérifié.

Pour l'ouvrage des Barnières, 2 couches d'enrochements en Dn50 = 1,20 m devront être mises en œuvre sur l'intégralité de l'évacuateur de crue (déversoir en crête, coursier, fosse de dissipation aval).

Les études de PRO, et notamment les sondages géotechniques qui seront réalisés dans l'emprise de la fosse, permettront de préciser la localisation et la nécessité des deux couches de blocs. En effet, les terrains étant constitués de roche plus ou moins altérée, il ne sera pas nécessaire de disposer systématiquement deux couches de blocs sur les terrains rocheux sains. Ces adaptations pourraient avoir des effets positifs tant sur le plan financier que paysager.

3.2.2.8.2 Vérification vis-à-vis du risque d'érosion externe par la pluie pour les talus amont et aval et la fosse de dissipation.

Les protections en RIP/ RAP du talus amont et en enrochements bétonnés de la crête, du talus aval et de la fosse de dissipation assureront leurs protections vis-à-vis du risque d'érosion pluviale.

Si la tenue des remblais paysagers fusibles aux crues n'est pas vérifiée, ces remblais paysagers doivent être résistants vis-à-vis du risque d'érosion pluviale. La protection vis-à-vis du risque d'érosion pluviale des remblais paysagers sera assurée par la végétalisation des talus de ces remblais paysagers. Dans l'attente de la reprise végétative, la protection vis-à-vis du risque d'érosion pluviale des remblais paysagers sera assurée par un géotextile biodégradable de type coco mis en place sur les talus des remblais paysagers.

3.2.2.9 Vérification de l'absence d'impact sur la stabilité de l'autoroute A8

La rive gauche du site longe l'autoroute A8.

L'absence d'impact du projet sur la stabilité des talus rive gauche situés sous l'A8 est à confirmer : Impact sur la zone amont du projet lié à la zone d'expansion de crue, impact direct au droit de l'ouvrage des Barnières, lié à sa construction, impact sur sa zone aval lié, aux écoulements hydrauliques en crue.

- Au droit de l'ouvrage des Barnières, au vue de la géotechnique du site rencontrée lors des sondages AVP, il a été confirmé la présence d'un substratum rocheux gneissique à faible profondeur sur le talus rive gauche. La stabilité du talus rive gauche de l'autoroute ne sera donc pas menacée par les travaux de l'ouvrage des Barnières. Une vérification de la stabilité des talus rive gauche au droit de l'ouvrage a été menée dans la G2-AVP disponible dans le dossier annexe de l'AVP. Les talus sont stables.
- En amont de l'ouvrage des Barnières, les talus rive gauche de l'autoroute seront situés dans la zone d'expansion de crue. Au vue de l'inspection géotechnique menée en phase AVP :

D'après le relevé géologique, et les reconnaissances du site réalisés par le géotechnicien en charge de la G2 AVP, les talus de la future retenue sont visuellement stables :

- Les talus en rive droite et gauche sont majoritairement constitués de gneiss plus ou moins fragmentés à fracturés. Il s'agit de rocher ne présentant à priori pas de pendage défavorable.
- Aucun indice visuel permettant de localiser une probable ligne de glissement récente comme en témoigne notamment la végétation, n'a été noté. De plus les lignes topographiques de la zone concernée donnant une projection des éventuels déplacements ne présentent aucune anomalie.

Ainsi, pour confirmer de manière définitive, l'absence d'impact du projet sur la stabilité des talus rive gauche situés sous l'A8, une analyse complémentaire de la topographie, des cartes du réseau hydrographique et des plans d'ESCOTA a été menée. Au vue de la présence du substratum rocheux à faible profondeur en rive gauche, seule la présence de remblais autoroutiers mis en œuvre pour franchir des vallons est susceptible de poser des problèmes de stabilité aux talus rive gauche sous réserve, que ces remblais

autoroutiers soient situés au moins en partie sous le niveau de la ZEC (Q10 000 = 73,78m NGF) pour être soumis à des phénomènes de désaturation rapide en cas de décrue. En effet, lorsque l'autoroute est entièrement réalisée en déblais dans le substratum rocheux, la stabilité du talus rive gauche de l'autoroute ne sera pas menacée par les travaux de l'ouvrage et la constitution d'une ZEC.

Après analyse, plusieurs zones potentielles de remblais ont été identifiées au droit de traversées hydrauliques sous l'autoroute. Au regard des données disponibles, tous les exutoires des vallons sont situés au-dessus du niveau de la ZEC (Q10 000 = 73,78 m NGF) à l'exception du vallon pluvial d'Auriveastre. Il n'y a donc pas d'impact du projet sur la stabilité des talus rive gauche situés sous l'A8 dans cette zone au regard des données disponibles, à l'exception du vallon pluvial d'Auriveastre dont la mise en charge de l'ouvrage et la stabilité des talus associés devra être vérifiée en phase PRO (En attente données Escota (plans, données géotechniques, fiche ouvrage,...) suite à visite du 30/07/2019).



Figure 63 – Localisation du vallon d'Auriveastre (Source Geoportail)

- En aval de l'ouvrage des Barnières, le remblai autoroutier de la traversée hydraulique du Vallon de l'Aubro est situé en aval de la fosse de dissipation. Les vitesses seront donc proches des vitesses existantes encaissées par le remblai et cette zone ne sera pas soumise à un marnage important comme pour la ZEC en amont. L'absence d'impact du projet sur la stabilité des talus rive gauche situés sous l'A8 est confirmée dans cette zone au regard des données disponibles.

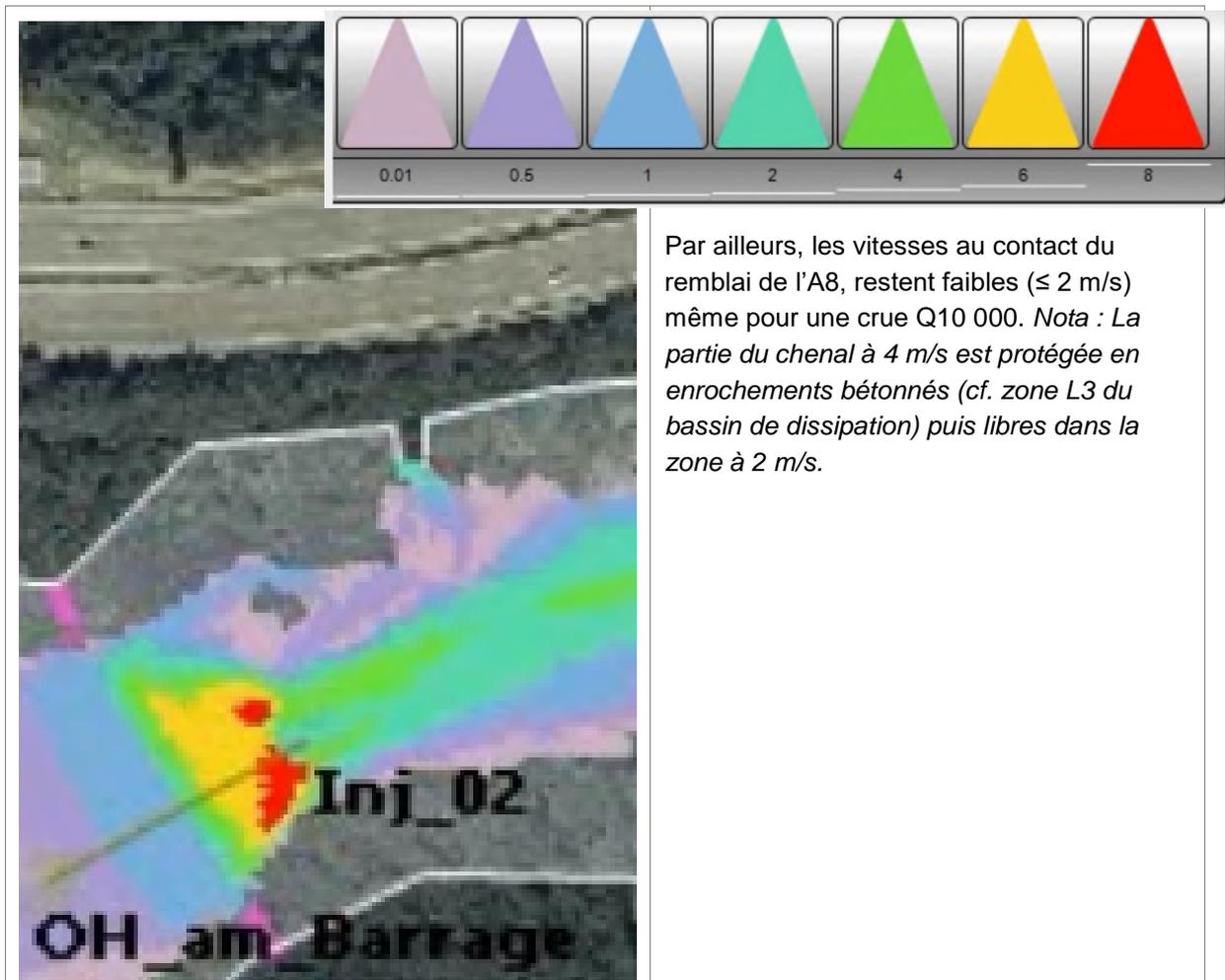


Figure 64 : Extrait carte des vitesses au droit du Vallon de l'Aubro pour la Q10 000.

3.2.2.10 Vérifications de stabilité de l'ouvrage

3.2.2.10.1 Principales hypothèses, vérifications, et justifications de l'ouvrage menées en phase G2 AVP

Les principales hypothèses qui ont été prises dans le rapport G2 AVP sont notamment :

- En l'absence d'essais de cisaillement des sols du site, des calculs de stabilité ont été réalisés, afin de définir les paramètres de cisaillement des sols (c' et φ') en supposant que les talus actuels sont stables.
- Méthode de calcul traditionnelle avec logiciel Géostab pour vérification de stabilité des talus.
- Profil de calcul situé à l'axe transversal de l'ouvrage (au point de plus grande hauteur).
- Niveau d'eau en période de crue = RN = 71,50 m NGF.
- Niveau d'eau en période de décrue ou hors crue = 60,40 m NGF.
- Analyse de stabilité hydraulique selon loi de DARCY :
 - Niveau d'eau à l'aval pris au niveau du TN : 59,30 m NGF.
 - Milieu de perméabilité homogène $k_v = k_h$.

- Ecoulement laminaire, permanent.
 - Durée de mise en charge du remblai pendant une crue : 4h
- Les vérifications et justifications qui ont été menées dans le rapport G2 AVP sont notamment :
- **Inspection visuelle des talus de la future retenue** : Visuellement stable.
 - **Risque de liquéfaction** : Risque négligeable, car fondation de l'ouvrage sur formations rocheuses après purge des sols non rocheux.
 - **Vérification des débits de fuite** : Débit négligeable.
 - **Vérification du non soulèvement dû aux sous pressions** : Stable.
 - **Vérification de la stabilité vis-à-vis du risque de boulangerie** : Stable.
 - **Vérification de la stabilité vis-à-vis du risque de renard solide** : Stable.
 - **Stabilité au grand glissement** : Stable.

Stabilité	Partie d'ouvrage	Scénarii	Résultats
Stabilité des rives existantes	Talus rive droite	Etat existant	Stable
	Talus rive gauche (A8)	Etat existant	Stable
Stabilité des rives en phase provisoire	Talus rive droite Zone inférieure	Phase provisoire	Stable
	Talus rive droite Zone supérieure	Phase provisoire	Stable
	Talus rive droite Stabilité d'ensemble	Phase provisoire	Stable
	Talus rive gauche (A8) Zone inférieure	Phase provisoire	Stable
	Talus rive gauche (A8) Zone supérieure	Phase provisoire	Stable
	Talus rive gauche (A8) Stabilité d'ensemble	Phase provisoire	Stable
Stabilité du Barrage	Stabilité des Talus amont et aval du remblai argileux	Cas 0 – Période de construction du remblai	Stable
	Stabilité du Talus aval	Cas 1 - Période de Crue	Stable
	Stabilité du Talus amont	Cas 2 Période de décrue	Stable

3.2.2.10.2 Investigations géotechniques complémentaires à mener en phase PRO

A l'issue des investigations géotechniques AVP, des aléas, incertitudes géotechniques demeurent et notamment sur :

- La perméabilité réelle de la fondation (Essais menés en phase G2 AVP non concluants) ;
- La présence éventuelle d'un horizon moins fracturé à une plus grande profondeur ;
- Les profils géophysiques P2 et P3 (non exploitables en phase G2 AVP) ;
- Le suivi du niveau de la nappe.

Afin de lever un maximum d'incertitudes et diminuer l'aléa géotechnique, des investigations géotechniques complémentaires doivent être menées en phase PRO.

Le programme des investigations complémentaires géotechniques en phase PRO proposé est défini ci-après :

Investigations G2 PRO complémentaires initiales	Investigations G2 PRO complémentaires proposées par ERG	Objectifs recherchés	Investigations G2 PRO complémentaires retenues	Commentaires
2 sondages pressiométriques de 15 m de profondeur	2 sondages pressiométriques de 15 m de profondeur	Identifier d'éventuelles anomalies et mesurer de nouvelles perméabilités	4 sondages pressiométriques de 8 m de profondeur	La profondeur d'écran d'étanchéité de 4 m est suffisante d'après la G2 AVP. Il n'est pas utile de rechercher un horizon plus profond
2 sondages carottés de 10 m de profondeur	2 sondages carottés de 10 m de profondeur		2 sondages carottés de 8 m de profondeur	
8 essais de perméabilités de type Lugeon	En fonction du degré de fracturation du rocher : Essais Lefranc ou Lugeon	Mesurer la perméabilité du sol de fondation	8 essais de perméabilités de type Lefranc	Essais Lugeon non concluants en G2 AVP
15 sondages à la pelle mécanique avec prélèvement d'échantillons	Ces sondages pourront être réalisés au droit du futur ouvrage	Identifier l'épaisseur de terrain superficiel au droit de l'ouvrage et de la fosse de dissipation	15 sondages à la pelle mécanique avec prélèvement d'échantillons	Identifier l'épaisseur de terrain superficiel au droit de l'ouvrage, dans la zone d'emprunt retenue et de la fosse de dissipation
La réalisation d'essais en laboratoires (10 GTR et 5 Proctor)	La réalisation d'essais GTR	Analyser une possible réutilisation des matériaux issus des sondages à la pelle qui seront réalisés au droit de l'ouvrage.	La réalisation d'essais en laboratoires (10 GTR et 5 Proctor)	Zone d'emprunt retenue
			Analyses en laboratoire pour définir la dureté/gélinivité de la roche	Estimer la possibilité de réemploi du rocher
			Profils géophysiques P2 et P3	Non exploitables en G2 AVP/ A refaire en G2 PRO

Les sondages G2 PRO devront permettre de compléter le profil longitudinal géologique et de quantifier plus précisément les quantités de matériaux réutilisables sur site.

3.2.2.10.3 Vérifications complémentaires à mener en phase PRO après investigations complémentaires

Les vérifications complémentaires restantes à mener en phase PRO sont rappelées ci-après. Elles devront permettre de justifier et de dimensionner la stabilité des ouvrages de protection pour l'ensemble des aléas de rupture à considérer.

<i>Mode de rupture</i>	<i>Etat</i>
Stabilité au glissement des talus	Fait au niveau G2 AVP. A Completer dans G2 PRO
Stabilité au soulèvement	Fait dans G2 AVP.
Stabilité au poinçonnement,	A faire dans G2 PRO
Évaluation des tassements et des délais de consolidation	A faire dans G2 PRO
Stabilité à l'érosion de contact	Fait au niveau G2 AVP. A Completer dans G2 PRO
Évaluation des risques de suffusion	Fait au niveau G2 AVP. A Completer dans G2 PRO
Analyse des risques d'érosion régressive	Fait au niveau G2 AVP. A Completer dans G2 PRO
Étude de la résistance à l'érosion de conduit	Fait au niveau G2 AVP. A Completer dans G2 PRO
Analyse des risques de liquéfaction sous séisme	Fait au niveau G2 AVP. A Completer dans G2 PRO
Stabilité interne et externe de l'écran d'étanchéité	A faire dans G2 PRO

Les vérifications de stabilité au glissement des talus (selon différentes combinaisons accidentelles y compris l'étude des écoulements potentiels à travers l'ouvrage) seront menées en phase G2 PRO par des modélisations aux éléments finis pour l'hydrogramme de crue de projet (adapté pour les études hydrogéomécaniques) et pour l'ensemble des cas de chargement recommandés par le CFBR (Pour les talus amont et aval de l'ouvrage, Basses eaux, Hautes eaux, en crue rapide, en décrue rapide, séisme en basses eaux...)(y compris avec les coefficients du CFBR).

3.3 Description des ouvrages annexes à réaliser

3.3.1 Rétablissement et/ ou création de voiries, pistes et accès

3.3.1.1 Piste d'accès travaux et d'exploitation :

3.3.1.1.1 Piste d'accès au site

Malgré les 2 accès au site Est et Ouest existant, identifiés au chapitre 2.2.2 Synthèse des contraintes d'accès, la contrainte d'accès au site est importante.

Solution	Critères	Avantages/ inconvénients	Avis
Accès Ouest	Contrainte « riverains » en phase travaux	Cet accès traverse une propriété privée regroupant une vingtaine de riverains domiciliés sur place (présence de boîte aux lettres). Le charroi du chantier générera des nuisances sonores, des poussières et des risques de dégradation de la piste existante. Cet accès présente des difficultés et des risques vis à vis de la contrainte « riverains » en phase travaux.	
	Accessibilité à l'ouvrage des Barnières	L'accès étant situé coté amont de l'ouvrage des Barnières, et en partie dans la zone d'expansion de crue. Cet accès ne sera pas accessible en période de crues.	
	Reprises d'ouvrages de franchissement	Cet accès comporte également un pont de franchissement du Riou de l'Argentière. Cet accès est susceptible de nécessiter la reprise de ce pont du Riou de l'Argentière (Les restrictions de circulation (tonnage) sur le pont du Riou de l'Argentière situé à l'entrée du centre équestre sont à ce jour inconnues et à investiguer si et seulement si cet accès est retenu).	
	Reprises du gabarit	Cet accès comporte également des passages étroits ne permettant pas de croisements de camions et deux virages serrés. Cet accès nécessitera l'aménagement d'aires de croisement et l'élargissement de certains virages.	
	Renforcement de la structure	Cet accès non revêtu (GNT/ terre) nécessitera un renforcement lourd de la piste existante en phase travaux et une remise état après travaux.	
	Impact paysager	Linéaire similaire (~3km) entre les 2 solutions et impact similaire sur le paysage entre les 2 accès.	
	Impact sur l'environnement	Linéaire similaire (~3km) entre les 2 solutions et impact similaire sur l'environnement entre les 2 accès.	
Accès Est	Contrainte « riverains » en phase travaux	Cet accès traverse des propriétés privées boisées ou en friches (aucun riverain ne semble domicilié sur place (absence de boîte aux lettres) en dehors du bâti situé en fond de vallée à proximité du fuseau de projet). Le charroi du chantier générera également des nuisances sonores, des poussières et des risques de dégradation de la piste existante. Cet accès présente peu de difficultés et de risques vis à vis de la contrainte « riverains » en phase travaux.	
	Accessibilité à l'ouvrage des Barnières	L'accès étant situé coté aval de l'ouvrage des Barnières, et hors de la zone d'expansion de crue. Cet accès sera accessible jusqu'à des crues déversantes (Q = 150 m3/s) supérieures à la centennale (Q100 ⇔ 121 m3/s aux Barnières).	
	Reprises d'ouvrages de franchissement	Cet accès comporte deux franchissements d'affluents du Riou de l'Argentière et un pont de franchissement du Riou de l'Argentière. Cet accès nécessitera la reprise du franchissement busé pour l'affluent du Petit St-Jean-de-l'Esterel. Cet accès est susceptible de nécessiter la reprise d'un franchissement par passage à gué pour un affluent situé à proximité immédiate du pont de franchissement du Riou de l'Argentière. Au vue de la circulation de camions 6x4 observée sur le pont du Riou de l'Argentière, ce pont ne devrait finalement nécessiter qu'une reprise des protections des culées et des garde-corps. Par ailleurs, comme indiqué au chapitre 5.3.5 Traversée du Riou de l'Argentière, Batardeaux et dérivation du Riou de l'Argentière :, pour le chantier, une traversée du Riou de l'Argentière via le batardeaux aval (qui sera donc circulaire en crête) est envisagée afin de donner aux entreprises de travaux une alternative au passage sur le pont pour traverser le Riou de l'Argentière.	
	Reprises du gabarit	Cet accès comporte des passages en mauvais état (ornières et un tronçon raviné par un vallon pluvial). Au vu des dernières reprises réalisées et de la circulation de camions 6x4 observée sur site, cet accès ne devrait finalement pas nécessiter de modification de gabarit.	
	Renforcement de la structure	Au vu des dernières reprises réalisées en 2019, cet accès non revêtu (GNT/ terre) nécessitera un renforcement léger de la piste existante (cloutage) en phase travaux et une remise état après travaux	
	Impact paysager	Linéaire similaire (~3km) entre les 2 solutions et impact similaire sur le paysage entre les 2 accès.	
	Impact sur l'environnement	Linéaire similaire (~3km) entre les 2 solutions et impact similaire sur l'environnement entre les 2 accès.	

Au regard de l'analyse multicritère ci-avant, l'accès au site via la piste existante Est a été retenu, principalement à cause des contraintes « riverains », et d'accessibilité après travaux de l'ouvrage.

Après travaux, cet accès sera utilisé comme accès d'entretien, d'exploitation et de surveillance de l'ouvrage.

3.3.1.1.2 Pistes d'accès de l'ouvrage.

Comme identifiés au chapitre 2.2.2 Synthèse des contraintes d'accès, 2 pistes existantes sont implantées sur l'emprise de l'ouvrage des Barnières :

Toutes les 2 sont desservies par la piste d'accès Est via le Pas de la Mule sur la RD 7. Cette dernière est classée comme piste DFCI, mais n'est pas cadastrée. Les propriétaires devant l'emprunter pour accéder à leurs parcelles situées aux Barnières ou au nord de l'A8 bénéficient de servitude de passage. Le Maître d'ouvrage devra obtenir une servitude de passage pour pouvoir utiliser ces pistes en phase travaux et en phase d'exploitation.

- **Une piste existante en rive droite du Riou de l'Argentière** : Elle est utilisée comme accès principal pour un riverain à un près d'élevage de chevaux (Parcelle CR512).

Cet accès devra être rétabli en fin de travaux pour maintenir l'accès DFCI et pour maintenir l'accès à la zone d'élevage de chevaux, si l'activité est maintenue après travaux.

Comme illustré sur la figure ci-après, plusieurs solutions sont envisageables pour rétablir cet accès après travaux :

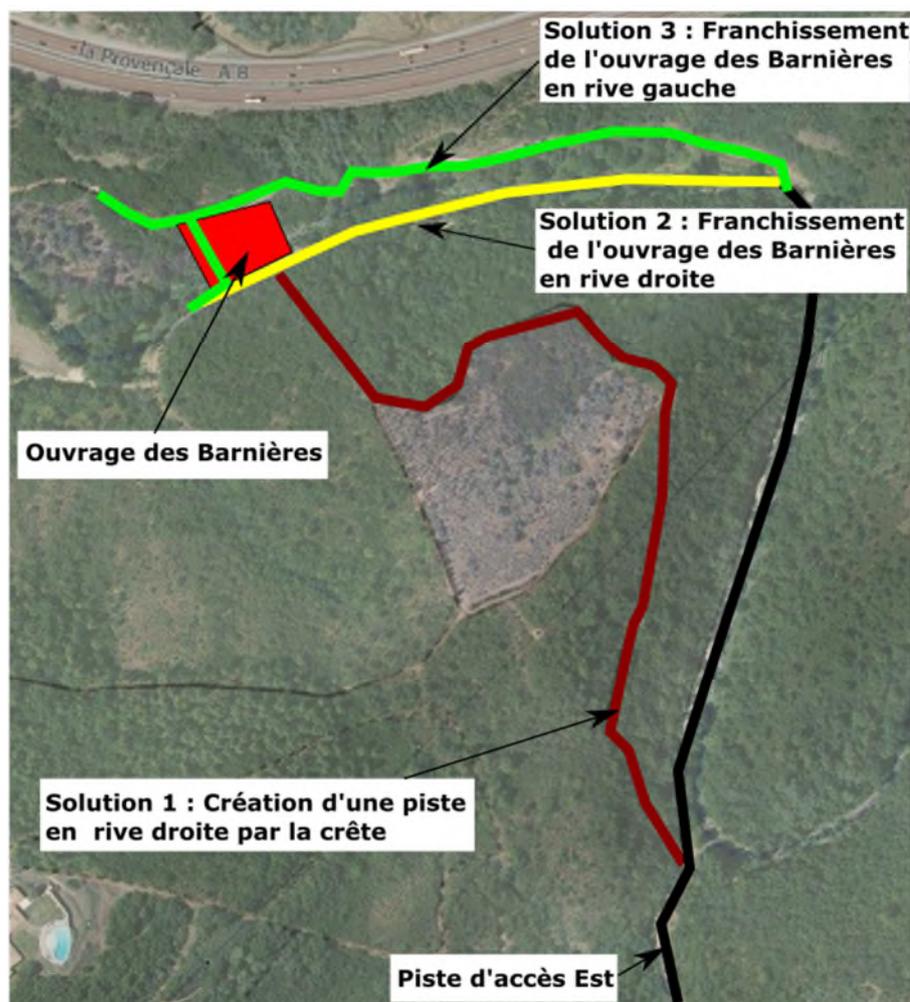


Figure 65 : Principe des solutions de pistes étudiées

- Solution 1 : Créer une piste en rive droite permettant d'accéder au sommet contournant "l'oppidum" surplombant le site des Barnières. **Cette solution a été abandonnée, car elle générerait :**
 - **un impact sur l'environnement et le paysage important** (lié aux déboisements et à la destruction d'habitats nécessaires à travers la forêt existante)
 - **des pentes de piste trop raide** (largement supérieure à 30%) et **des coûts non raisonnables de terrassements en déblais rocheux**, du fait de la topographie du site en rive droite, qui présente des talus très raides avec rochers affleurants.
- Solution 2 – Franchissement de l'ouvrage des Barnières en rive droite : Franchissement du barrage en rive droite dans le prolongement de la piste rive droite existante.

La topographie existante met en évidence une piste en rive droite très basse (~64,5 m NGF) par rapport à la crête de l'ouvrage des Barnières à franchir (74,25 m NGF). Soit une hauteur de franchissement d'environ 10 m. Pour une pente de piste de 15%, cela générerait deux rampes de franchissement amont / aval d'environ 67 m. Pour ne pas diminuer la section hydraulique existante en aval de l'ouvrage des Barnières, et au vue des talus très raides à roches affleurantes en rive droite, les rampes amont/ aval ne pourront être réalisées en remblais et nécessiteront d'être créées dans le rocher. Il en résulte une section de déblais en terrain rocheux moyenne de 22 m², soit un coût important pour les rampes amont/aval de l'ordre de 90 000 € H.T (hors revêtement). De plus, la réalisation de ces rampes aurait augmenté les emprises du projet et généré des impacts supplémentaires sur le paysage et l'environnement. **Cette solution a donc été abandonnée au profit d'un unique franchissement en rive gauche, qui bénéficie lui d'une topographie moins contraignante, notamment coté amont (avec une piste amont existante en rive gauche à ~ 71 m NGF et une piste aval existante en rive gauche à environ 67 m NGF).**

- Solution 3 – Franchissement de l'ouvrage des Barnières en rive gauche (cf. figure de principe ci-après) :
 - Utilisation du pont du Riou de l'Argentière en aval du barrage pour passer en rive gauche ;
 - Compte tenu de la topographie non adaptée (très raide et nécessitant d'important déblais), d'impacts sur le paysage et l'environnement supplémentaires, et de la présence de l'ouvrage de traversée de l'A8, un calage de la piste rive gauche passant par-dessus l'ouvrage de transparence hydraulique de l'autoroute du Vallon de l'Aubro a été étudié lors des études AVP, mais n'a pas été retenu pour la solution finale de l'AVP. **Il a été finalement retenu dans l'AVP, un franchissement de l'ouvrage en rive gauche dans le prolongement de la piste rive gauche existante, qui sera reprise notamment en amont de la confluence du vallon de l'Aubro, suivant un tracé similaire à l'existant.** Il permet de minimiser les impacts sur l'environnement et le paysage par rapport à la situation avant travaux.

- franchissement du Riou de l'Argentière pour repasser en rive droite en amont de l'ouvrage, par une piste à tiers-talus sur le parement amont de l'ouvrage.

La solution n°3 « Franchissement de l'ouvrage des Barnières en rive gauche » a été retenue pour les raisons ci-après :

- Elle permet de réaliser un seul franchissement en rive gauche plus économique du fait de la topographie du site moins contrainte en rive gauche.
- La création d'une piste à tiers talus sur le parement amont répond également à une logique d'entretien du pertuis de fond (cf. chapitre 3.2.1.4.2 Choix du pertuis de fond). Il sera donc préféré cette solution de piste à tiers-talus à un éventuel passage à gué qui aurait pu être mis en œuvre mais avec un impact environnemental plus fort. (Le détail du calage de la piste à tiers talus est présenté au chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

La Solution 3 – Franchissement de l'ouvrage des Barnières en rive gauche a donc été retenue. Elle sera complétée par les dispositions ci-après :

- **La piste aval en rive droite existante sera conservée et renforcée** (cloutage de la piste jusqu'au pont aval du Riou de l'Argentière), **et une aire de retournement à l'interface avec la fosse de dissipation sera aménagée**, afin de maintenir un accès DFCl et d'entretien à la fosse de dissipation.
- **Une piste complémentaire d'accès au pied du pertuis depuis la piste amont en rive gauche sera aménagée**, afin de faciliter les opérations d'entretien du pertuis.
- **Une piste complémentaire d'accès à la crête déversante, depuis la piste amont en rive gauche sera aménagée**, afin de faciliter les opérations d'entretien du déversoir. Aucune aire de retournement ne sera prévue en extrémité rive droite du déversoir afin de ne pas impacter la zone de l'ancrage pour y implanter une aire de retournement couteuse en terme de déblais rocheux et peu utilisée en fréquence.

Une co-activité en phase travaux avec le riverain de la parcelle CR512 n'est plus à prévoir, depuis la confirmation par le MOA de l'acquisition à l'amiable de cette parcelle.

Des figures de principe des pistes d'accès en phase travaux et d'exploitation sont présentées ci-après.

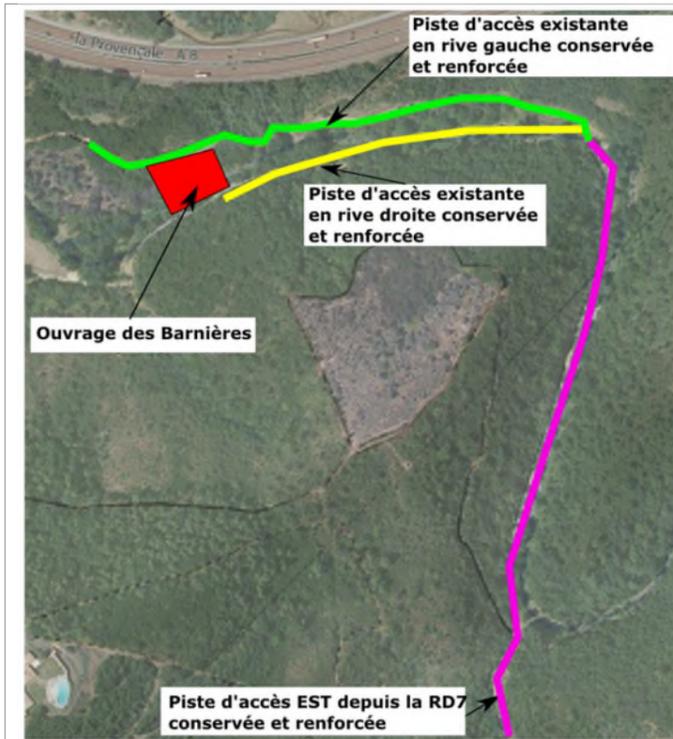


Figure 66 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase Travaux

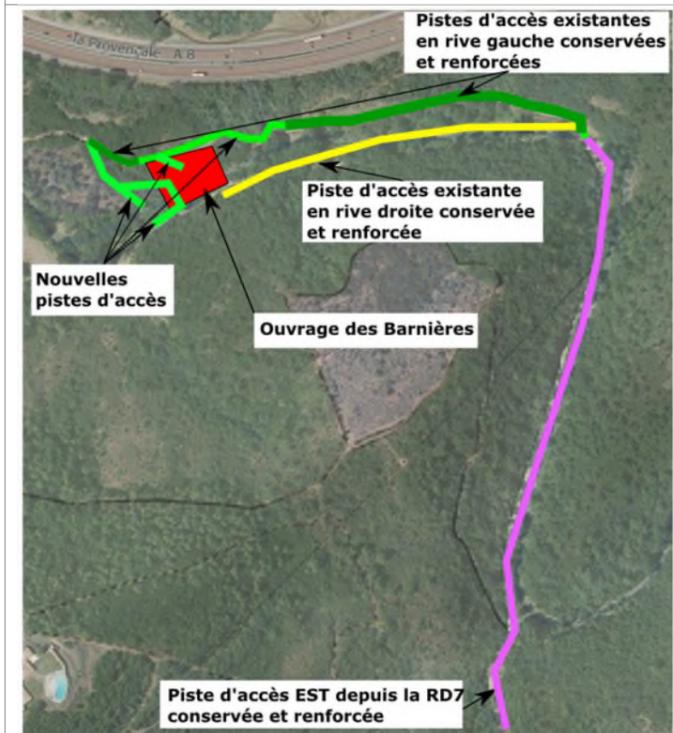


Figure 67 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase d'exploitation

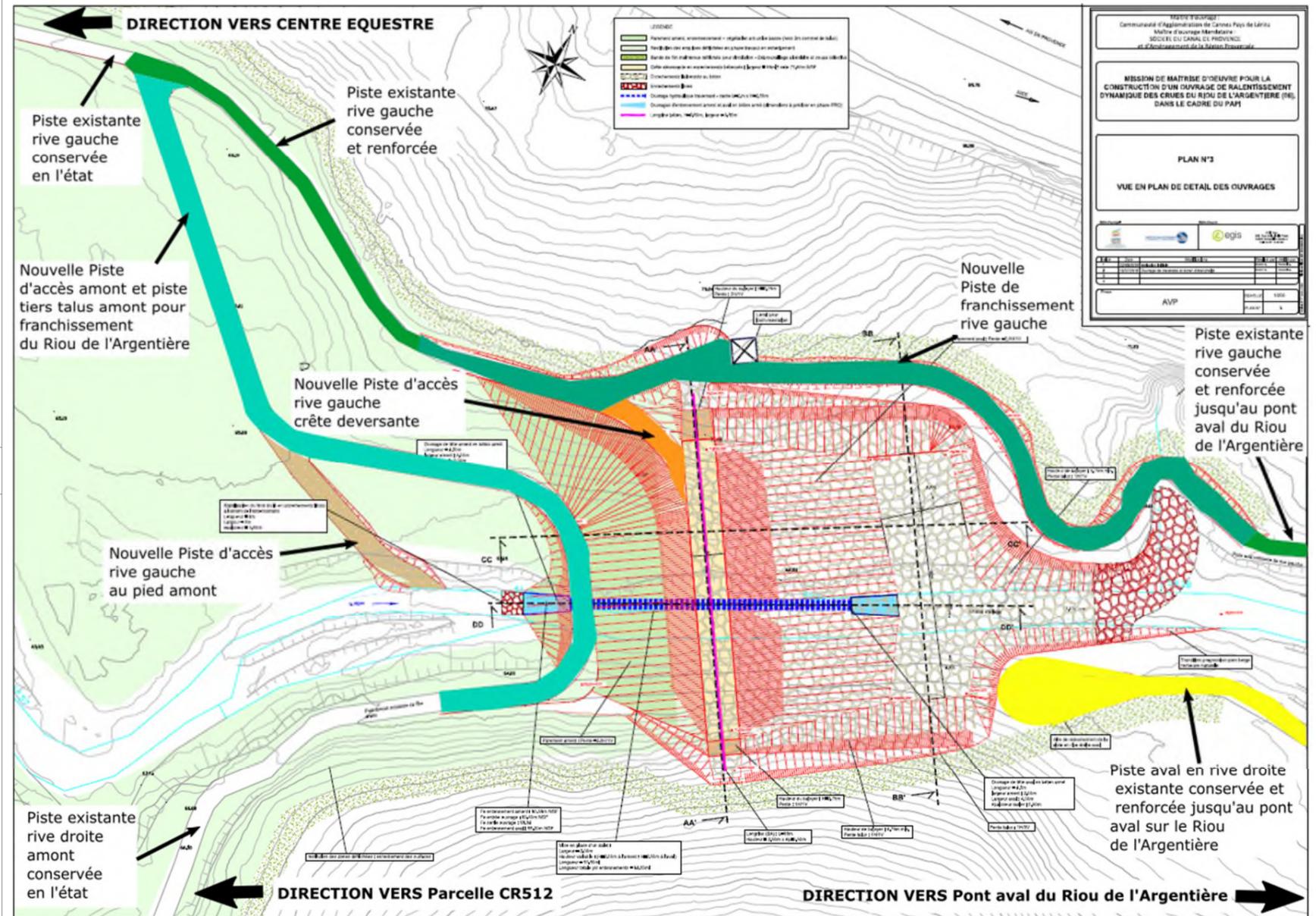


Figure 68 – Schéma de principe des pistes d'accès en phase d'exploitation (Zoom sur l'ouvrage des Barnières)

- **Une piste existante en rive gauche du Riou de l'Argentière en amont de l'ouvrage de traversée de l'autoroute** : Du centre équestre à l'ouvrage de traversée de l'autoroute, cette piste ne paraît pas avoir d'existence au cadastre et n'est pas utilisée comme accès principal au centre équestre des Barnières.
Au vu de la solution retenue ci-avant pour le franchissement de la piste rive droite existante, la piste existante en rive gauche sera bien rétablie après travaux par un franchissement de l'ouvrage des Barnières. Cet accès sera fermé au public pendant les travaux et permettra uniquement la circulation pour les travaux. (cf. chapitre 5 Phasage et calendrier des travaux).
- **Une piste existante en rive gauche du Riou de l'Argentière en aval de l'ouvrage de traversée de l'autoroute** : Même si elle n'est pas cadastrée, la piste existante en rive gauche du Riou de l'Argentière, de l'ouvrage de traversée de l'autoroute à la RD7, y compris l'accès par l'ouvrage de franchissement de l'autoroute, est répertoriée comme piste DFCI. Cet accès devra être rétabli en fin de travaux, même si celui-ci semble être peu utilisé. Selon le phasage des travaux, l'implantation de l'ouvrage et les échanges avec le SDIS en phase PRO, cet accès sera maintenu ou interrompu pendant les travaux (notamment la traversée sous l'autoroute) (cf. chapitre 5 Phasage et calendrier des travaux). Cet accès ne pourra être interrompu que ponctuellement puisqu'il permet la circulation vers le domaine de Barbossi.

3.3.2 Rétablissement et/ ou création de réseaux

3.3.2.1 Réseaux secs

3.3.2.1.1 Maintien de ligne telecom existante

Seul le réseau télécom aérien situé en bordure de piste rive gauche sur site interfère avec l'ouvrage et doit faire l'objet de dévoiement pour assurer son maintien et rétablissement après travaux. Un dévoiement de ce réseau permettant de franchir l'ouvrage des Barnières est donc à réaliser. Plusieurs solutions sont envisageables :

- **Solution n°1 – Dépose et abandon du réseau aérien du poteau situé en rive droite sur la parcelle CR512 à proximité des 2 Bâtis, jusqu'au poteau situé à proximité du pont aval du Riou de l'Argentière, rive droite** : Suite à une enquête de terrain, ce réseau semble appartenir à Orange. En phase PRO, un rapprochement avec Orange devra être réalisé afin de vérifier le nombre de riverains desservis par cette ligne. Car en cas de non maintien des activités en rive droite, il se pourrait que cette ligne télécom puisse être abandonnée. Dans ce cas, une simple dépose du réseau sera à réaliser.
- **Solution n°2 : Pose d'un nouveau réseau télécom en souterrain sous pistes**. Le nouveau réseau sera mis en œuvre sous la piste existante aval rive gauche du poteau du pont du Riou de l'Argentière aval jusqu'à la nouvelle piste aval rive gauche, puis sous les nouvelles pistes (piste rive gauche aval, piste rive gauche amont, piste rive droite amont). La traversée de l'ouvrage des Barnières fera l'objet de dispositions spécifiques qui seront définies en phase PRO (cheminement du réseau dans le remblai paysager amont). Enfin, de la nouvelle piste amont rive droite, jusqu'au poteau situé en rive droite sur la parcelle CR512 à proximité des 2 Bâtis. Cette solution permet de minimiser les interfaces avec les parties structurales de l'ouvrage des Barnières.

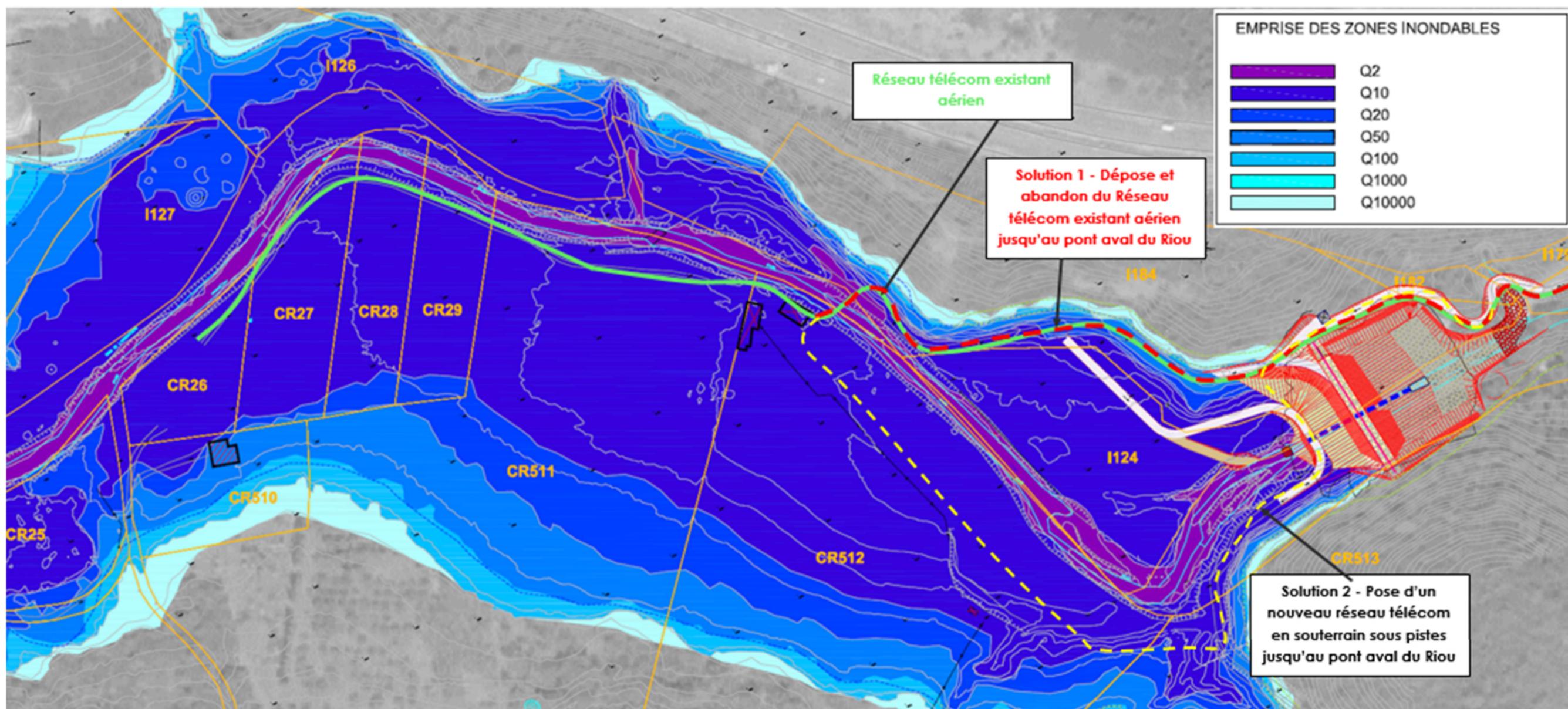


Figure 69 – Plan de principe de dévoiement du réseau télécom aérien existant sur fond de plan n°2 de l'AVP

3.3.2.1.2 Liaison télécom pour instrumentation

Une télégestion via une station d'acquisition et de télétransmission reliée à un système de supervision via des vecteurs de communication (type SOFFREL ou équivalent) sera mise en place par GSM. Pas de création d'une nouvelle ligne physique télécom.

3.3.2.1.3 Alimentation électrique de l'instrumentation

Un local d'instrumentation est prévu en rive gauche du barrage. Il est nécessaire de prévoir une alimentation en électricité de ce local pour alimenter les armoires de commande et de télétransmission nécessaires à l'enregistrement des données d'auscultation de l'ouvrage des Barnières.

Plusieurs solutions sont envisageables :

- **Solution n°1 – Mise en place d'un dispositif d'alimentation autonome par panneaux solaires (et batteries) ou batteries seules.** Cette solution est la meilleure puisqu'elle minimise les longueurs de réseaux interférant avec l'ouvrage et les linéaires de réseaux à poser au vue du peu d'équipement à alimenter. Le bilan de puissance qui sera établi en phase PRO devra confirmer que les panneaux solaires ou batteries à mettre en place sont bien de tailles raisonnables et permettent une autonomie raisonnable. **Cette solution est retenue comme solution préférentielle.**
- **Solution n°2 : Pose d'un réseau BT aérien depuis le centre Equestres des Barnières.** Ce réseau sera posé en aérien depuis le centre Equestres des Barnières jusqu'au pied de l'ouvrage des Barnières, La traversée de l'ouvrage des Barnières fera l'objet de dispositions spécifiques qui seront définies en phase PRO. Cette solution est plus économique que la solution n°3, mais génère un impact sur le paysage plus important et pose des problèmes vis-à-vis de l'implantation de ces réseaux dans la zone d'expansion de crue (risque de déstabilisation des poteaux en cas de crue, de coupure de la ligne, de création d'embâcles). **Cette solution a donc été abandonnée.**
- **Solution n°3 : Pose d'un réseau BT souterrain depuis le centre Equestres des Barnières.** Ce réseau sera posé en souterrain depuis le centre Equestres des Barnières jusqu'au pied de l'ouvrage des Barnières, La traversée de l'ouvrage des Barnières fera l'objet de dispositions spécifiques qui seront définies en phase PRO. Cette solution est la moins économique. **Cette solution est donc conservée en solution de secours de la solution n°1.**

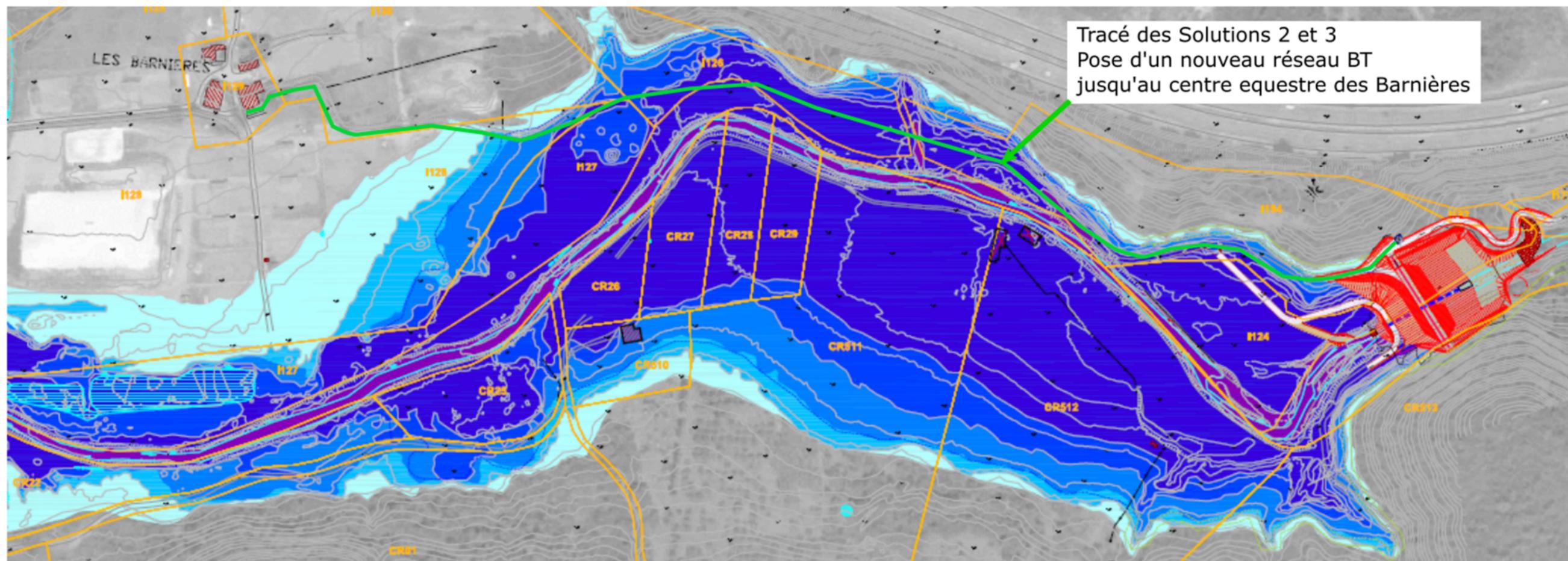


Figure 70 – Plan de principe de la solution 3 sur fond de plan n°2 de l'AVP

3.3.2.2 Réseaux humides

Il n'y a pas de réseaux humides identifiés interférant avec l'ouvrage des Barnières (hormis le pertuis de fond, qui fait l'objet du chapitre 3.2.1.4.2 Choix du pertuis de fond).

3.3.2.3 Gestion du pluvial

Les pistes auront un devers de 2%, vers le Riou de l'Argentière, afin de ne pas concentrer les écoulements. Les écoulements pluviaux naturels et issus des pistes rejoindront l'ouvrage des Barnières, qui est protégé contre les écoulements pluviaux soit par une carapace en enrochements bétonnés (crête et zone aval), soit par des talus végétalisés et protégés par un géotextile biodégradable de type coco prévu à cet effet (zone amont).

3.4 Synthèse des caractéristiques de l'ouvrage à réaliser

Les caractéristiques principales de l'ouvrage des Barnières retenues sont rappelées dans le tableau ci-après :

	Données	Valeurs
Ouvrage	Hauteur (m)	14.30
	Longueur (m)	65
	Largeur en crête (m)	6
	Pente des talus amont/ aval	2,5H/1V
	Volume de la retenue pour la RN (Mm3)	0.39
	Surface de la Zone d'expansion de Crue pour la RN (m ²)	125 800
	Classe de Barrage	C
Crue de Protection Q50	Débit de la crue (m3/s)	92
	Période de retour de la crue (ans)	50
	Cote de la crête du déversoir (m NGF)	71.5
	Cote de la RN (m NGF)	71.5
	Débit déversant sur le déversoir (m3/s)	0
	Hauteur d'eau de lame déversante sur seuil (m)	0
	Largeur du déversoir (m)	55
Crue de Projet Q1000	Débit de la crue (m3/s)	231
	Période de retour de la crue (ans)	1000
	Cote des PHE (m NGF)	73.38
	Hauteur d'eau de lame déversante sur seuil (m) (hypothèse pertuis bouché totalement)	1.88
Crue de danger Q10 000	Débit de la crue (m3/s)	315
	Période de retour de la crue (ans)	10 000
	Cote de crue de danger (m NGF)	73.78
	Hauteur d'eau de lame déversante sur seuil (m) (hypothèse pertuis bouché totalement)	2.28
Vent 1000 ans RN+R1	Hd vague (m)	0.75
	Cote NGF	72.52
Vent 50 ans PHE+R2	Hd vague (m)	0.62
	Cote NGF	74.23
Cote de crête de l'ouvrage retenue (hors déversoir) (m NGF)		74.25
Revanche finale par rapport à PHE retenue (m)		0.87
Cote de crête minimum du remblai argileux de l'ouvrage retenue (hors déversoir) (m NGF) (remplacée par longrine béton)		73.85

	Données	Valeurs
Ouvrage en remblais zonés	Etanchéité de l'ouvrage	Un remblai argileux amont et central
	Stabilité de l'ouvrage.	Une recharge aval en matériaux issus du site
	Filtration et drainage de l'ouvrage aux interfaces remblais argileux/ recharge aval et fondation/ recharge aval.	Un filtre drain aval
	Protection du parement amont aux vagues et à l'érosion.	2 couches de Rip/rap d50 = 30cm
	Protection du parement aval à la surverse, à l'affouillement et à l'érosion	Cf. Evacuateur de crue ci-après
	Intégration paysagère parement amont	Un remblai paysager enherbé
	Traitement de la fondation	Purge du Terrain Naturel et ancrage dans rocher de 1 m de profondeur Barrière anti-migration de type calfatage des fissures, régularisation du fond de fouille au béton sur le substratum rocheux, sur toute la surface en contact avec le remblai argileux amont et central, Ecran d'étanchéité : Solution de base type tranchée bétonnée ancrée de 4 m dans la fondation. Variantes type tranchée bétonnée ou clé d'étanchéité en matériaux argileux ancrée de 2m ou 4 m dans la fondation.
Dispositif d'auscultation	Capteur de niveau d'eau de la retenue amont	Mesure automatique
	Echelle limnimétrique	Mesure manuelle
	Cellules de pression interstitielles	Mesure automatique
	Piézomètres à tube ouvert	Mesure manuelle
	Capteur de niveau automatique sur piézomètres	Mesure automatique
	Bornes topographiques d'auscultation	Mesure manuelle

	Données	Valeurs
Evacuateur de crue	En crête du barrage	Déversoir
	Sur le talus aval du barrage	Coursier
	En aval du coursier	Fosse de dissipation
	Nature des parements	2 couches d'enrochements bétonnés Dn50 = 1,20m
Déversoir	Type de seuil	Déversant libre
	Tracé	Axe du barrage
	Cote de la crête déversante	71,5 m NGF
	Largeur du déversoir	55 m
	Hauteur des Bajoyers en crête	2,75 m
	Fruit maximum des Bajoyers	1H/1V
Coursier	Tracé	Axe du barrage
	Largeur amont en crête	55 m
	Largeur aval en pied	45 m
	Pente des talus	2,5H/1V
	Hauteur des Bajoyers en crête et 3 m en aval	2,75 m
	Hauteur des Bajoyers en section courante	1,5 m
	Fruit maximum des Bajoyers	1H/1V
Fosse de Dissipation	Largeur (m)	45 m
	L1 = Longueur zone dissipative	15 m
	P = Profondeur / TN du f.e Riou de l'Argentière	0 m
	h4 = Hauteur des Bajoyers	4,75 m
	Fruit maximum des Bajoyers	1H/1V
	L2 = Longueur de pelle	0 m
	L3 = Longueur zone de transition/ raccordement	13 m
	Raccordement sur L3	Le plus doux possible et adapté à la forme de la vallée
	Chenal de fond d'étiage	~4 m de largeur Raccordement au Riou de l'Argentière sans contrepente
Dispositifs de sécurité complémentaires	Dispositif contre les sous-pressions	Tubes éjecteurs, drains, barbacanes au travers des enrochements bétonnés
	Dispositifs anti-contournement	Un parafouille aval au droit du pied du coursier

	Données	Valeurs
Pertuis de Fond	Coté amont	Ouvrage de tête amont
	Traversée du barrage	Ouvrage hydraulique traversant
	Coté aval	Ouvrage de tête aval
	Ecoulement à surface libre jusqu'à	Q2 = 12 m ³ /s Niveau de la retenue = 63,85 m NGF
	Cunette d'étiage en béton sur radier	Dévers de 2% vers l'axe du radier
	Dispositif de continuité piscicole	Macrorugosités sur radier béton
Ouvrage hydraulique traversant	Type	Cadre en béton armé
	Epaisseur du Radier :	80 cm
	Epaisseur des 2 voiles :	40 cm
	Epaisseur de la dalle :	50 cm
	Section hydraulique de contrôle amont Hauteur x Largeur :	2 m x 2 m
	Section hydraulique courante Hauteur x Largeur :	2,5 m x 2 m
	Longueur :	51,5 m
	Niveau fil d'eau amont :	60.40 m NGF
	Niveau fil d'eau aval :	59.38 m NGF
	Pente	2%
Dispositifs anti-renard :	Brides anti renard en béton (à dimensionner en PRO) Parafouilles de type bêche en béton armé amont/aval (1m x 30 cm)	
Dispositifs anti-tassement :	Fondation sur substratum rocheux, et Joints Waterstop	
Ouvrages de tête amont/ aval	Type :	Ouvrage de tête en béton
	Epaisseur du Radier et des 2 voiles :	50 cm
	Pentes des arases supérieures des bajoyers :	Pentes des parements amont et aval du barrage
	Parafouilles de type bêche en béton armé amont/ aval	1m x 30 cm
Ouvrage de tête amont	Largeur Section Amont/ Aval	4 m (= Largeur du Riou de l'Argentière) / 2 m
	Longueur :	8.40 m
	Niveau fil d'eau amont :	60.56 m NGF
	Niveau fil d'eau aval :	60,40 m NGF
	Pente	2%
	Dégrilleur anti-flottant	Grille sur pertuis amont suivant la pente des bajoyers et du barrage
	Limitation du risque d'embâcles	Plan de gestion de la ripisylve en amont du barrage
	Option limitation du risque d'embâcles	Piège à embâcles artificiel de type rideau de micropieux
Ouvrage de tête aval	Largeur Section Amont/ Aval	2 m / 4 m
	Longueur :	8.60 m
	Niveau fil d'eau amont :	59.38 m NGF
	Niveau fil d'eau aval :	59.20 m NGF
	Pente	2%

	Données	Valeurs
Mesures d'intégrations paysagères	Mesures d'Evitement :	
	Mesure paysagère d'Evitement n°1 (PE1) :	Choix du site d'implantation de l'ouvrage
	Mesure paysagère d'Evitement n°2 (PE2) :	Redéfinition des caractéristiques du projet : - Maintien du paysage agricole au niveau de la future zone d'expansion de crue (hors zone de base vie et zone d'emprunt) - Modification de l'emplacement de la base de vie sur une ancienne parcelle cultivée présentant des espèces invasives et préservation des chênes en périphérie. - Modification de l'emplacement de la zone d'emprunt sur une parcelle agricole plane, à proximité amont du chantier, en rive droite du Riou de l'Argentière. Franchissement du Riou de l'Argentière via un passage à gué busé provisoire au droit de cette zone. - Préservation des boisements/ haies en périphérie de la zone d'emprunts (Terrassements sur la zone d'emprunt en recul de 5m des par rapport aux haies existantes, afin de préserver leur système racinaire et leur pérennité). - Suppression de la piste d'accès direct à l'ouvrage depuis l'A8. - Pas d'élargissement de la piste DFCI existante d'accès au chantier depuis la DN7 (au lieu-dit Le Pas des Mules). - Suppression de l'ouvrage anti embâcles.
	Mesures de Réduction :	
	Mesure paysagère de Réduction (PR1) :	Limitation / adaptation des pistes du projet : 1. Simplification et fusion des pistes d'accès à l'amont du futur ouvrage et terrassements minimisés. 2. Réduction au maximum de la largeur des pistes circulables définitives.
	Mesure paysagère de Réduction (PR2) :	Limitation / adaptation des enrochements du projet : Diminution au strict nécessaire des enrochements en rive droite et en radier en extrémité aval de la fosse de dissipation
	Mesure paysagère de Réduction (PR3) :	Autres : Réduction de l'impact paysager du pertuis de l'ouvrage : Allongement du cadre de rétablissement du Riou de l'Argentière
	Mesure paysagère de Réduction (PR4) :	Autres : Réduction de l'impact paysager du Local d'instrumentation Optimisation du Local d'instrumentation en rive gauche, en bordure de la piste
	Mesures d'accompagnement :	
	Mesure paysagère d'Accompagnement n°1 (PA1) :	Mesures d'insertion paysagères sur zones arborées : 1. Mise en défens de la ripisylve, des beaux aulnes et des chênes autour de la base de vie à préserver au moyen de ganivelles et "rubalise". 2. Elagage et rehausse éventuelle des houppiers d'arbres conservés, repérés par l'écologue et par la paysagiste, et réalisation des travaux par une entreprise forestière qualifiée
Mesure paysagère d'Accompagnement n°2 (PA2) :	Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en terre : 1. Récolte de graines d'essences de maquis au nord du cours d'eau, avant débroussaillage des emprises du chantier et mélange aux terres de décapage pour un	

	<p>réensemencement naturel des secteurs à renappés en terre</p> <p>2. Gestion des terres végétales 'décapage, tri, criblage et optimisation de l'utilisation des terres végétales du site.</p> <p>3. Nappage en terre, enrichie en graines locales, pour revégétalisation du parement amont.</p> <p>4. Remise en état de la base de vie de chantier (reprofilage de la parcelle selon état initial et renappage en terre et enherbement).</p> <p>5. Remise en état de la zone d'emprunt (reprofilage de la parcelle selon état initial et renappage en terre et enherbement).</p>
Mesure paysagère d'Accompagnement n°3 (PA3) :	<p>Mesures d'insertion paysagères des pistes :</p> <p>1. Insertion paysagère des pistes d'accès existantes (enherbement des accotements)</p> <p>2. Insertion paysagère des pistes d'accès projet (Optimisation paysagère des pistes à faible pente (zone amont) par enherbement)</p> <p>3. Suppression du réseau aérien télécom existant à l'occasion de la création des pistes.</p>
Mesure paysagère d'Accompagnement n°4 (PA4) :	<p>Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en enrochements :</p> <p>1. Choix de blocs de roche locale (texture et couleur) de 1m minimum (surface vue) pour le parement et la fosse de dissipation aval (carrière Les Grands Caous ou La Môle)</p> <p>2. Contraintes paysagères de pose et finitions des enrochements (Positionnement des enrochements avec soin, bloc par bloc, à la pelle mécanique, de façon à constituer une surface plane et un appareil avec des joints non noyés dans le béton. Réalisation d'une planche d'essai pour validation)</p>
Mesure paysagère d'Accompagnement n°5 (PA5) :	<p>Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en béton : Béton teinté de couleur proche des enrochements, ou "béton de site" (avec granulats locaux), notamment pour ouvrage de tête du pertuis.</p>
Mesure paysagère d'Accompagnement n°6 (PA6) :	<p>Mesures d'insertion paysagère en phase d'exploitation :</p> <p>1. Débroussaillage obligatoire, pratiqué sous forme alvéolaire le long des pistes et de l'ouvrage, en transition avec le milieu naturel des versants, et en évitant un effet rectiligne et artificiel</p> <p>2. Abattage sélectif, au cas par cas, dans la zone d'expansion de crue.</p>
Mesures compensatoires paysagères :	(en coordination avec les mesures environnementales)
Mesure compensatoire n°1 (C1) :	Réhabilitation et gestion conservatoire du Domaine des Barrières

	Données	Valeurs	
	Mesures d'Evitement		
	Mesure d'Evitement 1 (E1) :	Redéfinition des caractéristiques du projet	
	Mesure d'Evitement 2 (E2)	Dispositif de franchissement piscicole	
	Mesures de Réduction		
	Mesure de réduction 1 (R1) :	Balisage préventif / mise en défens	
	Mesure de réduction 2 (R2) :	Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales de chantier	
	Mesure de réduction 3 (R3) :	Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes	
	Mesure de réduction 4 (R4) :	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou leur installation – défavorabilisation par débroussaillage respectueux	
	Mesure de réduction 5 (R5) :	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – barrières anti-intrusion	
	Mesure de réduction 6 (R6) :	Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – abattage spécifique d'arbres à cavités	
	Mesure de réduction 7 (R7) :	Récupération et transfert d'une partie du milieu naturel – Tri des terres végétales	
Mesures environnementales	Mesure de réduction 8 (R8) :	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Tortue d'Hermann	
	Mesure de réduction 9 (R9) :	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Faune piscicole	
	Mesure de réduction 10 (R10) :	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Diane et sa plante hôte	
	Mesure de réduction 11 (R11) :	Dispositif de repli du chantier	
	Mesure de réduction 12 (R12) :	Gestion hydro écologique dans la ZEC	
	Mesure de réduction 13 (R13) :	Adaptation de la période de travaux sur l'année	
	Mesure de réduction 14 (R14) :	Prise en compte des enjeux écologiques dans l'aménagement des pistes d'accès chantier	
		Mesures d'accompagnement	
		Mesure d'accompagnement 1 (A1) :	Assistance environnementale de chantier
		Mesure d'accompagnement 2 (A2) :	Mise en place d'un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux
		Mesures compensatoires :	(en coordination avec les mesures paysagères)
		Mesure compensatoire n°1 (C1) :	Réhabilitation et gestion conservatoire du Domaine des Barnières

	Données	Valeurs
Pistes	Accès au site :	Piste d'accès EST
	Franchissement du barrage	Piste rive gauche amont et aval
	Franchissement du Riou de l'Argentière en amont du barrage	Piste tiers-talus amont et Piste rive droite amont
	Entretien du puits	Piste de pied amont rive gauche et Piste tiers-talus amont
	Entretien du deversoir	Rampe d'accès amont rive gauche à la crête
Réseaux	Rétablissement du réseau télécom existant	Dépose et abandon du réseau télécom aérien (ou Pose d'un nouveau réseau télécom en souterrain sous pistes).
	Alimentation électrique du local d'instrumentation	Mise en place d'un dispositif d'alimentation autonome par panneaux solaires ou batteries (ou Pose d'un réseau BT souterrain depuis le centre Equestres des Barnières)
	Liaison télécom du local d'instrumentation	Mise en place d'une télégestion via GSM

Tableau 32 : Récapitulatif des caractéristiques de l'ouvrage

4. Programme de gestion, d'entretien, de surveillance et de contrôle de l'ouvrage

4.1 Programme de surveillance et de contrôle de l'ouvrage

4.1.1 Principes généraux de surveillance

4.1.1.1 Généralités

La surveillance d'un ouvrage a pour but essentiel de connaître et, si possible, de prévenir toute dégradation, afin de le maintenir en bon état de sécurité et ainsi apte à remplir ses fonctions.

Le suivi doit fournir les moyens de détecter les anomalies, et d'apprécier les vitesses d'évolution et leur aboutissement probable, en séparant les phénomènes réversibles des phénomènes irréversibles, afin de pouvoir estimer la nature et l'urgence des interventions.

Des mesures précises et fiables sont nécessaires. La surveillance des ouvrages comporte deux méthodes essentielles :

- l'inspection visuelle : Méthode de surveillance qualitative, qui s'appuie à la fois sur la prise d'informations et l'analyse de comportement ;
- l'auscultation : Méthode de surveillance quantitative, qui intervient en complément de l'inspection visuelle.

L'efficacité de la surveillance nécessite :

- une bonne connaissance de l'ouvrage (données constructives, rapports de travaux et de visite...) ;
- la garantie d'un bon entretien ;
- la vérification des résultats des travaux réalisés.

4.1.1.2 Etablissement d'un dossier de l'ouvrage

Après réalisation de l'ouvrage, un dossier de l'ouvrage devra être réalisé. Il devra contenir toutes les données connues sur l'ouvrage, relatives à sa construction et à sa conception (plans topographiques, dossier d'Avant-projet, de Projet, de DCE, Etude de Danger, fiches/ compte-rendus de suivi de travaux, dossier de récolement des ouvrages exécutés) et à sa vie ultérieure (Registre de l'ouvrage incluant mode d'exploitation, comptes rendus / rapports de visites, rapports d'auscultation, rapport des travaux d'entretien, incidents caractéristiques...).

4.1.1.3 Etablissement d'un plan de surveillance de l'ouvrage

Il faut définir pour chaque partie d'ouvrage les points particuliers qui sont déterminants pour la sécurité, mettre l'accent sur les particularités, afin que l'attention de l'exploitant soit attirée sur le suivi de ces particularités.

De plus, l'inventaire des dommages possibles et de leurs conséquences doit être fait. L'inspection visuelle doit être effectuée régulièrement. Elle doit s'accompagner de la mise en œuvre de moyens simples permettant d'apprécier les évolutions dès leur apparition (piquetage, photographies, repérage des fissures in situ...). Le type d'observation dépend de la nature de l'ouvrage.

La surveillance comporte deux aspects :

- Auscultation : Le suivi du comportement général de l'ouvrage (pour l'ouvrage des Barnières : Piézomètres à tubes ouverts, cellules de pression, capteurs de niveau d'eau amont, suivi des tassements de l'ouvrage...);
- Inspection visuelle et notamment le suivi particulier de zones jugées a priori sensibles (état du parement en enrochements bétonnés de l'évacuateur de crue, état du pertuis pour l'ouvrage des Barnières).

Les mesures devront être régulières, précises, fiables et suivies d'analyse.

4.1.2 Organisation de la surveillance

Le code de l'environnement selon le décret de mai 2015 définit, pour chacune des classes de barrage, les études, vérifications, diagnostics et autres actions à mener par les responsables des ouvrages, ainsi que leurs périodicités.

Pour mémoire, l'ouvrage des Barnières est assimilé réglementairement à un barrage de classe C.

4.1.2.1 Obligations réglementaires

Actions à réaliser	Ouvrages relevant de la rubrique 3.2.5.0 (=Barrages)		
	Classe A	Classe B	Classe C
Etude de danger dont revue de sûreté	Au moins 1 fois tous les 10 ans	Au moins 1 fois tous les 15 ans	*1
Rapport de surveillance	1 fois par an	1 fois tous les 3 ans	1 fois tous les 5 ans
Visite technique approfondie	Au moins 1 fois dans l'intervalle entre 2 rapports de surveillance A l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage	Au moins 1 fois dans l'intervalle entre 2 rapports de surveillance A l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage	Au moins 1 fois dans l'intervalle entre 2 rapports de surveillance A l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage
Rapport d'auscultation	1 fois tous les 2 ans	1 fois tous les 5 ans	1 fois tous les 5 ans

Tableau 33 : Obligations réglementaires de suivi des barrages selon décret de mai 2015

*1 Même si au sens du décret de mai 2015 il n'est pas nécessaire de réaliser d'étude de danger y compris revue de sûreté, le classement de l'ouvrage en aménagement hydraulique au sens du R562-18 du Code de l'Environnement impose toutefois

d'appliquer le nouvel arrêté « Arrêté du 07 avril 2017 en application du décret du 12 mai 2015 en vigueur au 1er juillet 2017 ». Ainsi, une Etude de Danger est donc finalement à élaborer suivant le plan de l'annexe 2 de l'arrêté du 07 avril 2017. Et 4 scénarii d'inondation sont à vérifier :

- Scénario 1 : L'ouvrage est indisponible pour écrêter les crues.
- Scénario 2 : L'ouvrage a subi une première petite crue avant d'en avoir une seconde plus importante (le stockage pour la seconde crue n'est pas disponible dans sa capacité maximale). (fonctionnement partiel)
- Scénario 3 : Crue supérieure à celle de protection. Analyse du comportement de l'ouvrage et des conséquences sur l'aval.
- Scénario 4 : Inondation de la zone protégée en cas de crues sur les affluents intermédiaires, sans mobilisation de l'ouvrage (car de crues sur affluents à l'aval de l'ouvrage).

Cette étude de danger doit être renouvelée au moins 1 fois tous les 15 ans.

La surveillance des ouvrages par inspection visuelle est effectuée par le propriétaire ou l'exploitant à partir de visites organisées. Pour l'ouvrage des Barnières, il est préconisé les visites ci-après :

Type de Visite	Fréquence	Par	Contenu de la visite
Visites de routines	Une fois par mois Ces visites pourront être couplées aux interventions d'entretien	Le propriétaire ou l'exploitant	Inspection Visuelle complète de toutes les parties de l'ouvrage : Parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue, fosse de dissipation, pertuis de fond, local d'instrumentation, pistes et accès, ZEC... Mesures manuels d'auscultation : Relevés des niveaux d'eau dans les piézomètres et la retenue amont, relevés des valeurs des cellules de pression.
Visites exceptionnelles	A l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage (après une forte crue, une tempête, un séisme, un incendie sur les versants à proximité de l'ouvrage ...)	Le propriétaire ou l'exploitant	Inspection Visuelle complète de toutes les parties de l'ouvrage : Parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue, fosse de dissipation, pertuis de fond, local d'instrumentation, pistes et accès, de la ZEC (dépôts solides, embâcles, ...)...
Visites Techniques Approfondie	Au moins 1 fois dans l'intervalle entre 2 rapports de surveillance, c.à.d une fois tous les 2 ans. A l'issue de tout évènement ou évolution susceptible de provoquer l'endommagement de l'ouvrage Lors des premières mises en eau occasionnant la mise en charge du pertuis jusqu'aux premiers déversements, soit pour des crues comprises entre Q2 et Q50	Un bureau d'étude agréé	Inspection Visuelle complète de toutes les parties de l'ouvrage : Parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue, fosse de dissipation, pertuis de fond, local d'instrumentation, pistes et accès, de la ZEC (dépôts solides, embâcles, ...)..... Analyse des mesures d'auscultation détaillée dans chaque rapport d'auscultation 1 fois tous les 5 ans. Ou Analyse des mesures d'auscultation sommaire après chaque visite entre chaque rapport d'auscultation.
Visite du service de contrôle si l'ouvrage intéresse la sécurité publique	Visite décennale : Une fois tous les 10 ans	à l'initiative du Service du Contrôle en présence du maître d'ouvrage et de l'exploitant et d'un bureau d'étude agréé	Inspection visuelle complète : - un examen visuel de l'ouvrage ; - le contrôle du bon fonctionnement et du bon entretien des ouvrages d'évacuation des crues et de vidange de fond, ainsi que des dispositifs d'auscultation ; - Le contrôle de l'exécution des demandes formulées lors de la visite précédente.

Tableau 34 : Visites de surveillance de l'ouvrage des Barnières

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, s'agissant d'une retenue sèche, il n'est pas possible de réaliser un essai de mise en eau de l'ouvrage en fin de travaux. Après concertation avec la DREAL, lors des premières mises en eau occasionnant la mise en charge du pertuis jusqu'aux premiers déversements, soit pour des crues comprises entre Q2 et Q50, une visite technique approfondie (VTA) devra être réalisée sur l'ouvrage par un bureau d'études agréé après la crue.

La fréquence des relevés d'auscultation proposée pour l'ouvrage des Barnières est définie ci-après.

Capteurs	Type de relevé	Fréquence	Par
Capteur de niveau d'eau de la retenue amont	Automatique	Rapatrié sur système de supervision qui prévoit des alarmes en cas de dépassement de seuil - A définir en phase PRO.	Centrale d'acquisition
Echelle limnimétrique	Manuel	Une fois par mois	L'exploitant ou le propriétaire lors des visites de routine
Cellules de pression interstitielles	Automatique	Rapatrié sur système de supervision qui prévoit des alarmes en cas de dépassement de seuil - A définir en phase PRO	Centrale d'acquisition
	Lecture des relevés par l'opérateur et vérification du bon fonctionnement de la télégestion.	Une fois par mois	L'exploitant ou le propriétaire lors des visites de routine
Piézomètres à tube ouvert	Manuel	Une fois par mois	L'exploitant ou le propriétaire lors des visites de routine
Capteur de niveau automatique sur piézomètres	Automatique	Rapatrié sur système de supervision qui prévoit des alarmes en cas de dépassement de seuil - A définir en phase PRO	Centrale d'acquisition
Bornes topographiques d'auscultation	Manuel	2 campagnes complètes par an les 3 premières années	Un géomètre spécialisé mandaté par le propriétaire ou l'exploitant
		1 campagne complète par an après 3 ans	

Tableau 35 : Fréquence des relevés d'auscultation de l'ouvrage des Barnières

Le rajout d'une camera de video surveillance permettant de visualiser l'ouvrage notamment en cas de crue pourra également être étudié en phase PRO.

En cas d'incident ou d'anomalie constaté sur l'ouvrage lors d'une visite par l'exploitant ou le propriétaire, il est nécessaire de :

- Baliser, photographier, mettre en place une pige (si adapté au type de désordre) à proximité immédiate de toute anomalie afin d'avoir un « point zéro » avec des données quantifiables et donc comparables ultérieurement ;
- Si l'anomalie est confirmée, en fonction de sa nature et de l'urgence, informer dans les meilleurs délais, les personnes techniquement compétentes (Services Techniques du gestionnaire et du propriétaire de l'ouvrage, s'ils existent, ou Bureau d'études spécialisé), déclarer un EISH (Évènement Important pour la Sécurité Hydraulique) au service de contrôle, déclencher une visite technique avec ces personnes techniquement compétentes, déclencher des interventions / travaux d'urgence ;
- Modifier éventuellement la fréquence des inspections et mesures ainsi que leur contenu.

Après visite, l'exploitant ou le propriétaire en charge de la visite procédera au dépouillement immédiat des mesures d'auscultation relevés.

L'exploitant ou le propriétaire en charge des visites devra avoir reçu au préalable :

- Une formation lui permettant de bien connaître l'ouvrage ;
- Une formation technique minimale, pour pouvoir prendre les bonnes décisions en cas d'anomalie rencontrée selon leur nature et leur degré d'urgence.
Les bornes supérieures et inférieures délimitant la plage de comportement normal de l'ouvrage vis-à-vis des relevés d'auscultation seront définies au préalable par des personnes techniquement compétentes (Services Techniques du MOA s'ils existent, ou Bureau d'études spécialisé).
- Des consignes de visites et une fiche de visite type à remplir contenant une rubrique pour le relevé des mesures d'auscultation.

Ces fiches de visite devront faire l'objet par le propriétaire ou l'exploitant d'un archivage dans le registre de l'ouvrage.

Lors des visites, les points à surveiller particulièrement pour l'ouvrage des Barnières, sont rappelés ci-après:

- l'état des parements : fissures, traces de calcite pour les parties en enrochements bétonnés de l'ouvrage, bombements, affaissements, glissements pour les parties en terre, venues d'eau ;
- l'état des exutoires de drainage : présence de matériaux pouvant provenir du drain ou des filtres ou du corps du barrage ;
- l'état du terrain en aval du barrage : résurgences ;
- l'état de l'évacuateur : absence de matériaux obstruant le coursier et de développement de végétation ;
- l'état du pertuis de fond : absence de matériaux obstruant le pertuis et/ou sa grille, absence de fissures, affaissements ;
- le comportement des versants de la cuvette, de la ZEC en particulier après les vidanges rapides de la retenue et le comportement des versants du cours d'eau en aval depuis la fin de la fosse de dissipation et a minima jusqu'au pont :

absence de glissement, ou d'indice de glissement et problématique d'embâcles, de dépôts sédimentaires, ...

4.1.3 Plan de circulation hors crue

Hors crue, la piste d'accès EST permettra d'accéder à l'aval de l'ouvrage des Barnières depuis la RD7.

Les pistes de l'ouvrage des Barnières (piste aval rive gauche, piste amont rive gauche, piste de pied amont (balisée), rampe amont d'accès à la crête, piste de tiers-talus amont et piste amont rive droite, piste aval rive droite) permettront des interventions d'entretien, de gestion et de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage (parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue, pertuis de fond, fosse de dissipation).

Pour minimiser l'impact visuel des pistes et des terrassements nécessaires à leur réalisation, il est proposé de ne pas effectuer de continuité de circulation sur la crête du barrage ; une intervention motorisée sur la crête nécessitera donc une marche-arrière.

4.1.4 Plan de circulation en crue

- Pour les crues fréquentes (jusqu'à la Q2 (12 m³/s), crue de mise en charge du pertuis), le pertuis et la piste de tiers-talus amont ne seront pas noyés.

La piste d'accès EST permettra d'accéder à l'aval de l'ouvrage des Barnières depuis la RD7.

Les pistes de l'ouvrage des Barnières hors d'eau (piste aval rive gauche, piste amont rive gauche, rampe amont d'accès à la crête, et piste de tiers-talus amont) permettront des interventions d'entretien, et de gestion, sur l'intégralité de l'ouvrage émergé (partie supérieure du parement amont, crête, parement aval, évacuateur de crue) et sur le pertuis depuis la piste à tiers-talus amont, notamment pour réaliser des interventions de décolmatage, désembâchement du pertuis de fond si nécessaires.

La piste aval rive gauche de l'ouvrage des Barnières hors d'eau permettra d'accéder à la crête de l'ouvrage rive gauche et de réaliser des interventions de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage.

- Pour les crues moins fréquentes non déversantes (jusqu'à la Q50, 92 m³/s), le pertuis et la piste de tiers-talus amont seront noyés.

La piste d'accès EST ne permettra pas d'accéder à l'ouvrage des Barnières depuis la RD7 selon les niveaux d'eau atteints dans le lit du Riou de l'Argentière ou les phénomènes de ruissellement des ruisseaux affluents, notamment le vallon de l'Aubro. L'accès pourra s'effectuer dès que la décrue sera confirmée.

Après la crue, la piste aval rive gauche de l'ouvrage des Barnières hors d'eau permettra d'accéder à la crête de l'ouvrage rive gauche et de réaliser des interventions de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage.

- Pour les crues exceptionnelles (déversantes, à partir de la Q50, 92 m³/s),

La piste d'accès EST permettra d'accéder à l'aval de l'ouvrage des Barnières depuis la RD7 dès que la décrue sera confirmée.

La piste aval rive gauche de l'ouvrage des Barnières hors d'eau permettra d'accéder à la crête de l'ouvrage rive gauche et de réaliser des interventions de surveillance sur l'intégralité de l'ouvrage.

4.2 Modalités de surveillance, gestion et d'entretien des ouvrages

■ Le barrage et ses aménagements annexes devront faire l'objet :

- D'une inspection lors de chaque visite de routine conformément aux prescriptions du chapitre ci-avant.
- D'un entretien des accès aux différentes parties de l'ouvrage ;
- D'un entretien manuel de la végétation au moins 2 fois par an : Débroussaillage et entretien de la végétation arbustive sur les parements, les exutoires de drains, la fosse de dissipation et sur une bande de 20 mètres à l'aval de la fosse et en amont du pied du barrage ;
- D'un entretien de l'évacuateur de crues (rejointoiement des enrochements bétonnés, enlèvement des embâcles, des éboulements...) au minimum 1 fois par an et après chaque crue significative ;
- D'un curage, décolmatage de la grille, et enlèvement des embâcles du pertuis de fond au minimum 1 fois par an et après chaque crue significative ;
- D'un entretien et vérification du fonctionnement des dispositifs d'auscultation (piézomètres, cellules de pression, capteurs de niveau de la retenue amont, échelle limnimétrique, bornes topographiques...) au minimum 1 fois par an et après chaque crue significative.

■ La zone d'expansion de crue devra faire l'objet :

- D'une inspection lors de chaque visite de routine conformément aux prescriptions du chapitre ci-avant, avec en complément une inspection de la présence des bornes et panneaux d'information implantés en limite de servitude de la ZEC.
- D'un débroussaillage et entretien manuel de la végétation arbustive de la zone de débroussaillage non sélectif au moins 2 fois par an ;
- D'une remobilisation éventuelle des atterrissements en lit moyen ou majeur uniquement après les crues morphogènes : Ces atterrissements constatés dans la ZEC, seront réinjectés en aval de l'ouvrage. A ce stade, il est proposé l'aménagement d'une rampe dans la zone aval rive gauche du pont du Riou de l'Argentière (situé à ~400 ml en aval de l'ouvrage des Barnières). La localisation du point de réinjection aval devra être confirmée en phase PRO ;
- D'un entretien de la ripisylve de la zone d'expansion de crue (enlèvement des embâcles et coupe / abattage sélectif manuel des arbres morts et/ou déstabilisés susceptibles de constituer des embâcles) au minimum 2 fois par an et après chaque crue significative.

- **Le Riou de l'Argentière et ses 2 principaux affluents (Vallon de l'Esterel et Vallon du grand Cabrol) en amont de la zone d'expansion de crue** jusqu'à leurs sources, devront faire l'objet d'un entretien de la ripisylve régulier au minimum 1 fois tous les 3 ans et après chaque crue significative. Il consistera à l'enlèvement des embâcles et à la coupe / abattage sélectif manuel des arbres morts et/ou déstabilisés susceptibles de constituer des embâcles.

■ **Les modalités de gestion de la zone d'expansion de crue** sont définies ci-après :

Des bornes de matérialisation de la ZEC et des panneaux d'information seront mis en place en limite de la ZEC, afin de délimiter physiquement l'emprise de la ZEC sur site.

Une servitude de rétention temporaire permettra de délimiter la zone d'expansion de crue en amont de l'ouvrage et de réglementer les activités et occupations du sol dans cette zone ; la maîtrise foncière souhaitée par le Maître d'Ouvrage permettra la mise en œuvre d'un plan de gestion de la ZEC, intégrant également les mesures de compensation au titre du paysage et de l'environnement.

L'emprise de la zone d'expansion de crue (zone de surinondation à la PHE \leftrightarrow 73,38 m NGF) représente environ 18,4 ha.

A l'issue des procédures foncières (acquisitions à l'amiable et/ ou expropriations, servitudes, conventions d'exploitation,...), les riverains qui demeureront concernés par la ZEC devront bénéficier d'une alerte en cas de prévision de crue/ météo/ inondation (qui pourra être du type SMS/ Mails) et être ainsi informés à l'avance d'un risque de non utilisation de la ZEC et de l'accès lié aux débordements du pont du Riou de l'Argentière.

■ **Les zones de sur-inondation variables suivant les périodes de retour des crues considérées** sont représentées ci-après.

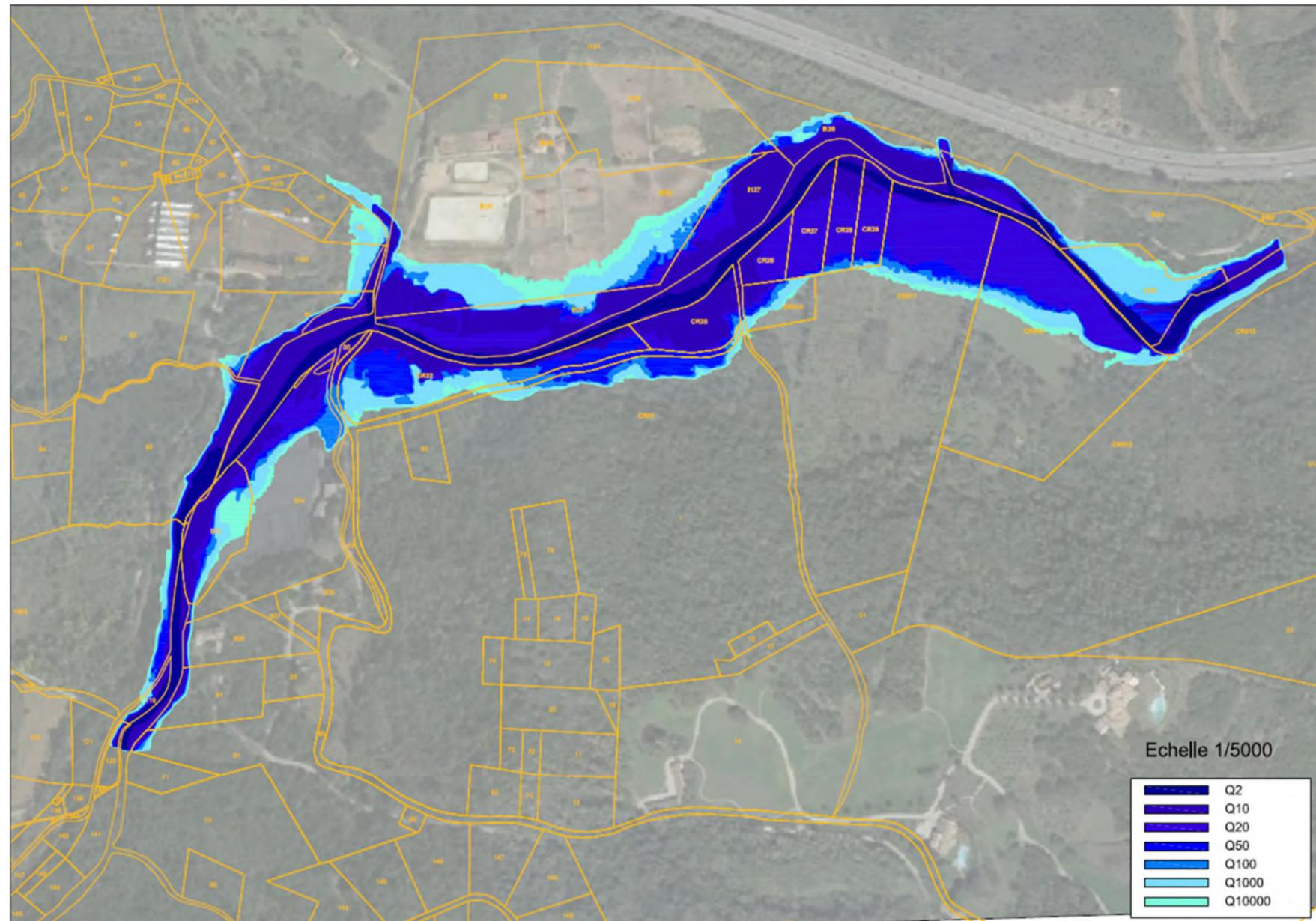


Figure 71 : Emprise de la zone d'expansion de crue sans ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique)

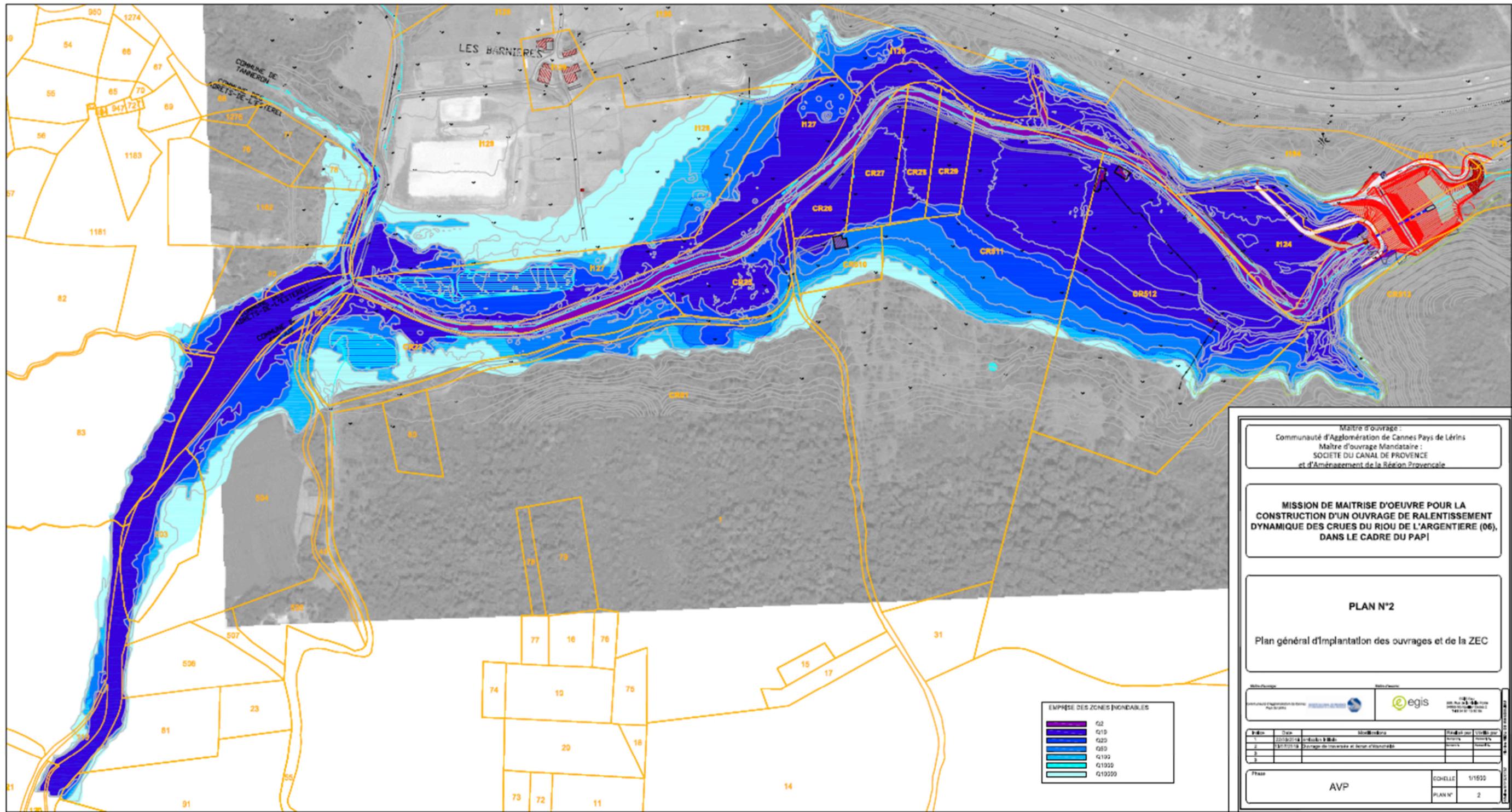


Figure 72 : Emprise de la zone d'expansion de crue avec ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique)

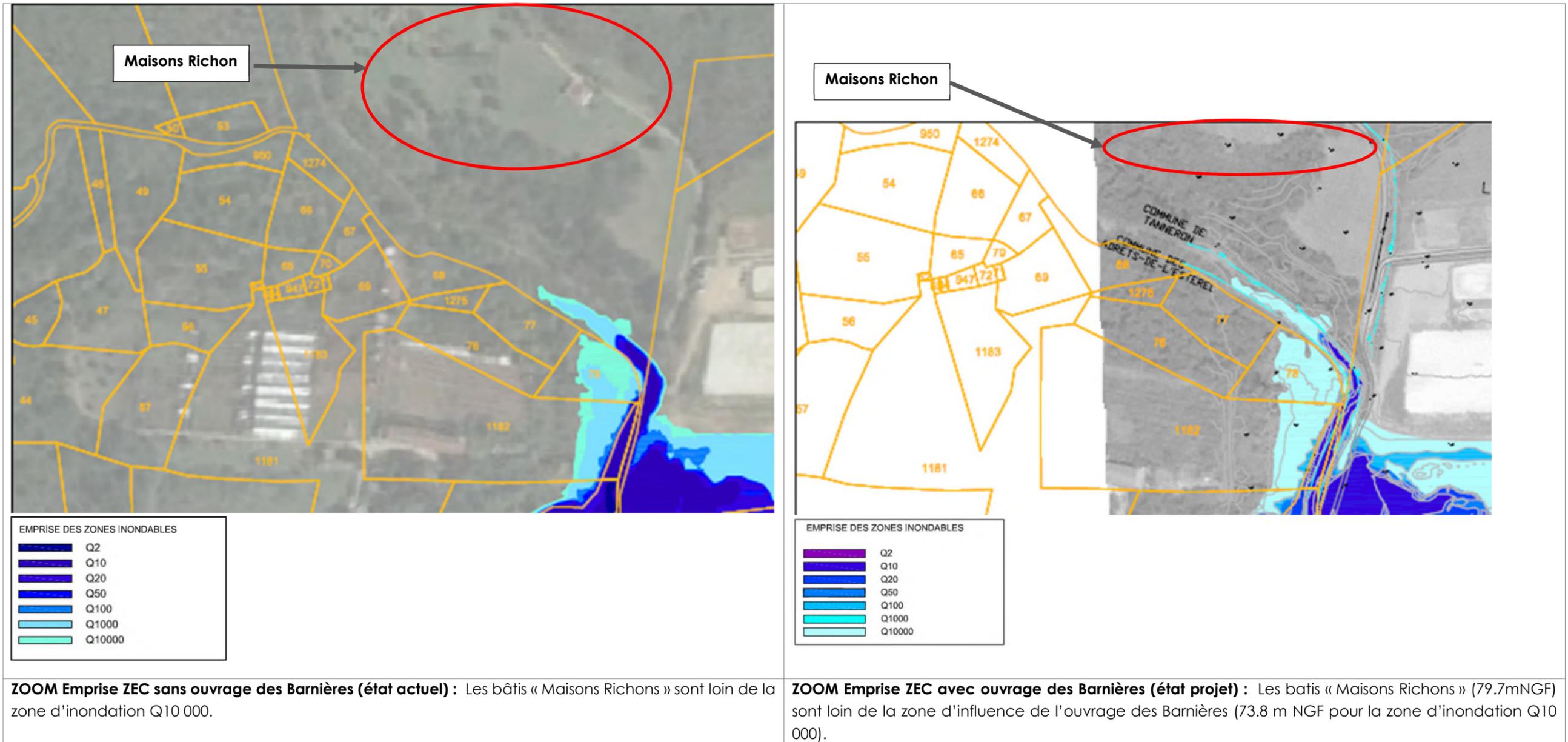
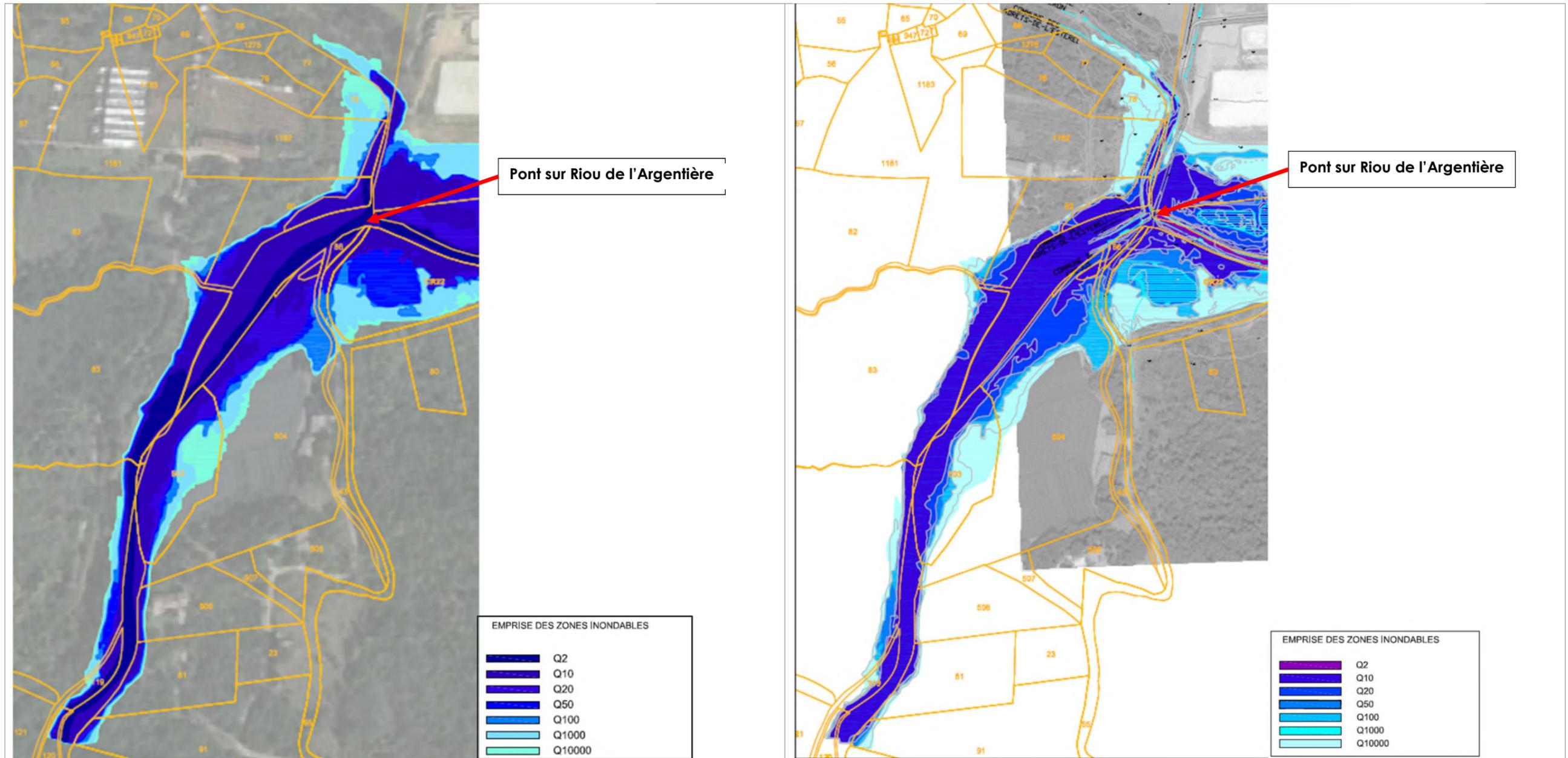


Figure 73 : Zone des Bâtis « Maison Richon » - Comparaison des emprises de la zone d'expansion de crue avec/sans ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique)



ZOOM Emprise ZEC sans ouvrage des Barnières (état actuel) : Le pont sur le Riou de l'Argentière est à l'origine d'inondations dans cette zone à partir d'une crue située entre la Q2 et la Q10. Sans ouvrage des Barnières, dans l'état actuel, l'accès par ce pont n'est plus praticable à partir d'une crue située entre la Q2 et la Q10.

ZOOM Emprise ZEC avec ouvrage des Barnières (état projet) : Le pont sur le Riou de l'Argentière est à l'origine d'inondations dans cette zone à partir d'une crue située entre la Q2 et la Q10. Avec ouvrage des Barnières, dans l'état projet, l'accès par ce pont n'est plus praticable à partir d'une crue située entre la Q2 et la Q10.

Conclusion : Pas d'impact significatif avec ou sans ouvrage des Barnières sur l'accès par le pont sur le Riou de l'Argentière et la zone d'inondations en amont de ce pont (et du chemin associé). Au vu des résultats des modélisations hydrauliques réalisées (cf. Rapport de modélisation hydraulique Egis 2018 en annexe du dossier AVP pour plus de détail), la zone de surinondation (PHE, Q1000) de l'ouvrage des Barnières s'arrête au pont du Riou de l'Argentière et au chemin d'accès au centre équestre associé.

Figure 74 : Comparaison des emprises de la zone d'expansion de crue avec/sans ouvrage des Barnières pour plusieurs occurrences de crue (Q2, Q10, Q20, Q50, Q100, Q1000, Q10 000) (Source : Rapport AVP de modélisation hydraulique)

Les modalités d'entretien du barrage, de ses aménagements annexes, de la ZEC et Le Riou de l'Argentière et ses 2 principaux affluents (Vallon de l'Esterel et Vallon du grand Cabrol) en amont de la ZEC sont définies ci-après :

	Riou de l'Argentière, Vallon de l'Esterel et Vallon du grand Cabrol en amont de la ZEC	Zone d'expansion de crue (ZEC)		Zone de débroussaillage (partie aval de la ZEC y compris Bande de 20 m en amont du pied amont du barrage)	Pistes amont (Rive gauche, rive droite, tiers-talus, piste de pied, rampe d'accès à la crête)	Talus amont, Crête et Talus aval y compris fosse de dissipation	Pistes aval (Rive gauche, rive droite)	Bande de 20 m en aval de la fosse de dissipation	Ouvrages Hydrauliques			Dispositif d'auscultation
Objectif	Limiter le risque d'embâcles	Limiter le risque d'embâcles	Gestion de la sédimentation en amont du barrage et maintien de la continuité du transport solide	Limiter le risque d'embâcles	Circulation sur les pistes	Protection des talus contre l'érosion liée au ruissellement pluvial et aux crues	Circulation sur les pistes	Protection des talus contre l'érosion liée au ruissellement pluvial et aux crues	Entretien de l'Evacuateur de Crue	Entretien du Pertuis de fond	Entretien de la Fosse de dissipation	Entretien des Piézomètres, cellules de pression, capteurs de niveau de la retenue amont, échelle limnimétrique, bornes topographiques...
Type d'intervention d'entretien	Entretien manuel de la ripisylve (enlèvement des embâcles et coupe / abattage sélectif des arbres morts et/ ou déstabilisés)	Entretien manuel de des haies et de la ripisylve (enlèvement des embâcles et coupe / abattage sélectif des arbres morts et/ ou déstabilisés)	Inspection, prélèvement mécanique éventuel et réinjection des sédiments à l'aval du barrage après les crues morphogènes	Inspection et débroussaillage non sélectif de la végétation (Débroussaillage et entretien de la végétation arbustive)	Inspection et Restauration des revêtements de pistes si nécessaire.	Inspection et Entretien manuel de la végétation (Débroussaillage et entretien de la végétation arbustive)	Inspection et Restauration des revêtements de pistes si nécessaire.	Inspection et Entretien manuel de la végétation (Débroussaillage et entretien de la végétation arbustive)	Inspection et Entretien (rejointoiement des enrochements bétonnés, enlèvement des embâcles, des éboulements...)	Inspection et Entretien (curage au Bobcat, décolmatage de la grille, enlèvement des embâcles)	Inspection et Entretien manuel de la végétation de la fosse et des exutoires de drainage (Débroussaillage et enlèvement de la végétation arbustive)	Entretien et vérification du bon fonctionnement des dispositifs d'auscultation
Fréquence minimale	1 fois tous les 3 ans et systématiquement après chaque crue ou tempête significative	1 fois tous les 3 ans et systématiquement après chaque crue ou tempête significative	Après les crues morphogènes	2 fois par an et après une crue supérieure au pertuis	Visite de routine	2 fois par an	Visite de routine	2 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an	Visite de routine / 1 fois par an

Tableau 36 : Entretien de l'aménagement des Barrières

5. Phasage et calendrier des travaux

5.1 Calendrier prévisionnel de réalisation des travaux

5.1.1 Contraintes du planning

Le calendrier prévisionnel de réalisation des travaux doit tenir compte des contraintes et enjeux ci-après identifiées au stade AVP :

■ Contraintes foncières :

Le foncier associé à l'emprise des travaux définitifs, des travaux provisoires et de la zone d'expansion de crue devra être maîtrisé avant le démarrage des travaux : Les acquisitions foncières à l'amiable, expropriations dans le cadre de la DUP, Occupations Temporaires de Travaux (Accès,...), Servitudes de passage, Servitude de rétention temporaire devront avoir été obtenues par le Maître d'Ouvrage avant le démarrage des travaux.

■ Contraintes hydrauliques vis-à-vis du risque de crue :

Les travaux critiques du chantier devront être réalisés de janvier à août, afin de minimiser le risque de crue. (cf. Chapitre 2.2.6.3 Risque de crue).

■ Enjeux environnementaux :

Le détail des enjeux environnementaux sur le planning est traité au chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Etape 1 : Débroussaillage hivernal manuel précédant le démarrage des travaux en présence d'un écologue de la zone de travaux (Protocole Tortue d'Hermann).

Etape 2 : Mise en défens des zones sensibles fin de l'été :

Fin de l'été précédant le démarrage des travaux :

- un repérage des zones sensibles par un écologue sera mené,
- puis les zones de chantier, de défrichage et d'emprunt devront être entourées d'une barrière anti-intrusion en présence d'un écologue. Une attention particulière sera portée au repérage de la tortue d'Hermann (Protocole Tortue d'Hermann).
- recherche et capture par un écologue des tortues dans l'emprise grillagée (zone d'emprise, d'emprunt et de défrichage), puis déplacement et mise en sécurité hors zone d'exclusion sur le site des Barnières, au niveau de l'aire minimale avérée non touchée par le projet et qui sera à baliser ; réalisation depuis la pose de la barrière jusqu'au démarrage des travaux, (Protocole Tortue d'Hermann).

Etape 3 : Phase préparatoire du chantier à l'automne :

Les phases préparatoires, l'abattage des arbres, le débroussaillage de la zone travaux et le décapage de terre végétale, doivent se faire en évitant les périodes de :

- nidification des oiseaux, reproduction des chiroptères, présence des oiseaux migrateurs en chasse ou en reproduction, cycle de vie des insectes : **printemps – été** ;
- hibernation des chiroptères : **novembre – février** ;
- hibernation des amphibiens et reptiles : **novembre – février** ;
- la période de reproduction de poissons (pour les travaux en rivière) : **printemps**.

Il en résulte que les phases préparatoires, l'abattage des arbres, le débroussaillage de la zone travaux et le décapage de terre végétale, doivent se faire à l'automne **entre début septembre et fin octobre**. L'abattage des arbres-gîtes se fera en respectant scrupuleusement le calendrier d'abattage favorable, à savoir abattage possible **de septembre à mi-octobre**. Des ajustements calendaires sont toutefois possibles, si l'arbre a été vérifié et mis en sécurité (dispositif de sortie) en amont.

■ Contraintes de techniques végétales :

La période propice aux semencements, bouturages et plantations est de la fin de l'automne au début de l'hiver et de la fin de l'hiver au début du printemps.

■ Contraintes de réseaux :

Hypothèse retenue au stade AVP : Au vue de l'interface avec l'ouvrage des Barnières, nécessitant des précautions de pose particulières, dans le cas où des travaux de pose de réseaux en souterrain (BT et télécom) seraient nécessaires, ces travaux devront être réalisés en co-activité avec les travaux de l'ouvrage des Barnières par l'entreprise titulaire du marché de travaux. Seules les prestations spécifiques aux concessionnaires de consignations, raccordements, fourniture et tirage des câbles seront confiées aux concessionnaires. Par conséquent : **Pas de contrainte de réseaux à anticiper avant les travaux.**

■ Contraintes de risque d'incendie :

Les travaux critiques vis-à-vis du risque d'incendie, c'est-à-dire nécessitant l'usage d'appareils, matériels ou engins, pouvant être à l'origine d'un départ de feu tel que défini dans l'Arrêté préfectoral du var du 19 juin 2018, **sont à réaliser de préférence hors période estivale du 21 juin au 20 septembre**. En cas de nécessité de réalisation de certains de ces travaux pendant la période estivale du 21 juin au 20 septembre, les prescriptions de sécurité de l'arrêté cité ci-avant devront être mises en œuvre. (Cf. chapitre 2.2.6.2 Risque incendie).

5.1.2 Synthèse du planning

Les principales étapes du calendrier de réalisation des travaux sont rappelées ci-après :

- **Période de préparation du chantier : 2 mois**, de Juin à juillet de l'année N.
- **Période d'exécution des travaux : 15 mois**, de septembre de l'année N à Novembre de l'année N+1.

Nota : Un Débroussaillage hivernal manuel précédant le démarrage des travaux en présence d'un écologue de la zone de travaux (Protocole Tortue d'Hermann) devra être réalisé hors marché de travaux par le maître d'ouvrage.

Le Détail du planning est consigné dans la pièce 3 du dossier AVP– Calendrier prévisionnel de réalisation des travaux.

5.2 Phasage des travaux

5.2.1 Phase 1 : Période de préparation du chantier

- **Juin à juillet de l'année N : Période de préparation du chantier :**
 - Etudes d'Exécution.

5.2.2 Phase 2 : Travaux préparatoires

- **Septembre de l'année N : Démarrage de la période d'exécution des Travaux :**
 - Repérage et protocole mise en sécurité Tortues d'Hermann et autres espèces faunistiques.
 - Installation de la barrière anti-intrusion.
 - Mise en sécurité de la faune hors des emprises de travaux.
- **Octobre à Janvier de l'année N : Travaux préparatoires pendant risque de crue y compris travaux en rivière impactant directement le milieu aquatique :**
 - **Octobre de l'année N : Nettoyage, abattage d'arbres, défrichage et débroussaillage des emprises et réalisation des pistes, accès, plateformes de travail aires de stockages provisoires et installations de chantier (y compris pistes de chantier avec rampes busées impactant directement le milieu aquatique).**
 - **Mi à Fin octobre de l'année N (2 semaines) : Abattage d'arbres potentiels à chiroptères.**
 - **Fin Octobre à Fin Novembre de l'année N : Décapage des sols (non rocheux) sur les emprises.**
 - **De début novembre de l'année N à début janvier de l'année N+1: Déroctage des emprises (y c pour l'écran d'étanchéité).**

5.2.3 Phase 3 : Travaux du barrage

- **Janvier à août de l'année N+1 : Réalisation des aménagements (hors période de crue) :**
 - **De Janvier à Fin février de l'année N+1 :**
 - **Réalisation de la barrière anti-migration (de type calfatage au mortier des fissures et régularisation éventuelle au béton du fond de fouille) sur les emprises du remblai argileux.**
 - **Réalisation des batardeaux et dispositifs de dévoiement du Riou de l'Argentière pour mise hors d'eau de la zone de travaux, pêche de sauvegarde et basculement du Riou de l'Argentière en rive gauche (Travaux impactant directement le milieu aquatique).**
 - **En rive droite du Riou de l'Argentière, sur l'emprise du futur pertuis de fond, réalisation de l'écran d'étanchéité en fondation jusqu'au fond de fouille du pertuis et réalisation du pertuis de fond au droit de l'écran d'étanchéité.**

- En rive droite du Riou de l'Argentière, hors emprise du futur pertuis de fond, réalisation de l'écran d'étanchéité jusqu'à +1m par rapport au fond de fouille hors tranchée.
- Basculement du Riou de l'Argentière en rive droite dans le pertuis de fond et réalisation de l'écran d'étanchéité jusqu'à +1m par rapport au fond de fouille hors tranchée en rive gauche du Riou de l'Argentière.

Nota : La réalisation de l'écran d'étanchéité comprend en solution de base la réalisation de la clé d'étanchéité de type tranchée bétonnée de 4 m de profondeur dans la fondation (et le voile d'injection en pied amont en option).

Dans le cas des variantes sur l'écran d'étanchéité (profondeur 2 m ou 4m dans la fondation et type clé d'étanchéité en matériaux argileux ou tranchée bétonnée), la réalisation des tâches associées à l'écran d'étanchéité pourra être anticipée de manière à ne pas décaler le reste du planning (3 semaines disponibles en parallèle de la réalisation du pertuis).

- **De début mars à fin mai de l'année N+1 :**
 - Réalisation des remblais (argileux, drain, recharge aval) jusqu'à la crête.
 - Réalisation de la protection en rip/ rap amont.
- **De mi-mai à fin juillet de l'année N+1 : Réalisation du déversoir pendant le risque incendie.**
 - Réalisation de la protection en enrochements bétonnés en crête et aval (y compris fosse de dissipation).
 - Réalisation des nouveaux réseaux d'alimentation (BT, Telecom).
 - Réalisation des remblais paysagers.
 - Réalisation des pistes définitives.

5.2.4 Phase 4 : Travaux divers.

- **De Septembre à Novembre de l'année N+1 : Travaux de génie végétal et remise en état**
 - **Septembre de l'année N+1 :**
 - Réalisation du local d'instrumentation.
 - Mise en service de l'instrumentation.
 - **D'octobre à Novembre de l'année N+1 :**
 - Mesures compensatoires (MC2, MCP2, MCP3).
 - Techniques végétales et remise en état des lieux.

5.3 Description des ouvrages provisoires

5.3.1 Installations de chantier

La zone des installations de chantier sera mise en œuvre sur la zone dit de défrichement (cf. figure ci-après) pour les raisons suivantes :

- La topographie du site ne permet pas d'envisager une zone d'installations de chantier en aval de l'ouvrage des Barnières du fait de l'étroitesse de la vallée.
- La zone retenue est située à proximité immédiate de l'ouvrage à réaliser. Elle est décomposée :
 - En une zone de base vie en rive gauche centrée sur la zone d'Eucalyptus existante à défricher ;
 - Une zone d'emprunt sur la parcelle CR512 en rive droite (zone de prairie) ;
 - un passage à gué provisoire à créer sur le Riou de l'Argentière permettant les Allers/Retours entre les zones de travaux et d'emprunt sans impacter significativement le milieu naturel.

La zone des installations de chantier inclura les aires de stockages provisoires nécessaires.

La zone des installations de chantier inclura une grue si nécessaire.

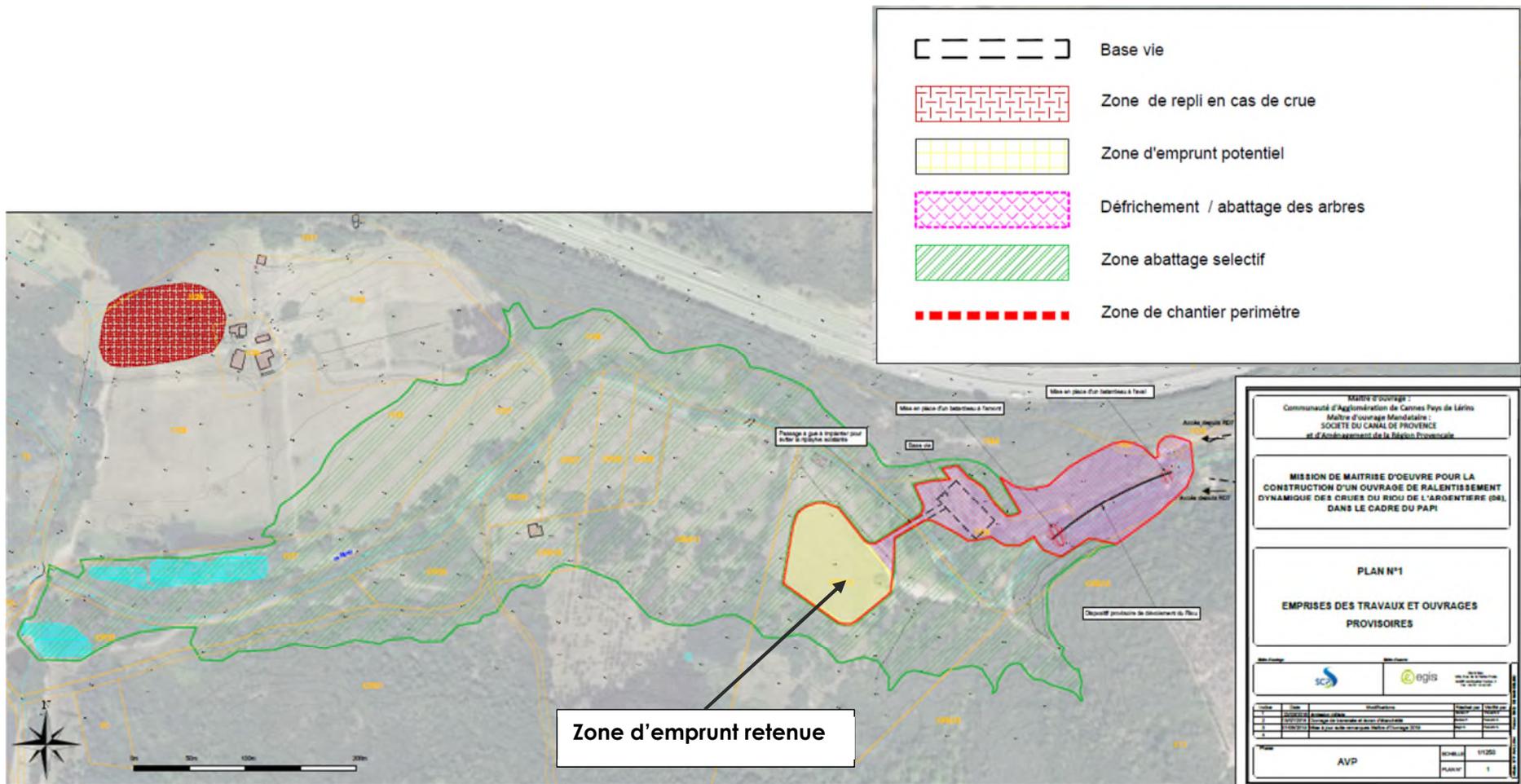


Figure 75 – Localisation des emprises de travaux

5.3.2 Zones d'emprunt

Suite aux investigations géotechniques menées en phase G2 AVP, aux contraintes d'intervenir sur des parcelles exploitées pour les 2 zones d'emprunt potentielles situées les plus à l'ouest du site, et au vue des besoins en termes de volume de matériaux pour réaliser la recharge aval et le remblai paysager (seules zones du barrage déclarées compatibles avec les matériaux du site dans la G2 AVP), **seule la zone d'emprunt située dans la zone défrichement est finalement nécessaire pour réaliser le chantier. Afin de diminuer l'impact sur l'environnement, de minimiser les surfaces de défrichements et préserver au maximum la ripisylve existante à proximité du cours d'eau, il a finalement été retenu de déplacer la zone d'emprunt sur la parcelle CR512 (prairie d'élevage, une bande de 4 m minimum par rapport à la limite de la végétation arborée/ arbustive sera respectée pour implanter cette zone d'emprunt).** L'implantation finale de la zone d'emprunt du chantier est donnée dans la figure ci-avant (Cf. Zone en jaune). Le Maître d'ouvrage a confirmé que l'acquisition à l'amiable de la parcelle CR512 des éleveurs était bien prévue en conséquence.

5.3.3 Zone de repli en cas de crue

En cas d'alerte de crue, les engins de chantier et les installations de chantier seront repliés hors zone inondable sur la zone située au Nord Ouest du centre équestre des Barnières identifiée en rouge foncé sur la figure ci-avant.

5.3.4 Pistes de chantier

■ Piste d'accès au site :

Des travaux de renforcement sur la piste d'accès Est existante seront réalisés. Ils consisteront en :

- Dépose/ repose du portail au niveau de la RD7.
- Reprises et confortement d'un passage busé franchissant un affluent du Riou de l'Argentière.
- Reprises et confortement d'un passage à gué franchissant un affluent du Riou de l'Argentière.
- Reprises des protections des culées du pont aval du Riou de l'Argentière et des garde-corps ;
- Renforcement léger de la piste (cloutage en 0/31.5mm à 0/50mm). Un renforcement significatif de cette piste a été constaté en juillet 2019 (travaux réalisés par un tiers indépendamment du maître d'ouvrage).

■ Pistes de chantier sur le site :

Les pistes de chantier provisoires seront de largeur minimum 4 m et constituées d'une couche de roulement de 40 cm d'épaisseur minimum sur un géotextile afin de supporter le trafic du chantier.

Les pistes existantes en rive gauche et droite ne seront pas maintenues en circulation publique au droit de l'ouvrage en construction. Seuls les intervenants du chantier, les agents du SDIS (Pompiers), les concessionnaires seront autorisés à utiliser l'accès et les pistes de chantier.

Afin d'éviter le plus possible de multiplier les pistes provisoires, les emprises des pistes définitives hors emprises de l'ouvrage seront anticipées et utilisées le plus possible pour la construction de l'ouvrage (notamment coté aval de l'ouvrage des Barnières).

En revanche, les pistes provisoires interférant avec l'ouvrage seront déplacées à l'avancement du chantier.

5.3.5 Traversée du Riou de l'Argentière, Batardeaux et dérivation du Riou de l'Argentière :

Les batardeaux et le dispositif de déviation du Riou de l'Argentière sont visibles sur plan n°1 « Emprises des travaux et ouvrages provisoires » fourni dans le dossier de plan de l'AVP (Pièce n°5 de l'AVP).

■ Batardeau amont et dispositif de déviation du Riou de l'Argentière :

Le phasage complexe de la réalisation du pertuis de l'ouvrage des Barnières, nécessite plusieurs dévoiements du Riou de l'Argentière (cf. chapitre 5.2 Phasage des travaux).

La topographie entre le batardeau amont (fil d'eau à 60,67 m NGF) et l'axe de l'ouvrage des Barnières, permet la réalisation d'un ouvrage gravitaire, qui passera par-dessus le fil d'eau de l'ouvrage hydraulique traversant (pertuis à 60,40 m NGF). Pour des raisons de rapidité, de facilité de basculement du cours d'eau et de risque d'érosion externe sur l'ouvrage en construction, une ou plusieurs conduites munies de flexibles, permettant un déplacement facile et rapide, tout en garantissant l'étanchéité du dispositif sera préférée à un chenal de dérivation qui nécessiterait des remblais pour passer par-dessus l'ouvrage en construction.

Un batardeau provisoire sur le Riou de l'Argentière sera mis en place à environ 4 m en amont du radier en enrochements libres du pertuis de fond, afin de mettre hors d'eau la zone de travaux ;

Le niveau de protection du chantier doit être choisi de manière à protéger contre la crue de période de retour la plus forte pour un coût, une emprise au sol, et un temps de réalisation raisonnable par rapport à l'ouvrage définitif à construire.

Après étude topographique, hydrologique et hydraulique, Il n'est pas raisonnable de retenir un niveau de protection décennale pour le batardeau amont (débit entrant de 54 m³/s nécessitant un volume de matériaux pour le batardeaux trop important de plus de 22% du volume de l'ouvrage définitif à protéger). **Ainsi, le niveau de protection biennal (12 m³/s) pour le batardeau amont a été retenu** (volume du batardeaux ⇔ environ 1% du volume de l'ouvrage définitif à protéger) :

Le batardeaux fermera uniquement le lit mineur. **Il sera calé à 63,8 m NGF**, fera environ 20 m de longueur par environ 3,10 m de hauteur en lit mineur, 4 m de largeur en crête avec des pentes à 2H/1V. Il permettra au maximum de disposer d'une charge hydraulique de 1 m sur **deux buses de 1500 mm calée au fil d'eau existant**. La capacité de débitance maximale associé de l'ouvrage sera d'environ 12 m³/s. Ce qui correspond bien à une crue Q2.

(Détail cf. Annexe 3)

■ Batardeau aval

Un batardeau provisoire aval sur le Riou de l'Argentière sera mis en place en amont immédiat de la confluence avec le vallon de l'Aubro, afin de :

- Mettre hors d'eau la zone de travaux (en évitant des retours d'eau éventuels par l'aval) ;
- Protéger le chantier contre des petites crues du vallon de l'Aubro qui provoquerait une remontée du niveau d'eau.
- Permettre un accès rive droite/ rive gauche en aval de l'ouvrage.

Compte tenu de la pente du Riou de l'Argentière d'une valeur d'environ 1 ‰, un coefficient de frottement de Manning-Strickler appliqué à la section du cours d'eau pour un débit de 12 m³/s (Q2) entraîne une hauteur d'eau de 1,10 m dans la section à l'aval de l'ouvrage.

Ainsi, un batardeau de 2 m de hauteur par rapport au fil d'eau du cours d'eau sera mis en place sur la largeur du lit mineur (~20 m au miroir). **L'ouvrage sera réalisé à partir des matériaux issus du site compactés. Il aura pour gabarit une crête de 2 m de largeur et des pentes à 3H/2V.**

(Détail cf. Annexe 3)

■ Traversée du Riou de l'Argentière en phase chantier :

En phase chantier, au préalable de la pêche de sauvegarde et de la mise en place des batardeaux, une rampe busée provisoire sera mise en œuvre sur le Riou de l'Argentière, afin de pouvoir franchir le cours d'eau sans impacter le milieu aquatique. **Cette rampe de 4 m de largeur sera munie d'une buse de diamètre 800 mm dimensionnée sur le débit d'étiage du Riou de l'Argentière.**

(Détail cf. Annexe 3)

6. Détail estimatif prévisionnel des travaux

6.1 Hypothèses du chiffrage, incertitudes

A ce stade des études, les principales incertitudes et aléas pouvant faire varier significativement le montant des travaux sont présentées ci-après de manière non exhaustive.

Les aléas ne pourront être levés en phase d'étude. Les incertitudes devront être levées en phase PRO.

6.1.1 Incertitudes et Aléas géotechniques :

A l'issue des investigations géotechniques AVP, des aléas, et incertitudes géotechniques demeurent et notamment sur :

- La perméabilité réelle de la fondation (Essais menés en phase G2 AVP non concluants) ;
- La profondeur de l'écran d'étanchéité dans la fondation et type d'écran (tranchée bétonnée ou clé en matériaux argileux) ;
- Les profils géophysiques P2 et P3 (non exploitables en phase G2 AVP) ;
- La profondeur de purge / décapage nécessaire (sondages complémentaires prévus en phase PRO) ;
- Les mouvements de terre du chantier liés à l'exploitation de la zone d'emprunt finalement retenue (sondages complémentaires prévus en phase PRO).

Afin de lever un maximum d'incertitudes et diminuer l'aléa géotechnique, des investigations et études géotechniques complémentaires devront être menées en phase PRO

6.1.2 Autres incertitudes et aléas

- **L'aléa sur la topographie existante (hors relevés terrestres)**, lié notamment à la forte densité de la végétation sur le site de l'ouvrage et à la zone du centre équestre en perpétuelle évolution ;
- **L'aléa sur les réseaux privés**. Cet aléa a été minimisé en phase AVP par une enquête de terrain ;
- **Le principe et les modalités de rétablissement des pistes d'accès** sont à valider définitivement avec les gestionnaires et/ou services routiers concernés (privés, SDIS, DDTM, ESCOTA...) selon la solution retenue en phase PRO ;

- **Le principe et les modalités de rétablissement des réseaux** sont à valider avec les concessionnaires concernés, selon la solution retenue en phase PRO ;
- **Les incertitudes sur le détail des mesures compensatoires environnementales et paysagères** à mettre en œuvre (ces mesures seront détaillées dans les dossiers réglementaires) ;
- **Le coût de la démolition (désamiantage éventuel) et l'évacuation éventuel d'ouvrages** (bâtis, box en bois,...) dans les emprises de la rétention temporaire d'eau.

Les estimations présentées dans le chapitre ci-après ne prennent pas en compte les coûts liés aux incertitudes et aléas présentés ci-avant, mais un aléa global de 15% a toutefois été pris en compte dans ces estimations.

6.2 Synthèse chiffrage estimatif AVP

Sous les réserves précédentes, la synthèse du chiffrage au stade AVP (hors entretien, hors études complémentaires...) figure dans le tableau suivant :

Synthèse des solutions du Détail Estimatif AVP (hors option)			
	Montant total hors taxes (hors aléa)	Montant total H.T y c aléa (15%)	Montant total TTC y c aléa
Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	4 206 575,00 €	4 837 561,25 €	5 805 073,50 €
Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m (solution de base)	4 289 975,00 €	4 933 471,25 €	5 920 165,50 €
Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	4 148 175,00 €	4 770 401,25 €	5 724 481,50 €
Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m	4 188 175,00 €	4 816 401,25 €	5 779 681,50 €
Synthèse du Détail Estimatif AVP			
Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m (solution de base)			
Sous-total Série 1 - Prix généraux			800 000,00 €
Sous-total Série 2 - Travaux préparatoires			316 500,00 €
Sous-total Série 3 - Travaux du Barrage			3 054 505,00 €
Sous-total Série 4 - Travaux de Voiries Réseaux Divers			66 670,00 €
Sous-total Série 5 - Mesures environnementales			52 300,00 €
Sous-total Série 6 - Mesures d'intégration paysagère			Déjà inclus dans prix du projet
Montant total hors taxes (hors aléa)			4 289 975,00 €
Aléa: 15%			643 496,25 €
Montant total hors taxes y c aléa			4 933 471,25 €
			TVA 20%
			986 694,25 €
Montant total toutes taxes comprises y c aléa			5 920 165,50 €
Sous-total Série 7 - Options			
Option : Piège à embâcles artificiel en entrée de pertuis			60 000,00 €
Option de secours reseaux			100 000,00 €
Solution de Base + toutes options			
Montant total hors taxes (hors aléa)			4 449 975,00 €
Aléa: 15%			667 496,25 €
Montant total hors taxes y c aléa			5 117 471,25 €
			TVA 20%
			1 023 494,25 €
Montant total toutes taxes comprises y c aléa			6 140 965,50 €

Commentaire : Le coût de l'entretien de l'ouvrage a été estimé à environ 100 000 €H.T./an (soit ~2% du montant des travaux).
Le Détail du chiffrage estimatif et des métrés est consigné dans la pièce 4 du dossier AVP- Détail Estimatif AVP.

7. Annexes

7.1 Revanches aux vagues

La revanche est la différence entre la cote de retenue et la crête du barrage.

Au-delà de la définition des différentes situations de crue, il s'applique une revanche aux vagues pour chaque situation. D'après les « Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages (CFBR, juin 2013) », les différentes revanches à considérer sont les suivantes :

- Une revanche R1, calculée à partir du niveau de la retenue normale.
- une revanche R2 calculée à partir du niveau des PHE.

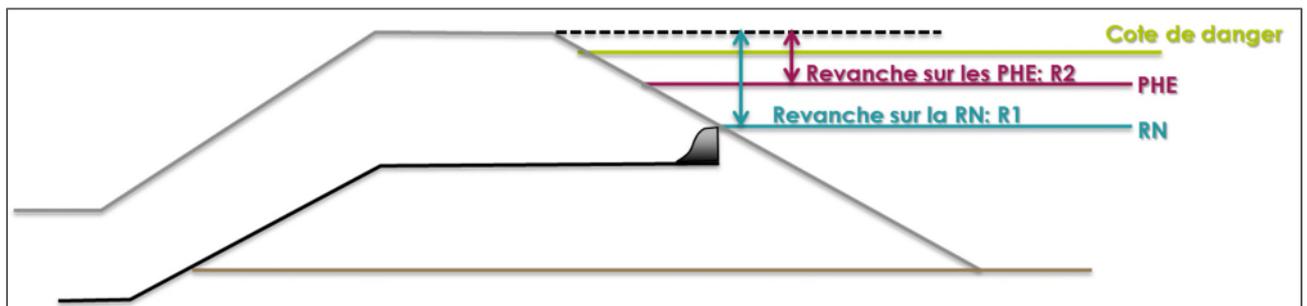


Figure 76 : Revanche dans le cas d'un barrage mur pare-vague

La parade pour assurer une protection contre les vagues peut également consister en un mur pare-vagues placé sur le bord amont de la crête. Dans ce cas, la revanche est donnée par rapport au sommet du mur pare-vague.

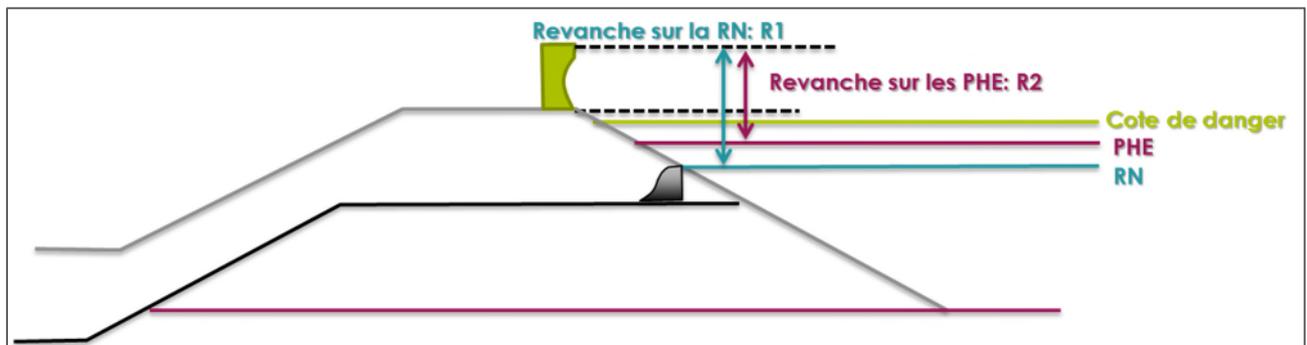
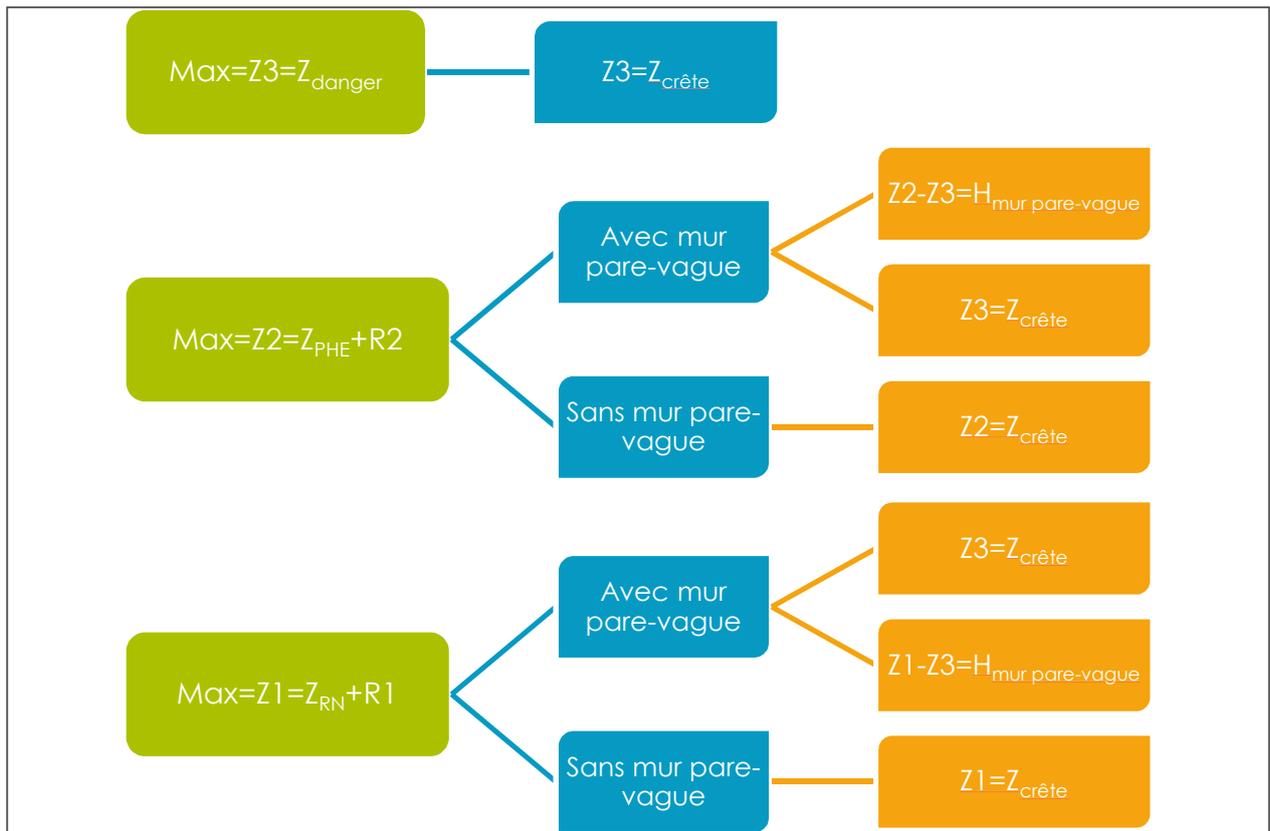


Figure 77 : Revanche dans le cas d'un barrage avec mur pare-vague

À partir des schémas ci-dessus, la cote de crête du barrage et la hauteur du mur pare-vague sont déterminées comme suit :



In fine, il est ainsi retenu comme niveau de protection avec revanche le maximum de :

- la cote de danger.
- la cote « retenue PHE + revanche R2 ».
- la cote « retenue RN + revanche R1 ».

7.1.1 Principe de calcul de la revanche aux vagues

La méthode de calcul est issue des recommandations du CFBR – Annexe 2.

La revanche aux vagues est calculée en fonction de la hauteur des vagues qui pourraient se former à la surface de la retenue. En effet, lorsque le vent souffle sur un plan d'eau, il génère des vagues qui peuvent se propager en direction du barrage. Dans ce cas-là, les vagues formées déferlent sur le parement. En fonction de la différence d'altitude existant entre la cote du plan d'eau en situation de vent et la crête, un certain pourcentage des vagues passe par-dessus la crête et ruisselle sur le parement aval.

Dans le cas d'un barrage en remblais, une érosion plus ou moins importante de la crête et du parement aval en résulte.

Un barrage en béton ou en maçonnerie sans remblai à l'aval résiste à l'action des vagues ; mais pour des raisons liées à l'exploitation, il n'est pas souhaitable que la crête soit le siège de déferlements fréquents.

La crête doit donc être positionnée à une altitude suffisante pour que le pourcentage de vagues qui l'atteignent soit faible.

Deux situations de projet sont à prendre en compte vis-à-vis du vent :

- Un **vent de période de retour 1000 ans** soufflant sur la **retenue normale**. Il en résultera une **revanche R1** ;
- Un **vent de période de retour 50 ans** soufflant sur une retenue qui se trouve à la cote des **PHE**. Il en résultera une **revanche R2**.

Pour chaque situation de projet vis-à-vis du vent, le calcul de la revanche s'effectue ensuite en plusieurs étapes définies ci-après.

7.1.1.1 Estimation de la vitesse du vent

La vitesse d'un vent de période de retour 50 ans est donnée par la carte des vents suivant les régions de France (*Régions de vent Eurocode 1 France - EN1991-1-4 NA (AFNOR Pr NF P06-114-1/NA mars 2008)*).



Figure 78 : Carte des régions des vents définies par l'Eurocode 1

Le Riou de l'Argentière au droit du site des Barnières (83) est situé dans la zone 2 de la carte définie dans l'Eurocode 1.

Pour le site des Barnières, la valeur de base de la vitesse de référence pour un vent de période de retour 50 ans est de 24 m/s, soit 86,4 km/h.

L'application de la formule suivante ou des coefficients associés permet de calculer le vent de période de retour 1000 ans :

$$\frac{V_t}{V_{50}} = \sqrt{\frac{1 - 0,33 \cdot \ln(-\ln(1 - 1/T))}{2,29}}$$

Période de retour T (années)	Facteur multiplicatif
5	0.81
10	0.87
20	0.93
50	1
100	1.05
200	1.10
500	1.15
1 000	1.20
10 000	1.33

Tableau 37 : Coefficients multiplicateurs pour le calcul des vents de différentes périodes de retour

Pour le site des Barnières, la valeur d'un vent de période de retour 1000 ans est donc de 103,7 km/h, soit 28,8 m/s.

7.1.1.2 Estimation de la hauteur des vagues

Le calcul de la hauteur des vagues est mené conformément à l'annexe 2 des recommandations du CFBR.

Connaissant la vitesse du vent (cf. § ci-avant), la hauteur des vagues est estimée ; Plutôt qu'à la hauteur maximale des vagues, on s'intéresse à leur hauteur significative (notée H_s) c'est-à-dire la hauteur moyenne du tiers supérieur de toutes les vagues du spectre.

2 méthodes ont été testées (Smith et Bretschneider) :

7.1.1.2.1 Méthode de Smith :

Pour le calcul de la hauteur des vagues, les recommandations du CFBR préconisent d'utiliser la formule de (Smith et al.,1991), adaptée aux conditions d'eau profonde :

$$H_s = 0,00048 \hat{U}_a \sqrt{F}$$

$$\hat{U}_a = U_a \cdot \cos(\theta)$$

$$U_a = V_w \cdot \sqrt{0,75 + 0,067 \cdot V_w}$$

Avec :

- H_s désignant la hauteur significative des vagues en m ;
- F désignant la longueur du fetch de la retenue en m (cf. figure ci-après) ;
- \hat{U}_a désignant la vitesse efficace ajustée du vent à 10 m de hauteur en m/s ;
- U_a désignant la vitesse efficace du vent à 10 m de hauteur en m/s ;
- θ l'angle entre les directions du vent et des vagues ;
- V_w désignant la vitesse moyenne du vent sur la durée à considérer, à 10 m au-dessus de la surface de l'eau, pour la période de retour choisie. Sans information sur la direction des vents, on prendra $\hat{U}_a = U_a$.

Le fetch F (surface d'eau continue sur laquelle le vent souffle) et la profondeur D sont définis dans la figure ci-après

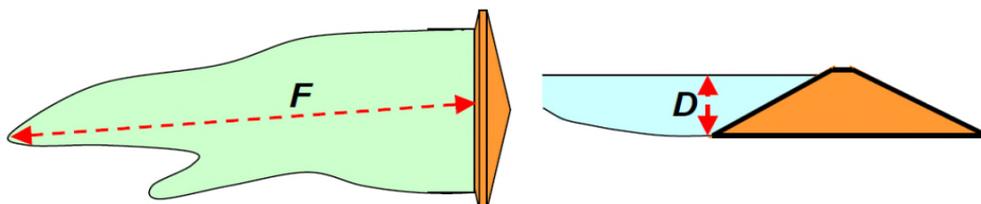


Figure 79 : Définition du fetch F et de la profondeur D

Dans le cas des vents supérieurs à 120 km/h, cette méthode donne de meilleurs résultats que celle de Bretschneider, dont les formules font également intervenir la profondeur D du plan d'eau (cf. figure ci-avant), et qui est proposée dans l'ouvrage

(CFBR, 1997). La formule de Bretschneider est toutefois bien adaptée pour les retenues ou la superficie est <100ha.

Dans la formule de (Smith et al., 1991), il faut donner la vitesse du vent à la surface de l'eau. Comme les données proviennent en général d'une station terrestre, elles doivent alors être corrigées du fait du passage du vent sur la surface très lisse du plan d'eau. Majoration selon le fetch via l'abaque de Saville et al., 1962 ci-après :

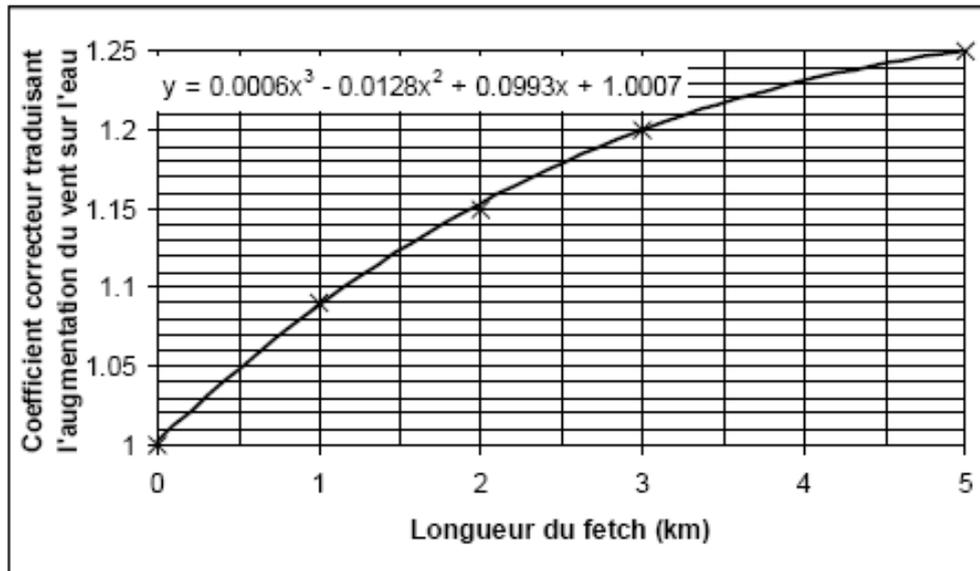


Figure 80 : Abaque de Saville et Al 1962.

Une seconde correction sur les données de vitesse de vent (généralement sur une heure) est nécessaire pour les transposer à la durée minimale de vent (t_{min}) nécessaire à la formation des vagues. C'est la durée à partir de laquelle les hauteurs de vague sont limitées par le fetch et elle correspond aux vagues de hauteur maximale. Elle peut être obtenue par application d'une autre formule de (Smith et al., 1991) :

$$t_{min} = 27.F^{0,72} . \hat{U}_a^{-0,44}$$

La vitesse moyenne du vent sur une heure (U_{3600}) est liée à la vitesse $U_{t_{min}}$ correspondant à t_{min} par la formule suivante, selon (USACE, 1984) :

$$\text{si } t_{min} < 3600 \text{ s, } \quad \frac{U_{t_{min}}}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296.tanh\left(0,9.\log\frac{45}{t_{min}}\right)$$

$$\text{et si } t_{min} > 3600 \text{ s } \quad \frac{U_{t_{min}}}{U_{3600}} = 1,5334 - 0,15.\log(t_{min})$$

Un calcul itératif permet de déterminer U_a correspondant à la donnée du vent mesurée au sol pour la durée adéquate t_{min}

Pour la première itération, on part de $U=U_{3600}$ corrigé de l'effet plan d'eau lisse, on calcule U_a

$$\text{par : } U_a = V_w \cdot \sqrt{0,75 + 0,067 \cdot V_w} \quad \text{avec } V_w = U_{3600}$$

$$\text{Puis } t_{\min} \text{ par : } t_{\min} = 27 \cdot F^{0,72} \cdot \hat{U}_a^{-0,44}$$

La 2^{ème} itération consiste à recalculer U correspondant au t_{\min} précédemment calculé par la

$$\text{si } t_{\min} < 3600 \text{ s, } \frac{U_{t_{\min}}}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \cdot \tanh\left(0,9 \cdot \log \frac{45}{t_{\min}}\right)$$

$$\text{et si } t_{\min} > 3600 \text{ s } \frac{U_{t_{\min}}}{U_{3600}} = 1,5334 - 0,15 \cdot \log(t_{\min})$$

formule :

puis on recalcule U_a , puis t_{\min} et ainsi de suite. On s'arrête lorsque t_{\min} est stabilisé et 3 ou 4 itérations suffisent. Les tableaux fournis ci-après dispenseront en général de faire ces calculs dans des cas courants.

Le tableau ci-après donne les valeurs de la hauteur significative des vagues pour des cas courants (profondeur de l'eau D et longueur du fetch F en mètres), calculée par la méthode de Smith pour les cas d'eau profonde. Elles ne dépendent pas de la profondeur d'eau. Pour $D = 5$ m, les valeurs résultent de l'application de formules valables en eau non profonde, dues à Bretschneider et Reid (USACE, 1984) et sont légèrement inférieures, d'au plus 6 % dans les exemples du tableau.

D (m) ↓	U F(m)	120 km/h		150 km/h		180 km/h	
		100	500	100	500	100	500
5		0,27	0,59	0,49	0,98	0,64	1,26
10		0,28	0,61	0,49	1,02	0,64	1,34
15		0,28	0,61	0,49	1,02	0,64	1,34

Tableau 38 : Hauteur significative des vagues (H_s) en fonction de la vitesse du vent (U), de la longueur du fetch de la retenue (F) et de sa profondeur (D)

La hauteur de la vague de projet Hd est ensuite calculée. Elle dépend du pourcentage de vagues du spectre que l'on accepte de laisser dépasser de la crête. Elle est classiquement exprimée sous la forme **Hd = K.Hs**, où le coefficient K prend les valeurs suivantes, selon (Saville et al., 1962) :

K	% de vagues dont la hauteur dépasse Hd
0.75	32%
0.89	20%
1.00	13%
1.07	10%
1.25	5%
1.33	3%
1.58	1%

Tableau 39 : Coefficients relatifs au pourcentage de vagues dépassant de la crête

Le pourcentage de vagues que l'on autorise à passer sur l'ouvrage dépend de la résistance des matériaux à l'impact des vagues.

Il est recommandé d'accepter que 5 % des vagues déferlent (K = 1,25) pour les barrages en terre, 13 % pour les barrages à parement aval en enrochements (K = 1,0) et 30 % pour les barrages-poids ou voûtes (K = 0,75) . Toutefois, on adoptera la même valeur sécuritaire que pour les barrages en remblais (K = 1,25) dans les cas suivants :

- barrage poids fondé sur terrain meuble ou érodable, cas a priori rare et limité à de très petits ouvrages ;
- barrage-poids conforté par un remblai aval ;
- barrage-poids ou voûte comportant une plate-forme aval en remblai avec des dispositifs d'auscultation, ou des voies d'accès à divers organes importants du barrage...

Le cas des barrages mobiles au fil de l'eau, pour lesquels la sensibilité au déversement est faible, mérite une détermination au cas par cas.

Pour l'ouvrage des Barnières, le coefficient sécuritaire K = 1,25 (ouvrage en remblais) a été retenu.

7.1.1.2.2 Méthode de Bretschneider

Dans le cas de vents supérieurs à 120 km/h, la méthode de Smith donne de meilleurs résultats que celle de Bretschneider. Toutefois, pour les vents inférieures à 120 km/h et pour des retenues où la superficie est <100ha, la formule de Bretschneider est bien adaptée et fait partie des recommandations du CFBR 1997 et des recommandations du CFGB (Petits Barrages, 2002) :

$$h = 0,26.th \left[0,578 \cdot \left(\frac{g \cdot D}{U^2} \right)^{3/4} \right] \cdot th \left[\frac{0,01 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot F}{U^2}}}{th \left(0,578 \cdot \left(\frac{g \cdot D}{U^2} \right)^{3/4} \right)} \right] \cdot \frac{U^2}{g}$$

Avec, **h = Hd = Hauteur de la vague de projet**, F, D, U=Vitesse de vent de projet après correctifs Saville et USACE, définis précédemment.

7.1.1.3 Estimation des revanches

7.1.1.3.1 Estimation des revanches selon CFBR 2013 (Run up)

La hauteur de déferlement (run up en anglais), notée R, est la différence de hauteur verticale entre le niveau maximal atteint par le déferlement de la vague sur le parement amont et le niveau du plan d'eau. Cette hauteur dépend de la nature du barrage (pente du parement, rugosité du matériau).

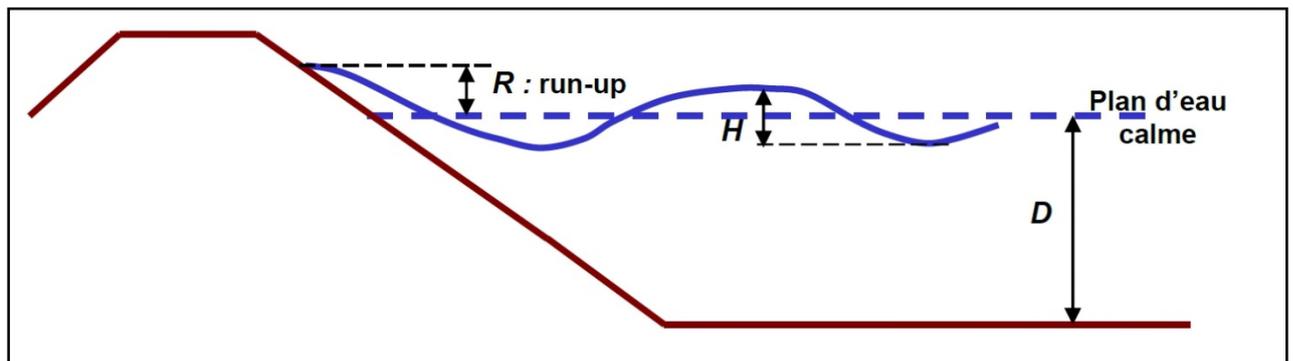


Figure 81 : Définition de la hauteur de déferlement

Dans le cas d'un barrage en remblais à parement amont lisse (masque en béton, géomembrane non recouverte). Le déferlement relatif de la vague (R/Hd) est donné par le **tableau ci-après** résultant de la formule de (Saville et al., 1962), en fonction de la pente du talus et de Hd/L ;

Où L, longueur d'onde des vagues, est donnée par :

$L = 1.56 T^2$, formule valable si $D > L / 2$. T est la période du pic spectral des vagues et peut être

estimée, par une formule due à (Smith, 1991) : $T = 0.0716 \cdot F^{0,28} \cdot \hat{U}_a^{0,44}$

Pente du talus amont →	1/3	1/2,5	1/2
$H_d/L = 0,1$	1,15	1,4	1,9
$H_d/L = 0,08$	1,37	1,64	2,0
$H_d/L = 0,07$	1,49	1,73	2,0

Tableau 40 : Valeurs du déferlement relatif R/Hd sur un parement lisse

Dans le cas, d'un barrage en remblais à parement amont rugueux. Les vagues déferlent alors moins haut. On propose, selon les publications de l'Institution of Civil Engineers (ICE, 1996) et le South African Committee on Large Dams (SACOLD, 1990), de prendre 60 % de la revanche nécessaire pour un parement amont lisse.

Ainsi, une fois le déferlement relatif de la vague (R/Hd) estimé pour un ouvrage à parement lisse, le déferlement relatif de la vague (R/Hd) estimé pour un ouvrage à parement rugueux est obtenu par application d'un coefficient de 60%.

Dans le cas d'un barrage en maçonnerie ou en béton à parement amont vertical ou quasiment vertical. Selon (ICE, 1989), la valeur du run-up est de l'ordre de grandeur de la hauteur de vague en eau profonde. On adoptera donc les valeurs du tableau des Hs précédent pour la hauteur caractéristique, à affecter du coefficient 0,75 ou 1,25 pour la vague

de projet (0,75 pour le cas général ; 1,25 si une partie meuble aval joue un rôle important pour la stabilité ou pour l'exploitation).

Selon cette méthode, la revanche est enfin prise égale à la hauteur de déferlement R.

Pour l'ouvrage des Barnières, la hauteur de déferlement sera calculée pour un ouvrage en remblais à parement rugueux.

Cette méthode (Run up), préconisée par le CFBR 2013, sera utilisée avec les résultats des Hd issus des 2 méthodes Smith et Bretschneider.

7.1.1.3.2 Estimation des Revanches selon recommandations CFGB (Petits barrages 2002)

D'après les recommandations du CFBR 1997 et les recommandations du CFGB (Petits Barrages, 2002), la méthode de Gaillard est préconisée pour le calcul des revanches, ainsi, que le calcul de revanches minimales par rapport à la PHE.

7.1.1.3.2.1 La revanche de Gaillard est prise égale à :

$$R = 0,75.H_D + \frac{V_p^2}{2.g}$$

où $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, **Hd= hauteur de la vague de projet**, **Vp = vitesse de propagation du vent** trentenaire de durée une heure, qui peut être évaluée par la formule de GAILLARD :

v = 1,5 + 2 h , où h= Hd en m et v en m/s.

Il est préconisé une valeur minimale de la revanche R en remblai (sécurité aussi vis-à-vis des PHE, du tassement, d'une fissuration amont-aval de la crête) en fonction de $H^2\sqrt{V}$, avec H hauteur du barrage et V volume de la retenue selon décrets de mai 2015, par la formule :

$$R_{\min} = (H^2\sqrt{V})^{1/4}/4.$$

La revanche retenue sera la revanche maximale entre les revanches estimées par les méthodes de Run Up (BRETSCHNEIDER), GAILLARD, et revanche minimale.

Lorsque le remblai est zoné et comporte un noyau étanche avec une recharge amont perméable, ce dernier doit au moins atteindre la cote [PHE + 0,5 Rmin].

$H^2\sqrt{V}$	5	30	100	300	700	1 500
R minimum en m (remblai)	0,40	0,60	0,80	1,05	1,30	1,55

Tableau 41 : Revanche minimale en remblai

7.1.1.4 Estimation de la cote de la crête du barrage ou du pare-vague

À l'issue du calcul des revanches selon les différentes méthodes pour les deux situations de projet, on détermine les revanches R1 pour RN et R2 pour PHE :

- Par la méthode de Smith pour Hd et Run up ;
- Par la méthode de Bretschneider pour Hd et Run up ou Gaillard ou Revanche minimale.

À l'issue du calcul des revanches pour les deux situations de projet, on trouve la plus forte des cotes de danger, RN +R1 et PHE +R2 et on fixe la cote de la crête (après tassement) au moins à cette valeur.

En variante, on peut atteindre cette cote à l'aide d'un mur pare-vagues construit contre le bord amont de la crête. Dans ce cas, la cote de crête doit être au moins égale à celle des PHE. Dit autrement, le pare-vagues sert uniquement aux vagues, pas à protéger le barrage contre la crue de projet. Il peut jouer le rôle de mur pare-vague pour la sécurité des personnels ou des automobilistes si une route publique emprunte la crête. La largeur de la crête doit éventuellement être adaptée à la présence d'un pare-vagues pour disposer d'une piste de circulation de largeur suffisante. Il est recommandé que la hauteur du pare-vagues ne dépasse pas 1,5 m.

Pour l'ouvrage des Barnières, les revanches retenues seront calculées par la méthode de Bretschneider pour Hd et Run up ou Gaillard ou Revanche minimale, car ces méthodes sont plus adaptées aux petits barrages avec des petites retenues (< 100 ha) et des vents < 120 km/h.

7.1.2 Calcul des revanches pour l'ouvrage des Barnières

7.1.2.1 Calcul de la hauteur de vagues de projet Hd en situation RN pour l'ouvrage des Barnières

Rappel des données d'entrée nécessaire :

Données d'entrée		
Carte des Vents Eurocode 1	Zone	2
Vent T=50m/s	m/s	24
Cote de crête	m	75
Cote de la retenue (RN)	m	71.5
Cote au pied du talus amont	m	59.95
Fetch = F	m	800
Pente du talus amont	H:V	2.5
Alpha (type de barrage) = K	-	1.25
Profondeur moyenne (Hauteur utile D)	m	11.55
Vitesse du vent annuel maximal journalier sur 1 heure (terre) T=50	m/s	24
Angle de la direction du vent par rapport au fetch = Θ	°	0

Estimation du vent :

Détermination de la vitesse du Vent de projet		
Vitesse du vent sur Terre avant correction		
Vitesse du vent sur Terre (RN Vent T=1000ans)	m/s	28.8
Vitesse du vent de projet sur terre (RN Vent(T=1000ans))	m/s	28.8
Vitesse du vent après correction selon Saville		
Fetch	km	0.80
Profondeur moyenne (Hauteur utile D) (RN - Niveau pied de talus amont)	m	11.55
Coefficient Saville= C_Saville		1.07
Vitesse du vent sur le lac selon Saville = C_Saville x V vent T 50 ans	m/s	30.88
Vitesse du vent de projet sur le lac selon Saville = C_Saville x V vent T 50 ans	km/h	111.17
Vitesse du vent après correction selon Saville et USACE (méthode itérative)		
Vitesse du vent moy. sur 1 h = U3600 après correctif Saville = Utmin au pas 0	m/s	30.88
tmin au pas n	s	567.08
Vitesse U tmin	m/s	32.51
Vitesse efficace, Ua	m/s	55.63
Angle entre la direction du vent et des vagues*	°	0
Vitesse efficace ajustée, \hat{U}_a	m/s	55.63
tmin au pas n+1		567.08
Delta tmin		0.00
Vitesse du vent de projet Finale après correctifs Saville et USACE = V vent T 1000 ans	m/s	32.51
Vitesse du vent de projet Finale après correctifs Saville et USACE = V vent T 1000 ans	km/h	117.04

Estimation de la hauteur de vagues de projet :

Calcul de la hauteur de vagues Hd (précision 0.25m)			
		Smith	Bretschneider
Fetch	m	800	
	km	0.80	
Vitesse du vent corrigée selon SAVILLE et USACE	m/s	32.51	
	km/h	117.04	
Angle entre la direction du vent et des vagues*	°	0.00	
Periode de la vague, T	s	2.73	2.73
Vitesse efficace, Ua	m/s	55.63	
Vitesse efficace ajustée, Ūa	m/s	55.63	
Hauteur significative, Hs	m	0.76	
Durée minimale, t_min		567.08	0.16
Hauteur des vagues de projet, Hd	m	0.94	0.75
Longueur de vague en eau profonde, $L = 1,56 \cdot T^2$	m	11.60	11.60
Vitesse de propagation, Vp selon formule de Gaillard	m/s	3.39	2.99

* En l'absence d'informations, $\hat{U}a=Ua$

Tableaux de synthèse de calcul des hauteurs des vagues pour la revanche R1 (situation RN)
7.1.2.2 Calcul de la hauteur de vagues de projet Hd en situation PHE pour l'ouvrage des Barnières
Rappel des données d'entrée nécessaire :

Données d'entrée		
Carte des Vents Eurocode 1	Zone	2
Vent T=50m/s	m/s	24
Cote de crete	m	75
Cote de la retenue (PHE)	m	73.38
Cote au pied du talus amont	m	59.95
Fetch = F	m	800
Pente du talus amont	H:V	2.5
Alpha (type de barrage) = K	-	1.25
Profondeur moyenne (Hauteur utile D)	m	13.43
Vitesse du vent annuel maximal journalier sur 1 heure (terre) T=50	m/s	24
Angle de la direction du vent par rapport au fetch = Θ	°	0

Estimation du vent :

Détermination de la vitesse du Vent de projet		
Vitesse du vent sur Terre avant correction		
Vitesse du vent sur Terre (RN Vent T=1000ans)	m/s	28.8
Vitesse du vent de projet sur terre (PHE Vent T=50ans)	m/s	24
Vitesse du vent après correction selon Saville		
Fetch	km	0.80
Profondeur moyenne (Hauteur utile D) (PHE - Niveau pied de talus amont)	m	13.43
Coefficient Saville= C_Saville		1.07
Vitesse du vent sur le lac selon Saville = C_Saville x V vent T 50 ans	m/s	25.73
Vitesse du vent de projet sur le lac selon Saville = C_Saville x V vent T 50 ans	km/h	92.64
Vitesse du vent après correction selon Saville et USACE (méthode itérative)		
Vitesse du vent moy. sur 1 h = U3600 après correctif Saville = Utmin au pas 0	m/s	25.73
tmin au pas n	s	634.53
Vitesse U tmin	m/s	26.95
Vitesse efficace, Ua	m/s	43.09
Angle entre la direction du vent et des vagues*	°	0
Vitesse efficace ajustée, Ūa	m/s	43.09
tmin au pas n+1		634.53
Delta tmin		0.00
Vitesse du vent de projet Finale après correctifs Saville et USACE = V vent T 50 ans	m/s	26.95
Vitesse du vent de projet Finale après correctifs Saville et USACE = V vent T 50 ans	km/h	97.04

Estimation de la hauteur de vagues de projet :

Calcul de la hauteur de vagues Hd (précision 0.25m)			
		Smith	Bretschneider
Fetch	m	800	
	km	0.80	
Vitesse du vent corrigée selon SAVILLE et USACE	m/s	26.95	
	km/h	97.04	
Angle entre la direction du vent et des vagues*	°	0.00	
Periode de la vague, T	s	2.44	2.44
Vitesse efficace, Ua	m/s	43.09	
Vitesse efficace ajustée, Ūa	m/s	43.09	
Hauteur significative, Hs	m	0.59	
Durée minimale, t_min		634.53	0.18
Hauteur des vagues de projet, Hd	m	0.73	0.62
Longeur de vague en eau profonde, L = 1,56 . T ²	m	9.27	9.27
Vitesse de propagation, Vp selon formule de Gaillard	m/s	2.96	2.75

* En l'absence d'informations, Ūa=Ua

Tableaux de synthèse de calcul des hauteurs des vagues pour la revanche R2 (situation PHE)

7.1.2.3 Calcul des revanches pour l'ouvrage des Barnières par la méthode Smith/ Run up

Synthèse des résultats importants précédents :

Le Vent

Selon Eurocode 1	
Zone de la carte des vents de l'Eurocode 1	2
Vitesse de vent de projet (PHE) de période de retour 50 ans (km/h)	86.40
Vitesse de vent de projet (RN) de période de retour 1000 ans (km/h)	103.68

Estimation de la hauteur des vagues sur le plan d'eau (méthode Smith)

Saisir F : La longueur du fetch de la retenue (m)	800
Saisir θ : L'angle entre les directions du vent et les vagues. En cas de manque d'information, saisir 0 (degrés)	0

	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Coefficient de majoration de vitesse	Selon Saville et USACE	
Vitesse de vent de projet après correctifs Saville et USACE (km/h)	97.04	117.04
Ua (m/s)	43.09	55.63
\hat{U}_a (m/s)	43.09	55.63
Hauteur significative des vagues : Hs (m)	0.59	0.76

Calcul de la vague de projet (méthode Smith)

Choisir le type du barrage OU le pourcentage de vagues que l'on autorise à passer sur l'ouvrage

	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Sélectionner le type du barrage	Barrage à parement aval en enrochement	
Pourcentage de vagues autorisées à déferler sur l'ouvrage selon les recommandations (%)	13.00%	
Préciser le pourcentage de vagues retenu que l'on autorise à passer sur l'ouvrage (%)*	5%	
Coefficient K	1.25	
La vague de projet : Hd (m)	0.73	0.94

* Au vue de la configuration du site et de l'érodabilité des rives, il est retenue le % de vague d'un ouvrage en remblais (5%) plus sécuritaire

Détermination de la hauteur de déferlement (Run up)

	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Profondeur d'eau, Hauteur utile D (m)	13.43	11.55
Période du pic spectral des vagues T (s)	2.44	2.73
Longueur d'onde des vagues : L (m)	9.27	11.60

Choisir un type de barrage:	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Barrage en remblai à parement amont rugueux		
Sélectionner la pente du talus amont	½.5	
<i>Hd/L</i>	0.079	0.081
Déferlement relatif (pour un barrage en remblai à parement amont lisse) : R/Hd	1.730	1.640

Déferlement correspondant pour le type de barrage retenu : R (m)**	0.76	0.93
**Le barrage étant en remblai à parement rugueux, $R = (R/Hd) * Hd * 60\%$		

Détermination de la cote de la crête du barrage ou du pare-vague

Cote de la RN (m NGF)	71.5
Cote des PHE (m NGF)	73.38
Cote de Danger (m NGF)	73.78
Cote de la RN + R (m NGF)	72.43
Cote des PHE + R (m NGF)	74.14
La revanche retenue (m)	0.76
Cote de la crête du barrage sans mur pare-vague minimum (m NGF)	74.14
Cote de la crête du barrage avec mur pare-vague minimum (m NGF)	73.38
Hauteur minimum du mur pare vague éventuel (m)	0.76
Cote de la crête du barrage sans mur pare-vague retenue (m NGF)	74.20
Cote de la crête du barrage avec mur pare-vague minimum (m NGF)	73.40
Hauteur du mur pare vague éventuel (m)	0.80

Les cotes de crête de l'ouvrage sont définies par le maximum entre Cote Vent 1000 ans RN +R1, Cote Vent 50 ans PHE + R2, Cote de crue de danger.

7.1.2.4 Calcul des revanches pour l'ouvrage des Barnières par la méthode Bretschneider/ Run Up ou Gaillard ou revanche minimale

Synthèse des résultats importants précédents :

Le Vent

Selon Eurocode 1	
Zone de la carte des vents de l'Eurocode 1	2
Vitesse de vent de projet (PHE) de période de retour 50 ans (km/h)	86.40
Vitesse de vent de projet (RN) de période de retour 1000 ans (km/h)	103.68

Calcul de la vague de projet (méthode Bretschneider)

Choisir le type du barrage OU le pourcentage de vagues que l'on autorise à passer sur l'ouvrage

Longueur du fetch de la retenue : F (m)	800	
θ : L'angle entre les directions du vent et les vagues. En cas de manque d'information, saisir 0 (degrés)	0	
	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Coefficient de majoration de vitesse	Selon Saville et USACE	
Vitesse de vent de projet après correctifs Saville et USACE : U (km/h)	97.04	117.04
Profondeur d'eau, Hauteur utile : D (m)	13.43	11.55
La vague de projet : Hd (m)	0.62	0.75

Détermination de la revanche (methode Run up, hauteur de déferlement)

	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Profondeur d'eau, Hauteur utile D (m)	13.43	11.55
Période du pic spectral des vagues T (s)	2.44	2.73
Longueur d'onde des vagues : L (m)	9.27	11.60

Choisir un type de barrage:	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Barrage en remblai à parement amont rugueux		
Sélectionner la pente du talus amont	1/5	
<i>Hd/L</i>	0.067	0.064
Déferlement relatif (pour un barrage en remblai à parement amont lisse) : R/Hd	1.730	1.730
Déferlement correspondant pour le type de barrage retenu : R (m)**	0.65	0.78
**Le barrage étant en remblai à parement rugueux, $R = (R/Hd) * Hd * 60\%$		

Détermination de la revanche minimale (Méthode Gaillard, revanche minimale)

	Période de retour	
	50 ans (Situation PHE)	1000 ans (Situation RN)
Vitesse de propagation, Vp selon formule de Gaillard (m/s)	2.75	2.99
Revanche Gaillard (m)	0.85	1.02
Revanche minimale		
Hauteur de l'ouvrage selon décret de mai 2015 (m): H	11.55	Sans Objet
Volume de la retenue selon décret de mai 2015 (Mm3) : V	0.39	Sans Objet
H ² *racine(V)	82.97	Sans Objet
Revanche minimale tous type d'ouvrage par rapport au PHE (m)	0.75	Sans Objet
Revanche minimale spécifique aux ouvrages en remblais zonés par rapport au PHE (m): 0.5 * Rmin	0.40	Sans Objet

Revanche minimale à retenir (m)	0.85	1.02
<i>La revanche minimale est la plus sécuritaire</i>		

Détermination de la cote de la crête du barrage ou du pare-vague (méthode Bretschneider, Gaillard, revanche minimale)

Cote de la RN (m NGF)	71.5
Cote des PHE (m NGF)	73.38
Cote de Danger (m NGF)	73.78
Cote de la RN + R (m NGF)	72.52
Cote des PHE + R (m NGF)	74.23
La revanche retenue (m)	0.85
Cote de la crête du barrage sans mur pare-vague minimum (m NGF)	74.23
Cote de la crête du barrage avec mur pare-vague minimum (m NGF)	73.38
Hauteur minimum du mur pare vague éventuel (m)	0.85
Cote de la crête du barrage sans mur pare-vague retenue (m NGF)	74.25
Cote de la crête du barrage avec mur pare-vague minimum (m NGF)	73.40
Hauteur maximale du mur pare vague éventuel (m)	0.85

Les cotes de crête de l'ouvrage sont définies par le maximum entre Cote Vent 1000 ans RN +R1, Cote Vent 50 ans PHE + R2, Cote de crue de danger.

Pour l'ouvrage des Barnières, les revanches retenues seront calculées par la présente méthode de Bretschneider pour Hd et Gaillard pour R, car ces méthodes sont plus adaptées aux petits barrages avec des petites retenues (< 100 ha) et des vents < 120 km/h que la méthode de Smith et car la méthode de Gaillard est plus sécuritaire que la méthode de revanche minimale.

7.2 Coursier et Dissipateur d'énergie

7.2.1 Principe de dimensionnement :

La ligne d'eau sur le coursier et dans la fosse de dissipation aval (ressaut hydraulique) est estimée par un calcul 1D de la manière suivante pour la crue Q10 000 :

Données d'entrée :

- Q (m³/s) = Débit de projet;
- L (m) = Largeur déversante;
- m = Fruit des parements latéraux ;
- K_s = Coefficient de Strickler ;
- Z seuil (m NGF) = Cote amont du seuil (cote max) ;
- H/V = Fruit du coursier.

Calcul de l'écoulement critique à l'amont :

- Hauteur critique : $y_c = \left[\frac{1}{g} \left(\frac{Q}{L} \right)^2 \right]^{\frac{1}{3}}$
- Vitesse à y_c : $V = \sqrt{g y_c}$
- Charge à l'amont : $Z_{amont} = Z_{seuil} + y_c + \frac{V^2}{2g}$
- Vérification de : $\frac{V^2}{2g} = \frac{1}{3} y_c$

Calcul itératif de la ligne d'eau par discrétisation entre deux sections :

Le calcul est mené entre deux sections, définie par :

- Q = Débit ;
- DZ = Pas de calcul vertical ;
- DL = Pas de calcul horizontal ;
- L1 = Largeur déversante amont 1 ;
- L2 = Largeur déversante aval 2 ;
- m = Fruit des parements latéraux ;
- K_s = Coefficient de Strickler ;

Par défaut, ces paramètres sont fixes et constants de section à section, mais peuvent être modifiés, afin de modéliser une géométrie variable.

Pour chaque itération, les paramètres suivants sont calculés :

- S1 = Surface mouillée amont ;
- S2 = Surface mouillée aval ;
- P1 = périmètre mouillée amont ;
- P2 = périmètre mouillée aval ;
- Rh1 = Rayon hydraulique amont ;
- Rh2 = Rayon hydraulique aval ;
- V1 = Vitesse amont ;
- V2 = Vitesse aval ;

- $E1 = E_{am} =$ Energie amont ;
- $E2 = E_{av} =$ Energie aval ;
- $E1 + DZ =$ Charge amont ;
- $DE =$ Perte de charge linéaire due aux frottements;
- $E2 + DE =$ Charge aval ;
- $Y_{am} =$ Tirant d'eau critique si section amont ou rappel du tirant d'eau aval de l'itération précédente.

Calcul de la perte de charge linéaire, DE :

Hypothèse : Pente de ligne d'eau = $i = j =$ pente du fond au droit de chaque section de calcul

$DE = i DL$

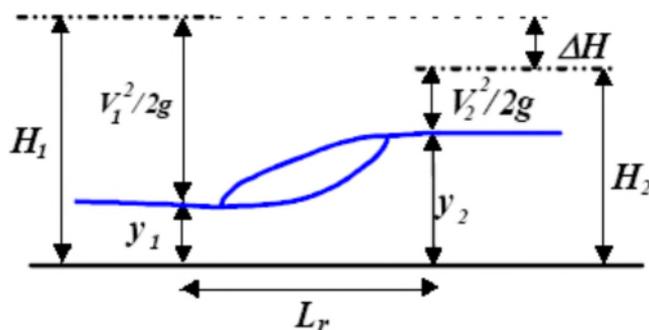
D'après la formule de Strickler : $i = \frac{V^2}{K_s^2 R_h^{4/3}}$

On en déduit : $DE = DL \frac{\left(\frac{V_1+V_2}{2}\right)^2}{K_s^2 \left(\frac{Rh_1+Rh_2}{2}\right)^{4/3}}$

Le tirant d'eau aval Y_{av} doit être calculé par « Valeur cible » (\Leftrightarrow itérations) de sorte à obtenir la condition ci-après : **Charge amont = Charge aval + Perte de charge** $\Leftrightarrow E1 + DZ = E2 + DE$

7.2.2 Calcul du ressaut hydraulique :

Le schéma de principe d'un ressaut hydraulique est rappelé ci-après :



$Y1$ et $V1$ sont issues du calcul de la ligne d'eau ci-avant (correspondant à Y_{av} et $V2$)

La feuille de calcul Excel détermine :

- $F1 =$ Le nombre de Froude en entrée du ressaut ;
- $Y2 =$ Le tirant d'eau conjugué ;
- $Lr =$ La longueur du ressaut.

à partir des formules ci-après :

- $F1 = \frac{V1}{\sqrt{g y1}}$
- $y2 = \frac{y1}{2} (\sqrt{1 + 8 F1^2} - 1)$
- $Lr = \frac{35 y2 \sqrt{F1}}{8 + F1}$

Conditions de Stabilité du ressaut :

- Si Z_2 (m NGF) < Niveau d'eau aval, alors le ressaut est chassé vers l'amont : Ressaut dit stable.
- Si Z_2 (m NGF) > Niveau d'eau aval, alors le ressaut est chassé vers l'aval : Ressaut dit instable.

Les hypothèses ci-après ont été retenues :

- Débit = $Q = 10\,000 = 315 \text{ m}^3/\text{s}$ sur le déversoir (\Leftrightarrow pertuis totalement bouché).
- Largeur déversante = 55 m (issue des résultats du modèle 2D).
- Largeur pied aval et fosse = 45 m (réduction de 5 m de part et d'autre du déversoir liée à l'entonnement de la vallée \Leftrightarrow topographie).
- Fruit des bajoyers latéraux du coursier : 1H/1V (\Leftrightarrow enrochements bétonnés).
- Strickler sur le coursier : 35 (\Leftrightarrow enrochements bétonnés).
- Cote de crête du déversoir = $Z_{\text{seuil}} = 71,5 \text{ m NGF}$ (issue des résultats du modèle 2D).
- Pente du parement du coursier = 2.5H/1V.
- Cote du Riou de l'Argentière aval de la fosse = $Z_{\text{aval}} = 60 \text{ m NGF}$ (issue de la topographie).
- Niveau d'eau aval : (issu soit des résultats du modèle 2D, soit d'une formule théorique de Manning).

2 calculs ont été menés selon la source du niveau d'eau aval (issu soit des résultats du modèle 2D, soit d'une formule théorique de Manning).

7.2.3 Dimensionnement du Coursier et du Bassin de dissipation

7.2.3.1 Dimensionnement à partir d'un niveau d'eau aval issu d'un Manning

Ouverture de fichier de profils préenregistrés

Création d'un fichier d'enregistrement

Ajouter un profil

Supprimer le profil

Enregistrer

Retour Menu

Profil PT aval Fosse - Pon

SAISIE DES DONNEES

Abscisse (m)	Cote (mNGF)
67.53	75.06
78.46	68.9
86.38	67.37
95.80	66.82
99.76	66.09
104.49	64.61
111.02	63.42
115.75	63.16
118.68	62.72
119.72	61.65
121.36	61.52
124.07	60.63
125.78	60.39
126.98	59.93
128.15	59.72
129.87	59.66
132.04	59.58
132.60	59.68
134.22	60.20
135.24	60.74
137.12	61.79
138.79	62.68
141.16	63.22
143.52	64.52
145.70	64.41
152.34	65.10
156.54	66.01
161.27	67.22
165.50	68.90
171.19	70.59
183.74	75.03

Abscisses de séparation des lits

Lits	Abscisse
RG / mineur	115.75
mineur / RD	143.52

Coefficients de Strickler

Lit	K
Lit majeur RG	12.00
Lit mineur	20.00
Lit majeur RD	12.00

Pente aval (m/m)

I	0.01
---	------

Riou

Niveau d'eau (mNGF) 64.33847285

Débit m³/s 315.00

Unité de débit m³ / s l / s

Calcul de Q à H donné

Calcul de H à Q donné

Calcul de la loi hauteur-débit

- pas de calcul de la ligne d'eau (m)
- hauteur de début de calcul (mNGF)
- hauteur de fin de calcul (mNGF)

Calcul sans prise en compte des effets DEBORD

Calcul de la loi Q(h)

Visualisation de la loi Q(h)

OPTION DE CALCUL

Résultats

Lit	RG	Mineur	RD	Total
Surface (m ²)	7.27	82.20	0.00	89.47
Perimetre (m)	9.86	29.26	0.00	39.12
Largeur (m)	9.77	27.44	0.00	37.21
Vitesse (m/s)	2.07	3.65	0.00	3.52
Débit m ³ /s	15.05	299.96	0.00	315.00
Froude lit mineur		0.67		
Cote critique lit mineur		63.59		

Profil en travers

IMPRESSION DES RESULTATS

Impression écran

Impression du tableau Q(h)

Impression de la Loi Q(h)

Figure 82 : Estimation du débit aval selon formule de Manning Strickler

A partir d'un profil en travers situé entre la fosse aval et le pont aval, pour des coefficients de Strickler identiques à ceux retenus dans le modèle 2D pour cette zone, et une pente estimée à partir de la topographie disponible, le niveau d'eau aval correspondant à un débit Q10 000 (315 m3/s) est selon la formule de Strickler ($Q = K_s S \sqrt{i} R^{2/3}$) : **N eau aval = 64 ,34 m NGF.**

Calcul de la ligne d'eau sur le coursier :

Ligne d'eau Coursier

Paramétrable
« Valeur cible »
valeur à atteindre
cellule à définir

Valeur cible auto

Entre 2 sections

Q = 315 L = 55 m = 1.00 Ks = 35 Zseuil = 71.5 H/V = 2.50

Ecoulement critique à l'amont L dissip = 45 Zaval = 60 Niveau d'eau aval = 64.34

yc	v	v2/2g	E	Zseuil	Zamont	Dz voulu
1.50	3.83	0.75	2.24	71.50	73.74	11.5

Calcul itératif entre 2 sections

Q = 315 L1 = 55 m = 1 Ks = 35 L2 = 55 Z = 71.50

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
1.50	84.48	59.2	1.4	3.7	2.2	0.2	2.43	0.6	2.07	118.1	60.9	1.9	2.7	2.4	0.002	2.43	71.27

Q = 315 L1 = 52.33333 m = 1 Ks = 35 L2 = 52.33333

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
2.07	112.5	58.2	1.9	2.8	2.5	0.9	3.39	2.3	0.84	44.8	54.7	0.8	7.0	3.4	0.030	3.39	70.35

Q = 315 L1 = 51 m = 1 Ks = 35 L2 = 51

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.84	43.7	53.4	0.8	7.2	3.5	1.4	4.87	3.5	0.70	36.0	53.0	0.7	8.8	4.6	0.264	4.87	68.97

Q = 315 L1 = 47.66667 m = 1 Ks = 35 L2 = 47.6667

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=

0.70	33.6	49.6	0.7	9.4	5.2	2.5	7.69	6.3	0.60	28.8	49.4	0.6	11.0	6.7	0.985	7.69	66.44
------	------	------	-----	-----	-----	-----	------	-----	------	------	------	-----	------	-----	-------	------	-------

Q = 315 L1 = 46.33333 m = 1 Ks = 35 L2 = 46.33333

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.60	28.0	48.0	0.6	11.3	7.1	3.0	10.05	7.5	0.55	25.7	47.9	0.5	12.3	8.2	1.832	10.05	63.45

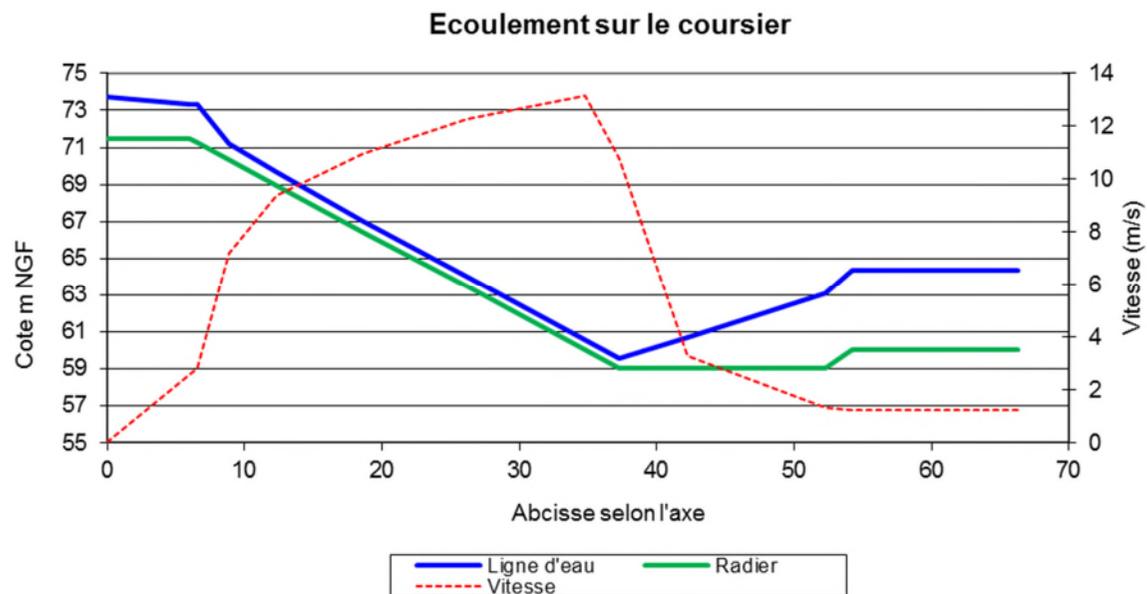
Q = 315 L1 = 45 m = 1 Ks = 35 L2 = 45

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.55	24.9	46.5	0.5	12.6	8.7	3.5	12.12	8.6	0.53	23.9	46.5	0.5	13.2	9.4	2.763	12.12	60.00

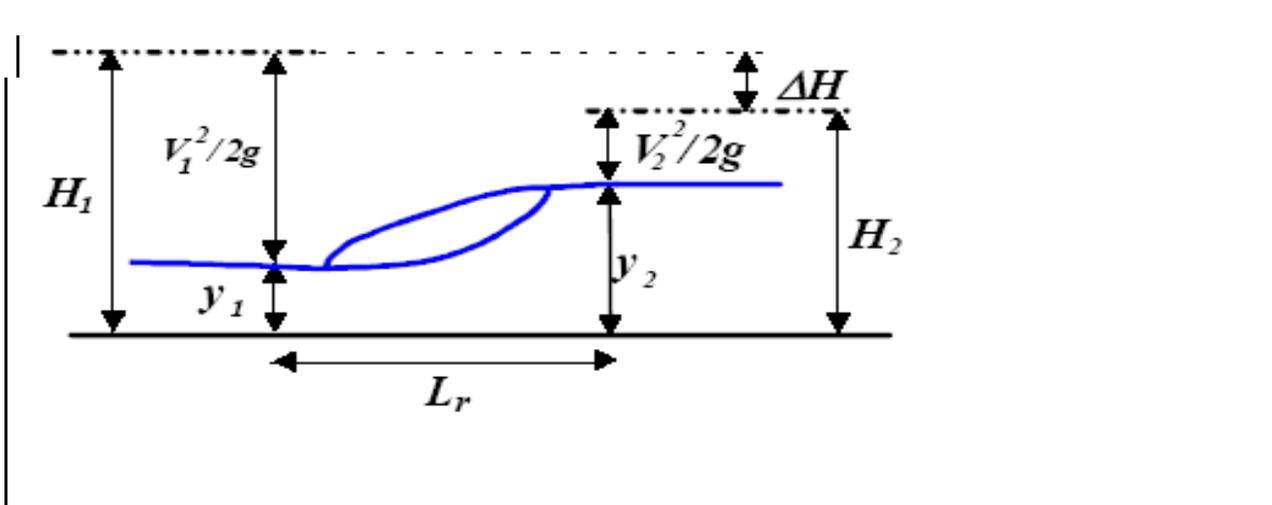
Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z radier
0.53	23.92	46.49	0.51	13.17	9.36	2.76	12.12	60.00

Ligne d'eau

X	0	6.00	6.58	8.88	12.33	18.65	26.1	34.8	37.3	42.25	52.3	54.3	66.3
Ligne d'eau	73.74	73.34	73.34	71.19	69.67	67.04	64.00	60.53	59.53	60.70	63.05	64.34	64.34
H	2.24	1.50	2.07	0.84	0.70	0.60	0.55	0.53	0.53	1.70	4.05	4.34	4.34
Radier	71.50	71.50	71.27	70.35	68.97	66.44	63.45	60.00	59.00	59.00	59.00	60.00	60.0
Vitesse	0.0		2.8	7.2	9.4	11.0	12.3	13.2	10.8	3.3	1.3	1.2	1.2



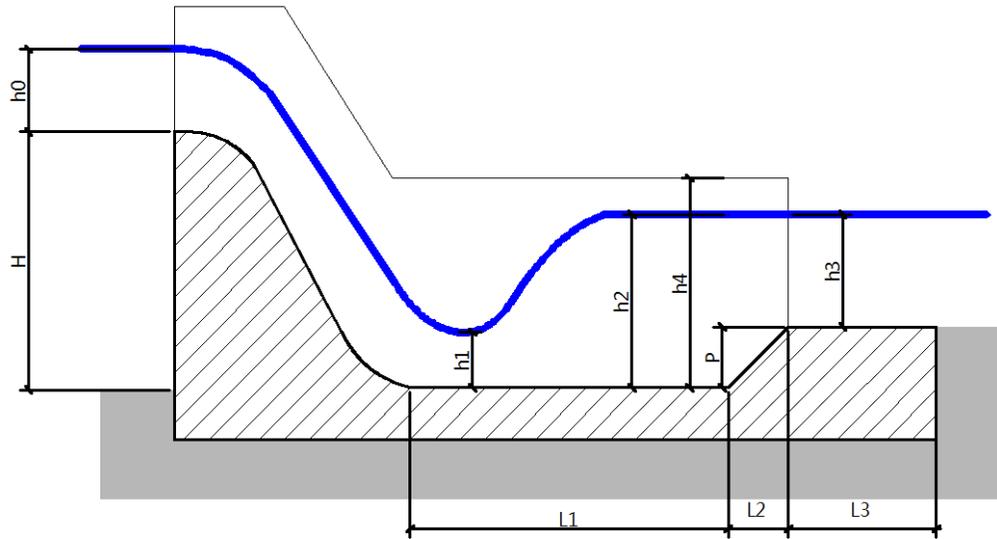
Calcul du ressaut hydraulique					
y1 (m)	V1 (m/s)	F1	y2 (m)	z2 (NGF)	Lr (m)
0.53	13.17	5.80	4.05	63.05	24.77
Niveau aval	Cote radier	Cote d'eau aval	DY	Type ressaut	
5.34	59.00	64.34	1.29	Ressaut chassé vers amont	



Le ressaut hydraulique est bien maîtrisé (car chassé vers l'amont).

Il en résulte le dimensionnement de la fosse de dissipation ci-après :

Calcul du bassin de dissipation			
Données d'entrée			
h_1	0.53 m	h_3	4.34 m
h_2	4.05 m	q	5.73 m
Dimensionnement			
L_1	15 m	Vérif 1	Vrai
L_2	2 m	Vérif 2	Vrai
L_3	12 m		
h_4	4.75 m		
P	1.00 m		



7.2.3.2 Dimensionnement à partir d'un niveau d'eau aval issu du modèle 2D

Dans le cas le plus défavorable, Q10 000, pertuis bouché, pas d'injection aval, le niveau d'eau aval donné par le modèle 2D est de 64,66 m NGF.

Calcul de la ligne d'eau sur le coursier :

Ligne d'eau Coursier

	Paramétrable
	« Valeur cible »
	valeur à atteindre
	cellule à définir

Valeur cible auto

Entre 2 sections

Q = 315 L = 55 m = 1.00 Ks = 35 Zseuil = 71.5 H/V = 2.50
 Ecoulement critique à l'amont L dissip = 45 Zaval = 60 Niveau d'eau aval = 64.66
 yc v v²/2g E Zseuil Zamont Dz voulu = 11.5
 1.50 3.83 0.75 2.24 71.50 73.74

Calcul itératif entre 2 sections

Q = 315 L1 = 55 m = 1 Ks = 35 L2 = 55 Z = 71.50

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z =
1.50	84.48	59.2	1.4	3.7	2.2	0.2	2.43	0.6	1.10	61.7	58.1	1.1	5.1	2.4	0.007	2.43	71.27

Q = 315 L1 = 52.33333 m = 1 Ks = 35 L2 = 52.3333

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z =
1.10	58.8	55.4	1.1	5.4	2.6	0.9	3.48	2.3	0.83	44.4	54.7	0.8	7.1	3.4	0.080	3.48	70.35

Q = 315 L1 = 51 m = 1 Ks = 35 L2 = 51

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z =
0.83	43.3	53.4	0.8	7.3	3.5	1.4	4.92	3.5	0.69	35.8	53.0	0.7	8.8	4.6	0.271	4.92	68.97

Q = 315 L1 = 47.66667 m = 1 Ks = 35 L2 = 47.6667

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.69	33.5	49.6	0.7	9.4	5.2	2.5	7.74	6.3	0.59	28.7	49.3	0.6	11.0	6.7	0.999	7.74	66.44

Q = 315 L1 = 46.33333 m = 1 Ks = 35 L2 = 46.3333

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.59	27.9	48.0	0.6	11.3	7.1	3.0	10.08	7.5	0.55	25.6	47.9	0.5	12.3	8.2	1.845	10.08	63.45

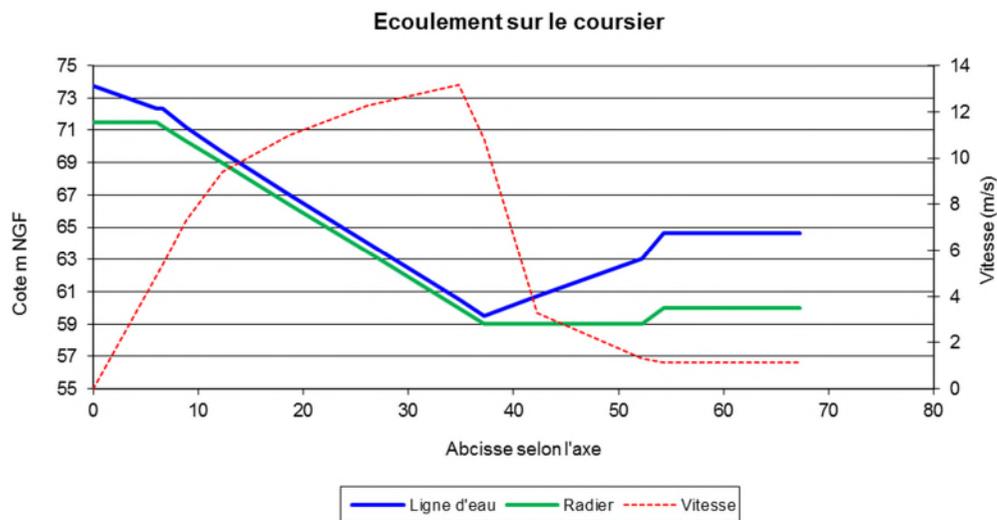
Q = 315 L1 = 45 m = 1 Ks = 35 L2 = 45

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.55	24.9	46.5	0.5	12.6	8.7	3.5	12.15	8.6	0.53	23.9	46.5	0.5	13.2	9.4	2.773	12.15	60.00

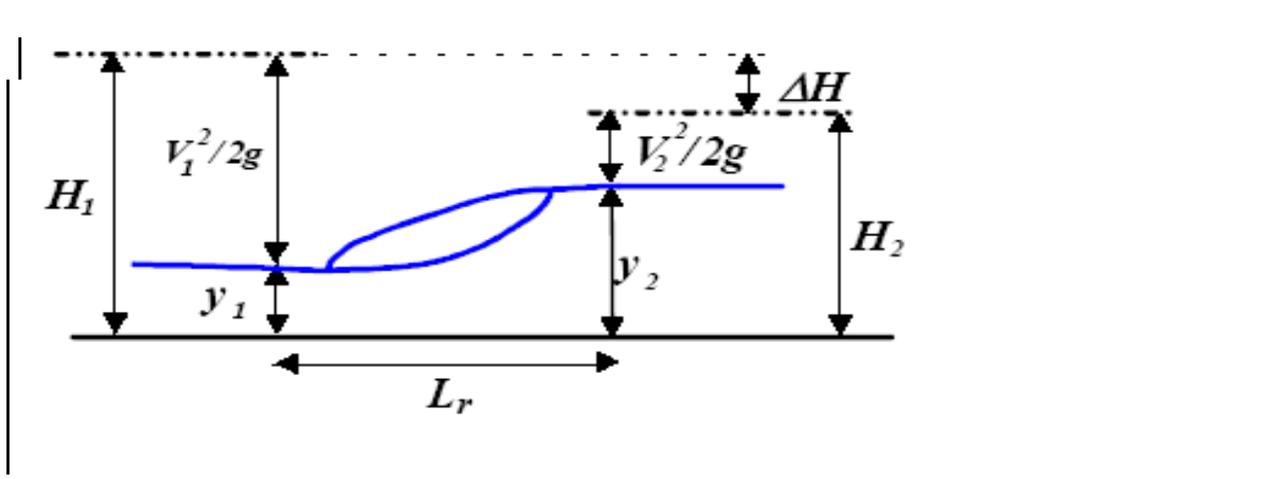
Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z radier
0.53	23.91	46.49	0.51	13.18	9.37	2.77	12.15	60.00

Ligne d'eau

X	0	6.00	6.58	8.88	12.33	18.65	26.1	34.8	37.3	42.25	52.3	54.3	67.3
Ligne d'eau	73.74	72.37	72.37	71.18	69.66	67.03	64.00	60.53	59.53	60.70	63.06	64.66	64.66
H	2.24	1.50	1.10	0.83	0.69	0.59	0.55	0.53	0.53	1.70	4.06	4.66	4.66
Radier	71.50	71.50	71.27	70.35	68.97	66.44	63.45	60.00	59.00	59.00	59.00	60.00	60.0
Vitesse	0.0		5.4	7.3	9.4	11.0	12.3	13.2	10.8	3.3	1.3	1.1	1.1



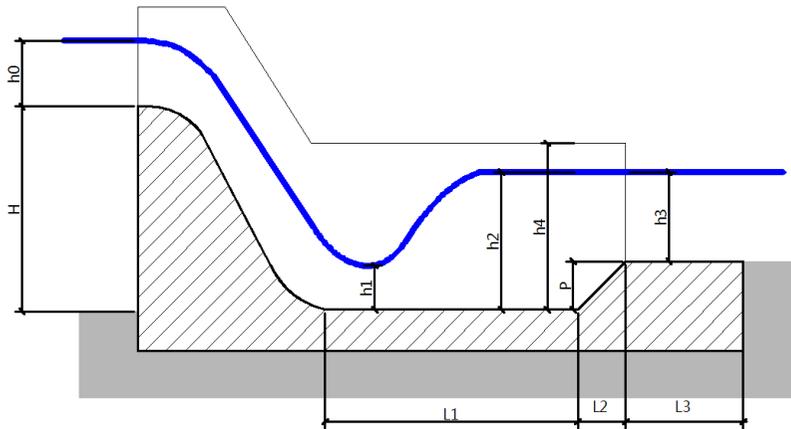
Calcul du ressaut hydraulique					
y1 (m)	V1 (m/s)	F1	y2 (m)	z2 (NGF)	Lr (m)
0.53	13.18	5.81	4.06	63.06	24.78
Niveau aval	Cote radier	Cote d'eau aval	DY	Type ressaut	
5.66	59.00	64.66	1.60	Ressaut chassé vers amont	



Le ressaut hydraulique est bien maîtrisé (car chassé vers l'amont).

Il en résulte le dimensionnement de la fosse de dissipation ci-après :

Calcul du bassin de dissipation			
Données d'entrée			
h_1	0.53 m	h_3	4.66 m
h_2	4.06 m	q	5.73 m
Dimensionnement			
L_1	15 m	Vérif 1	Vrai
L_2	2 m	Vérif 2	Vrai
L_3	13 m		
h_4	4.75 m		
P	1.00 m		



Conclusion : Le dimensionnement le plus défavorable résultant des calculs issus d'un niveau d'eau aval issu du modèle 2D sera retenu.

7.2.3.3 Etude de sensibilité et optimisation

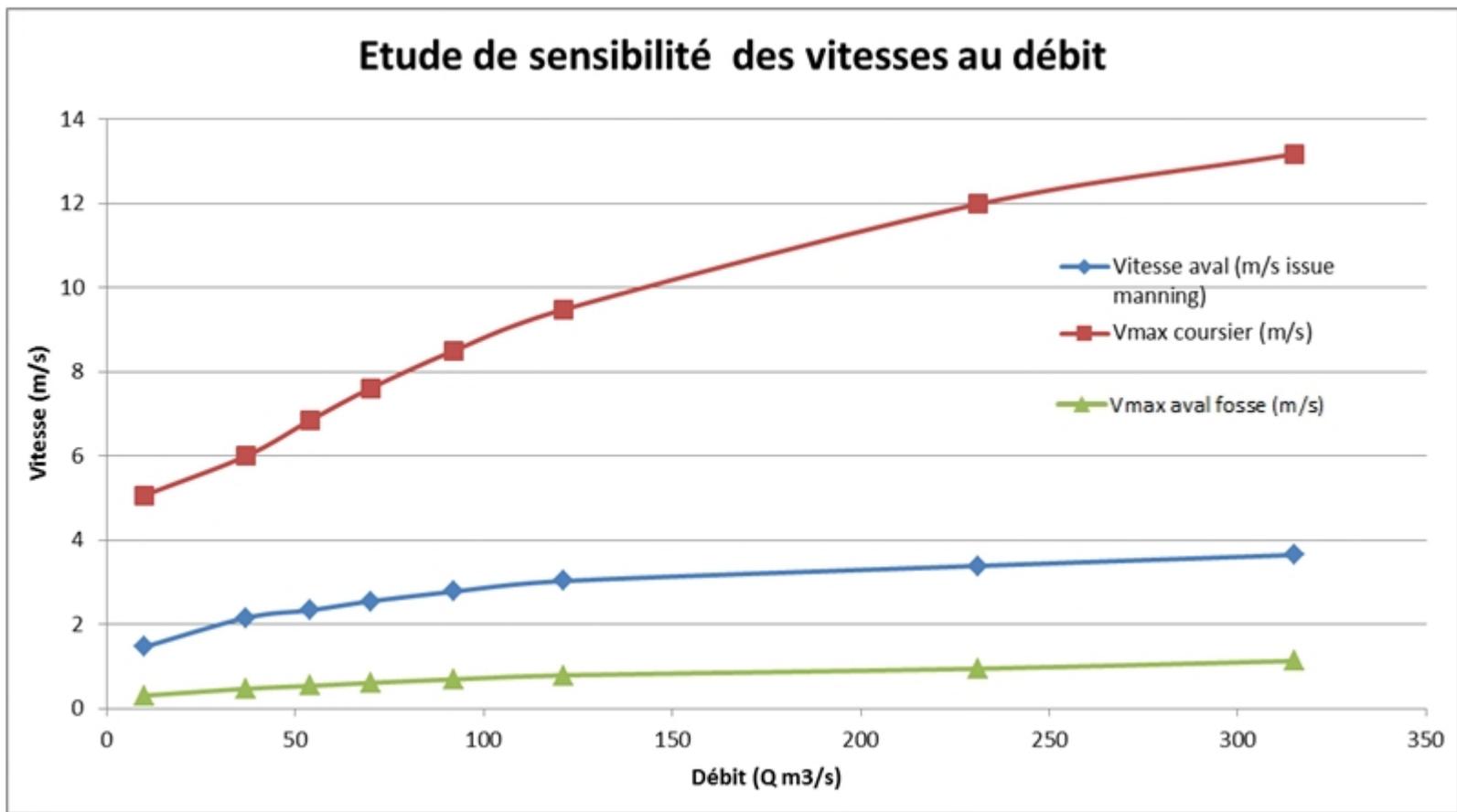
Des études de sensibilité ont été menées afin d'optimiser le dimensionnement de l'ouvrage :

7.2.3.3.1 Une étude de sensibilité sur le paramètre de débit a été menée.

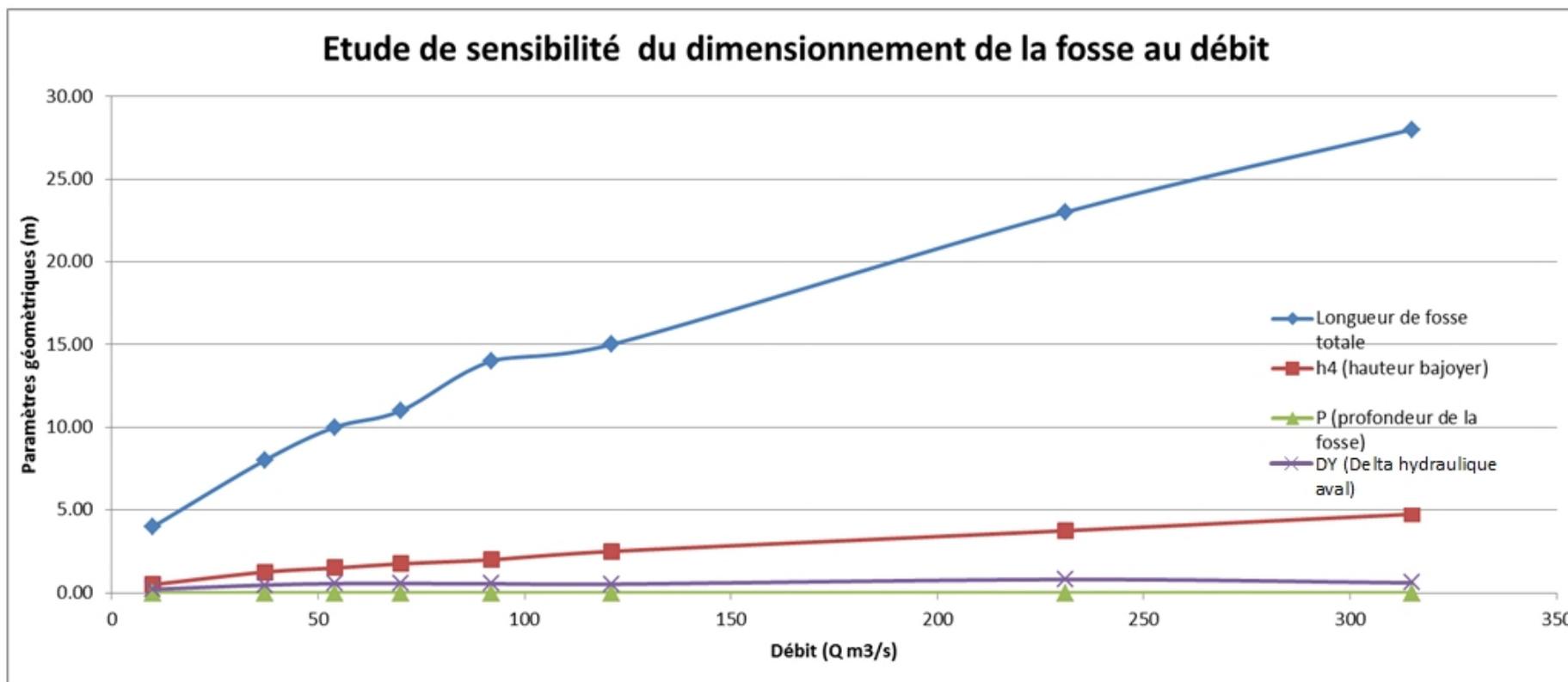
Paramètres de base

Q =	315	L =	55	m =	1.00	Ks =	35	Zseuil =	71.5	H/V =	2.50
Écoulement critique à l'amont		L dissip	45					Zaval =	60	Niveau d'eau aval	64.66

T (ans)	Débit (Q m3/s)	Niveau d'eau aval (m)	Source pour niveau	Vitesse aval (m/s issue manning)	Résultats Vitesse/ Position du ressaut			Résultats dimensionnement de la fosse					
					Vmax coursier (m/s)	Vmax aval fosse (m/s)	DY (Delta hydraulique aval)	L1	L2	L3	h4 (hauteur bajoyer)	P (profondeur de la fosse)	Longueur de fosse totale
~ 2	10	60.58	Manning sans injection aval et avec pertuis bouché	1.47	5.07	0.31	0.21	2.00	0.00	2.00	0.50	0.00	4.00
5	37	61.39	Manning sans injection aval et avec pertuis bouché	2.16	6.01	0.47	0.47	4.00	0.00	4.00	1.25	0.00	8.00
10	54	61.76	Manning sans injection aval et avec pertuis bouché	2.34	6.86	0.54	0.55	5.00	0.00	5.00	1.50	0.00	10.00
20	70	62.01	Manning sans injection aval et avec pertuis bouché	2.55	7.61	0.61	0.56	5.00	0.00	6.00	1.75	0.00	11.00
50	92	62.31	Manning sans injection aval et avec pertuis bouché	2.78	8.50	0.69	0.55	7.00	0.00	7.00	2.00	0.00	14.00
100	121	62.66	Manning sans injection aval et avec pertuis bouché	3.03	9.48	0.79	0.52	8.00	0.00	7.00	2.50	0.00	15.00
1000	231	64.12	Modele 2D sans injection aval et avec pertuis bouché	3.39	11.99	0.95	0.80	12.00	0.00	11.00	3.75	0.00	23.00
10000	315	64.66	Modele 2D sans injection aval et avec pertuis bouché	3.65	13.18	1.13	0.60	15.00	0.00	13.00	4.75	0.00	28.00



Conclusion : Le cas Q10 000 est bien le plus dimensionnant en termes de vitesse.



Conclusion : Le cas Q10 000 est bien le plus dimensionnant en termes de hauteur de bajoyer et de longueur de fosse et donc en terme de cout.

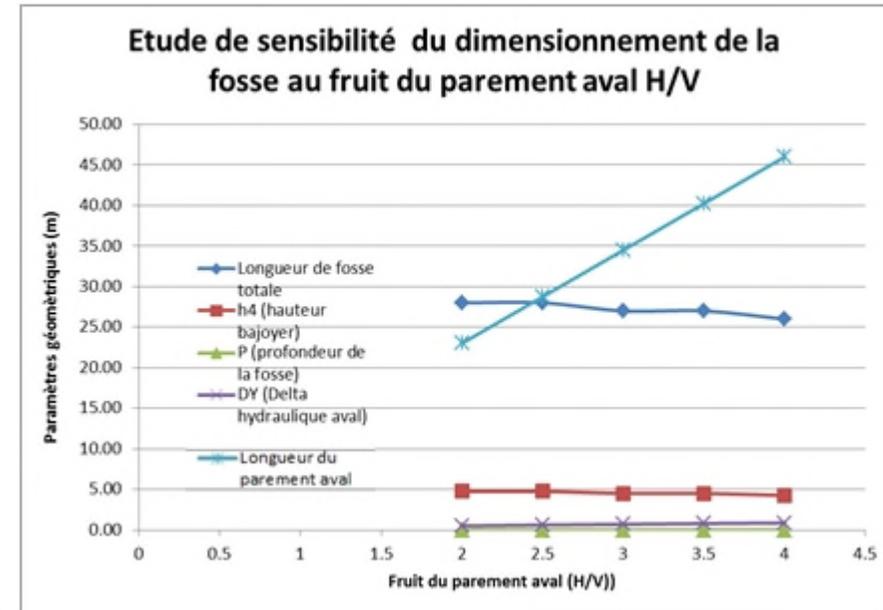
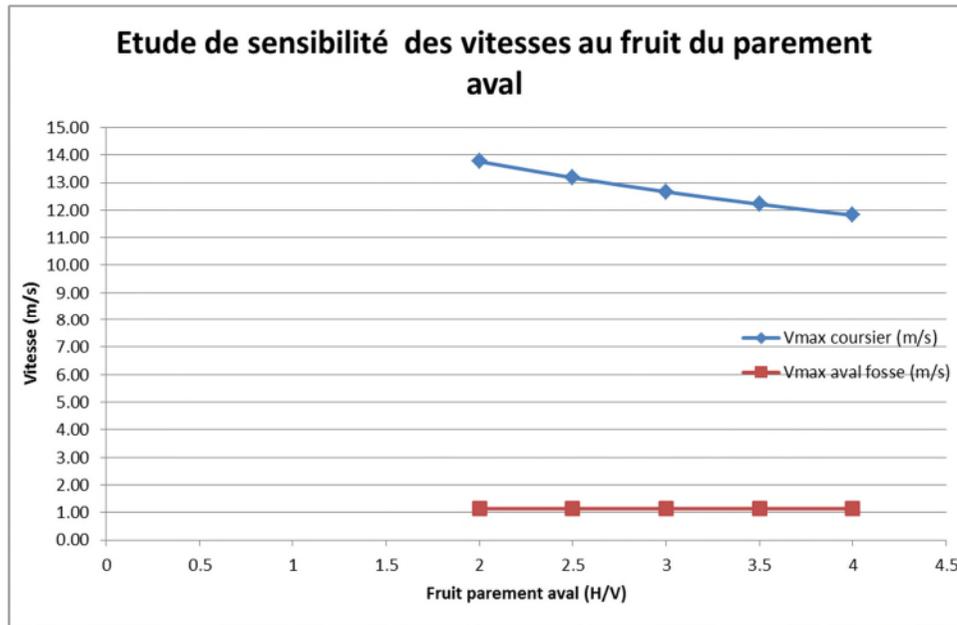
Conclusion : Le cas Q10 000 est bien le plus dimensionnant.

7.2.3.3.2 Une étude de sensibilité sur le paramètre de pente du parement du coursier a été menée

Paramètres de base

$Q = 315$ $L = 55$ $m = 1.00$ $Ks = 35$ $Z_{seuil} = 71.5$ $H/V = 2.50$
 Ecoulement critique à l'amont L dissip = 45 $Z_{aval} = 60$ Niveau d'eau aval = 64.66

H/V	Résultats Vitesse/ Position du ressaut			Résultats dimensionnement de la fosse						
	Vmax coursier (m/s)	Vmax aval fosse (m/s)	DY (Delta hydraulique aval)	L ₁	L ₂	L ₃	h ₄ (hauteur bajoyer)	P (profondeur de la fosse)	Longueur de fosse totale	Longueur du parement aval
2	13.76	1.13	0.50	15.00	0.00	13.00	4.75	0.00	28.00	23.00
2.5	13.18	1.13	0.60	15.00	0.00	13.00	4.75	0.00	28.00	28.75
3	12.66	1.13	0.70	14.00	0.00	13.00	4.50	0.00	27.00	34.50
3.5	12.21	1.13	0.78	14.00	0.00	13.00	4.50	0.00	27.00	40.25
4	11.82	1.13	0.86	13.00	0.00	13.00	4.25	0.00	26.00	46.00



Conclusion :

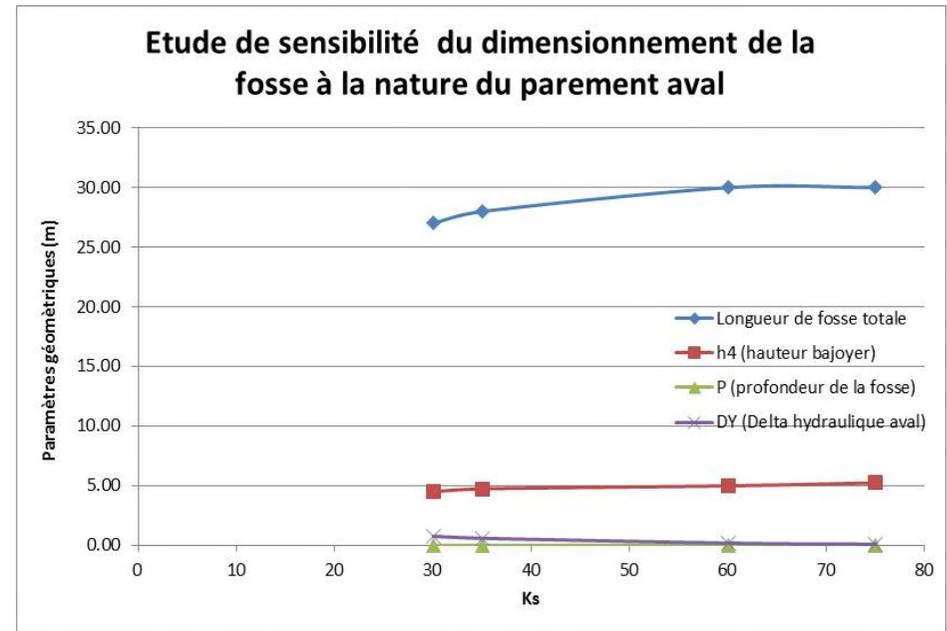
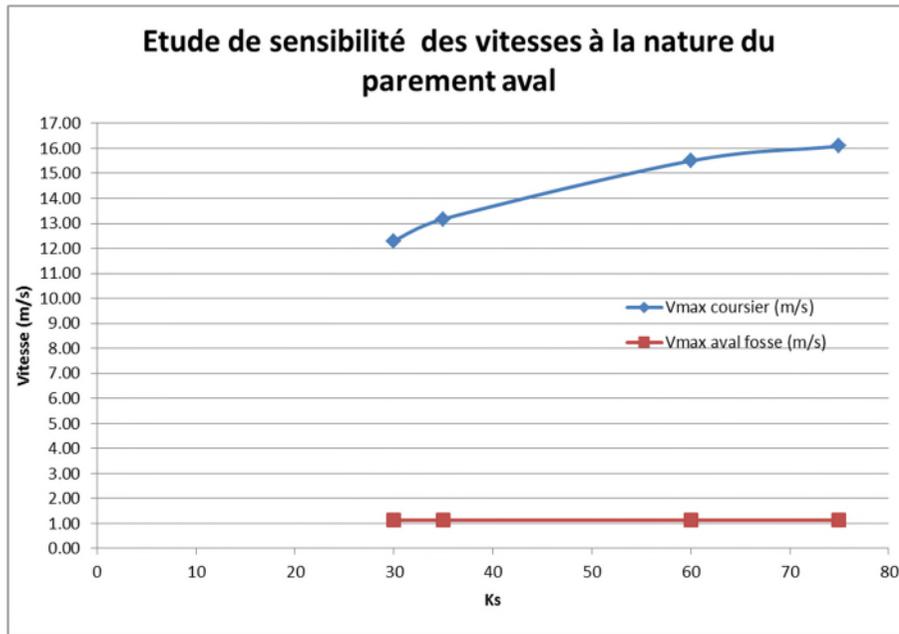
- La hauteur des bajoyers et la longueur de la fosse sont peu sensibles à la variation du fruit du parement aval.
- A chaque adoucissement de 0,5 du fruit du parement aval, la longueur du parement aval augmente de 6 m pour un gain hydraulique de l'ordre de 0,5 m/s sur les vitesses sur le coursier. Il n'y a donc pas de gain significatif hydraulique à adoucir le parement.
- **La pente optimum du parement aval est donc la plus raide possible sous réserve de la contrainte géotechnique de stabilité de l'ouvrage. Il en résulte une pente de 2,5H/1V.**

7.2.3.3.3 Une étude de sensibilité sur le paramètre de nature du parement (K_s) a été menée.

Paramètres de base

Q =	315	L =	55	m =	1.00	K_s =	35	Zseuil =	71.5	H/V =	2.50
Écoulement critique à l'amont		L dissip	45					Zaval =	60	Niveau d'eau aval	64.66

Nature du parement aval	K_s	Résultats Vitesse/ Position du ressaut			Résultats dimensionnement de la fosse					
		Vmax coursier (m/s)	Vmax aval fosse (m/s)	DY (Delta hydraulique aval)	L_1	L_2	L_3	h_4 (hauteur bajoyer)	P (profondeur de la fosse)	Longueur de fosse totale
Enrochements libres	30	12.30	1.13	0.77	14.00	0.00	13.00	4.50	0.00	27.00
Enrochements bétonnés	35	13.18	1.13	0.60	15.00	0.00	13.00	4.75	0.00	28.00
Béton rugueux	60	15.50	1.13	0.20	17.00	0.00	13.00	5.00	0.00	30.00
Béton lisse	75	16.09	1.13	0.10	17.00	0.00	13.00	5.25	0.00	30.00



Conclusion :

La hauteur des bajoyers et la longueur de la fosse sont peu sensibles à la variation de la nature du parement aval.

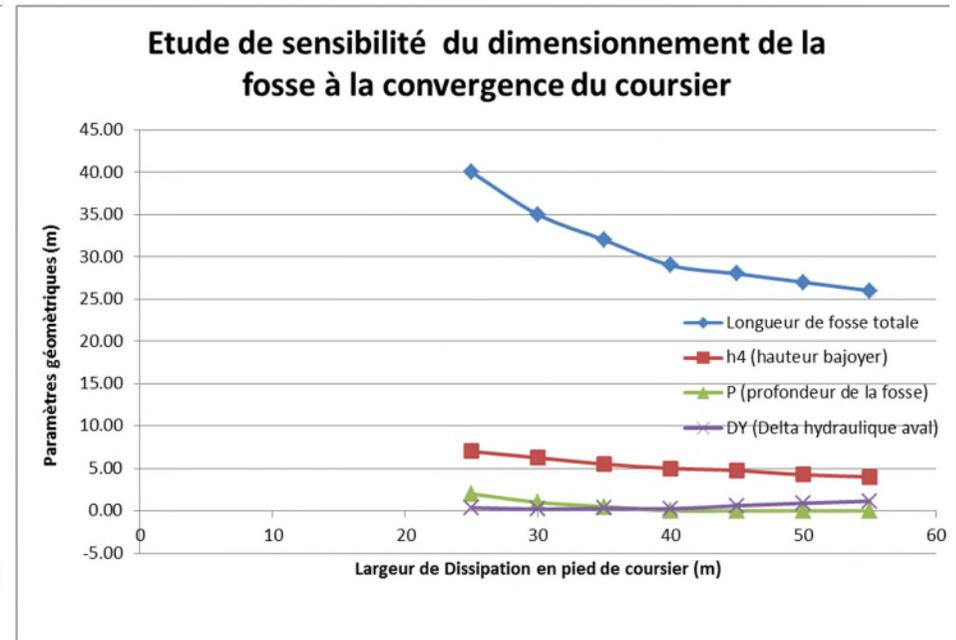
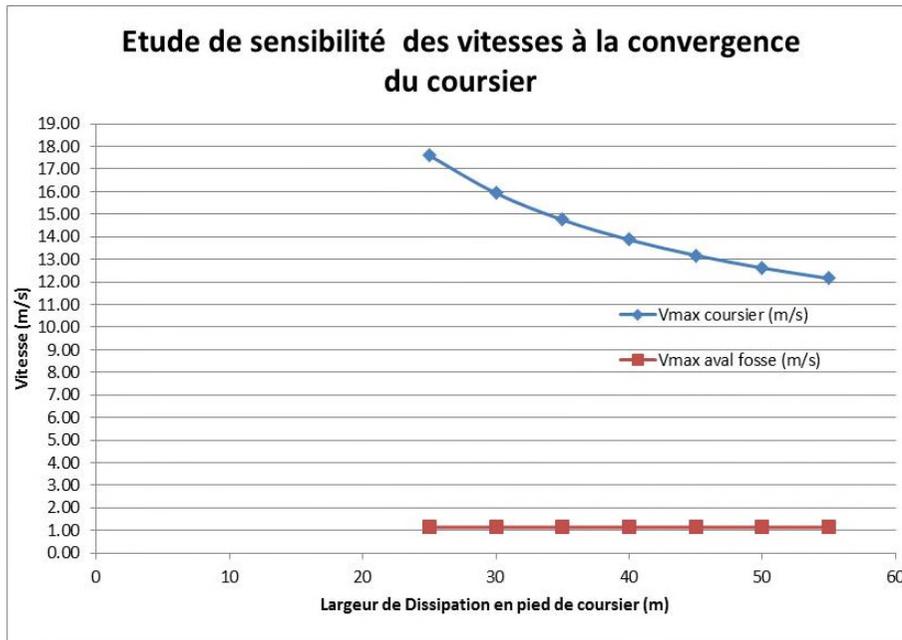
En revanche, il y a un gain hydraulique de l'ordre de 2 à 4 m/s sur les vitesses sur le coursier entre un parement en enrochements (bétonnés ou libres) et un parement béton rugueux ou lisse. Ce gain hydraulique n'étant pas négligeable, un parement en enrochements bétonnés est préférable à un parement en béton.

7.2.3.3.4 Une étude de sensibilité sur le paramètre de convergent du coursier a été menée.

Paramètres de base

Q = 315 L = 55 m = 1.00 Ks = 35 Zseuil = 71.5 H/V = 2.50
 Ecoulement critique à l'amont L dissip = 45 Zaval = 60 Niveau d'eau aval = 64.66

L Dissip (m)	Résultats Vitesse/ Position du ressaut			Résultats dimensionnement de la fosse					
	Vmax coursier (m/s)	Vmax aval fosse (m/s)	DY (Delta hydraulique aval)	L ₁	L ₂	L ₃	h ₄ (hauteur bajoyer)	P (profondeur de la fosse)	Longueur de fosse totale
55	12.16	1.13	1.13	13.00	0.00	13.00	4.00	0.00	26.00
50	12.62	1.13	0.89	14.00	0.00	13.00	4.25	0.00	27.00
45	13.18	1.13	0.60	15.00	0.00	13.00	4.75	0.00	28.00
40	13.87	1.13	0.25	16.00	0.00	13.00	5.00	0.00	29.00
35	14.75	1.13	0.29	18.00	1.01	13.00	5.50	0.50	32.01
30	15.93	1.13	0.20	20.00	2.01	13.00	6.25	1.00	35.01
25	17.60	1.13	0.37	23.00	4.02	13.00	7.00	2.00	40.02



Conclusion : La vitesse, la hauteur des bajoyers et la longueur de la fosse sont sensibles à la variation de la convergence du coursier. En dessous d'une largeur de dissipation de 45 m, les vitesses dépassent les 13 m/s et augmentent fortement de plus de quasiment 1m/s à chaque pas de 5 m à partir de $k=45$ (contre 0,5 m/s avant) et la longueur de fosse augmente plus rapidement lorsque la largeur de dissipation passe en dessous de $K = 40$. **La convergence optimum est donc obtenue pour une largeur de dissipation de 45 m.**

7.2.3.4 Dimensionnement final du Coursier et du Bassin de dissipation

Suite aux études de sensibilité ci-avant, il a été retenu pour l'ouvrage des Barnières :

Un coursier constitué d'un parement en enrochements bétonnés dans l'axe du barrage suivant la pente aval de l'ouvrage à 2,5H/1V, avec une convergence définie par une section amont au droit du seuil de 55 m et une section en pied de coursier de 45 m.

Ligne d'eau Coursier

Paramétrable
« Valeur cible »
valeur à atteindre
cellule à définir

Valeur cible auto

Entre 2 sections

Q = 315 L = 55 m = 1.00 Ks = 35 Zseuil = 71.5 H/V = 2.50

Ecoulement critique à l'amont L dissip = 45 Zaval = 60 Niveau d'eau aval = 64.66

yc	v	v ² /2g	E	Zseuil	Zamont	Dz voulu	11.5
1.50	3.83	0.75	2.24	71.50	73.74		

Calcul itératif entre 2 sections

Q = 315 L1 = 55 m = 1 Ks = 35 L2 = 55 Z = 71.50

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
1.50	84.48	59.2	1.4	3.7	2.2	0.2	2.43	0.6	1.10	61.8	58.1	1.1	5.1	2.4	0.007	2.43	71.27

Q = 315 L1 = 52.33333 m = 1 Ks = 35 L2 = 52.3333

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
1.10	58.8	55.4	1.1	5.4	2.6	0.9	3.48	2.3	0.83	44.4	54.7	0.8	7.1	3.4	0.080	3.48	70.35

Q = 315 L1 = 51 m = 1 Ks = 35 L2 = 51

yam	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.83	43.3	53.4	0.8	7.3	3.5	1.4	4.92	3.5	0.69	35.8	53.0	0.7	8.8	4.6	0.271	4.92	68.97

Q = 315 L1 = 47.66667 m = 1 Ks = 35 L2 = 47.6667

<i>yam</i>	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.69	33.5	49.6	0.7	9.4	5.2	2.5	7.74	6.3	0.59	28.7	49.3	0.6	11.0	6.7	0.999	7.74	66.44

Q = 315 L1 = 46.33333 m = 1 Ks = 35 L2 = 46.3333

<i>yam</i>	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.59	27.9	48.0	0.6	11.3	7.1	3.0	10.08	7.5	0.55	25.6	47.9	0.5	12.3	8.2	1.845	10.08	63.45

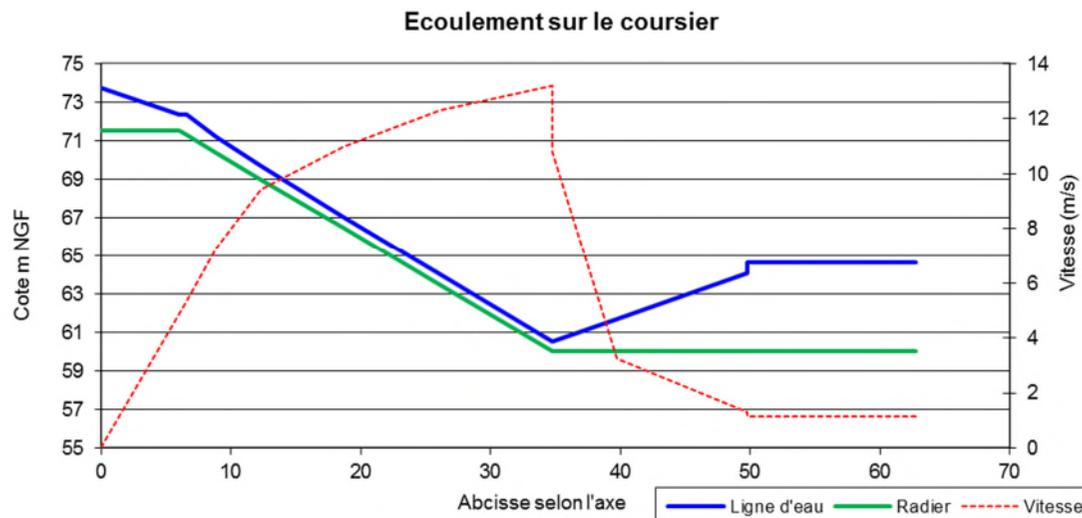
Q = 315 L1 = 45 m = 1 Ks = 35 L2 = 45

<i>yam</i>	S1	P1	Rh1	V1	Eam	DZ	E1 + DZ	DL	Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z=
0.55	24.9	46.5	0.5	12.6	8.7	3.5	12.15	8.6	0.53	23.9	46.5	0.5	13.2	9.4	2.773	12.15	60.00

Yav	S2	P2	Rh2	V2	Eav	DE	Eav + DE	Z radier
0.53	23.91	46.49	0.51	13.18	9.37	2.77	12.15	60.00

Ligne d'eau

X	0	6.00	6.58	8.88	12.33	18.65	26.1	34.8	34.8	39.75	49.8	49.8	62.8
Ligne d'eau	73.74	72.37	72.37	71.18	69.66	67.03	64.00	60.53	60.53	61.70	64.06	64.66	64.66
H	2.24	1.50	1.10	0.83	0.69	0.59	0.55	0.53	0.53	1.70	4.06	4.66	4.66
Radier	71.50	71.50	71.27	70.35	68.97	66.44	63.45	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.0
Vitesse	0.0		5.4	7.3	9.4	11.0	12.3	13.2	10.8	3.3	1.3	1.1	1.1



Les murs des bajoyers sont adaptés à la lame d'eau maximale sur le coursier en crue décennale avec une revanche minimale de 0,5 m. La hauteur d'eau varie de 2,24 m en crête à 0,53 m en pied, pour la Q10 000.

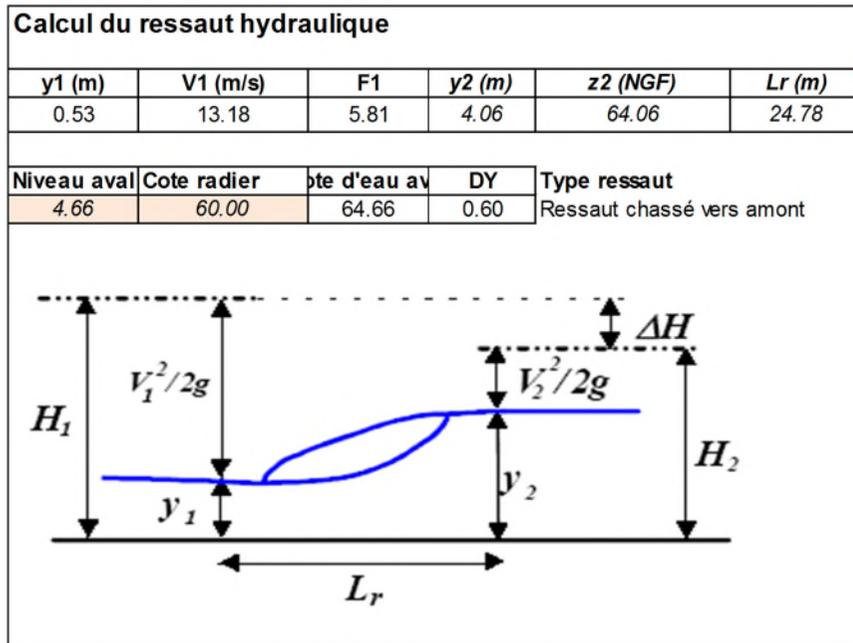
Pour l'ouvrage des Barnières, les bajoyers de l'évacuateur de crue seront en enrochements bétonnés de mêmes diamètres que la fosse, les fruits des bajoyers ne dépasseront pas 1H/1V, la hauteur des murs bajoyers du coursier sera de 2.75 m en crête d'évacuateur et jusqu'à 3 m en aval (⇔ crête de l'ouvrage avec revanche par-vague) et diminuera à 1.5 m en section courante jusqu'au bassin de dissipation de manière à garantir une revanche minimale pour la Q10 000 variant de 70 cm à 1 m.

Le bassin de dissipation est un ouvrage classique, dimensionné à partir des formules et abaques de l'USBR (United States Bureau of Reclamation), largement éprouvés.

Calage en altitude du bassin de dissipation :

Le niveau d'eau aval est déterminé par le modèle hydraulique 2D sous Infoworks (cas défavorable d'un pertuis totalement bouché et de l'absence d'injection du niveau aval). Le niveau aval retenu est : 64.66 m NGF.

Le calage en altitude est défini en fonction du niveau aval et du nombre de Froude à l'amont du ressaut : La hauteur conjuguée aval du ressaut doit être inférieure ou égale à la hauteur d'eau aval.



Cette condition s'écrit : $\frac{h_{eau\ aval}}{h_{eau\ amont}} = 0.5(\sqrt{1 + 8F_r^2} - 1)$, ce qui fixe la hauteur d'eau aval minimale au-dessus du radier du bassin de dissipation à 4.06 m.

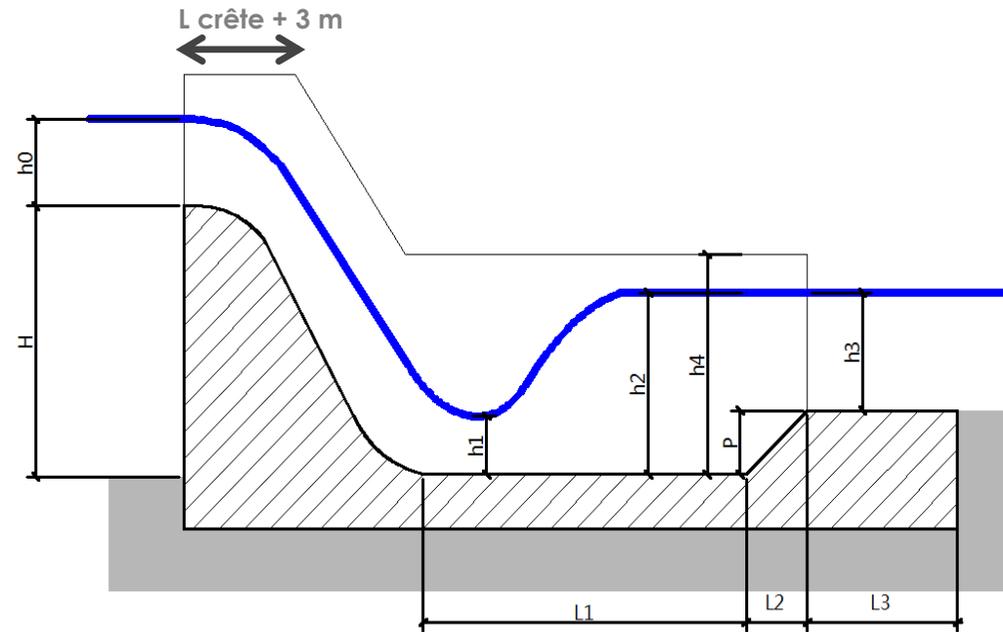
Compte tenu du niveau aval, la cote du radier du bassin de dissipation est fixée à 60 m NGF (⇔ Niveau du fil d'eau du Riou de l'Argentière). Aucune pelle, surprofondeur de la fosse n'est nécessaire pour piéger le ressaut.

Dimensions caractéristiques du bassin de dissipation :

La longueur du bassin de dissipation est déterminée en fonction d'une évaluation de la longueur du ressaut qui s'y produit : $L \approx 4 \times (h_{\text{eau aval}} - h_{\text{eau amont}})$ Soit une longueur de 15 m.

Les autres caractéristiques du bassin sont données dans le tableau ci-après.

Calcul du bassin de dissipation			
Données d'entrée			
h_1	0.53 m	h_3	4.66 m
h_2	4.06 m	q	5.73 m
Dimensionnement			
L_1	15 m	Vérif 1	Vrai
L_2	0 m	Vérif 2	Vrai
L_3	13 m		
h_4	4.75 m		
P	0.00 m		



7.3 Traversée du Riou de l'Argentière, Batardeaux et dérivation du Riou de l'Argentière :

■ Batardeau amont et dispositif de dérivation du Riou de l'Argentière :

Le phasage complexe de la réalisation du pertuis de l'ouvrage des Barnières, nécessite plusieurs dévoiements du Riou de l'Argentière (cf. chapitre 5.2 Phasage des travaux).

La topographie entre le batardeau amont (fil d'eau à 60,67 m NGF) et l'axe de l'ouvrage des Barnières, permet la réalisation d'un ouvrage gravitaire, qui passera par-dessus le fil d'eau de l'ouvrage hydraulique traversant (pertuis à 60,40 m NGF). Pour des raisons de rapidité, de facilité de basculement du cours d'eau et de risque d'érosion externe sur l'ouvrage en construction, une ou plusieurs conduites munies de flexibles, permettant un déplacement facile et rapide, tout en garantissant l'étanchéité du dispositif sera préférée à un chenal de dérivation qui nécessiterait des remblais pour passer par-dessus l'ouvrage en construction.

Un batardeau provisoire sur le Riou de l'Argentière sera mis en place à environ 4 m en amont du radier en enrochements libres du pertuis de fond, afin de mettre hors d'eau la zone de travaux ;

Le niveau de protection du chantier doit être choisi de manière à protéger contre la crue de période de retour la plus forte pour un coût, une emprise au sol, et un temps de réalisation raisonnable par rapport à l'ouvrage définitif à construire.

Dans le cas de l'ouvrage des Barnières, au droit de l'implantation du batardeau amont en limite amont de la zone de défrichement, la largeur au miroir du lit majeur est de l'ordre de 65 m (pour un niveau de 69 m NGF \Leftrightarrow Q10). La largeur au miroir du lit mineur est de l'ordre de 16 m pour une profondeur de l'ordre de 2.6 m. Le fond du lit Riou de l'Argentière est à environ 60.67 m NGF.

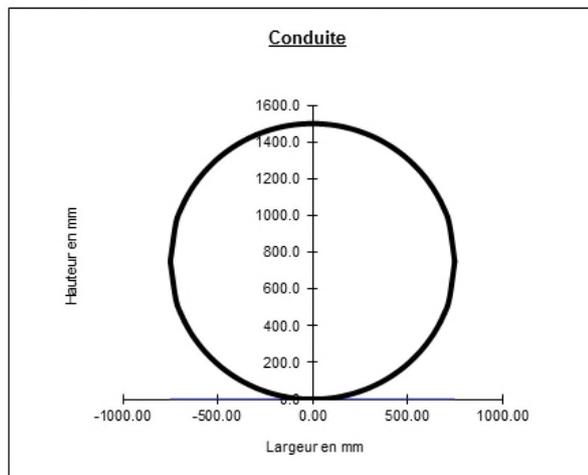
Un batardeau calé à 69 m NGF, ferait environ 65 m de longueur par environ 5,7 m de hauteur en lit majeur et 8,3 m en lit mineur. Il permettrait au maximum de disposer d'une charge hydraulique d'environ 6 m sur une buse de 1500 mm calée au fil d'eau existant (y c revanche de 50 cm).

SAISIE DES DONNEES

Diamètre de la buse (mm)	<input type="text" value="1500.00"/>
Pente (m/m)	<input type="text" value="0.0050"/>
Coefficient de strickler	<input type="text" value="75.00"/>
Coefficient de contraction (m) pour le fonctionnement en charge	<input type="text" value="0.62"/>
Hauteur d'eau dans la buse (m)	<input type="text" value="7.50"/>

RESULTATS

Débit (m ³ /s)	<input type="text" value="12.61"/>
Écoulement :	<input type="text" value="en charge"/>
Vitesse d'écoulement (m/s)	<input type="text" value="7.13"/>
Surface mouillée (m ²)	<input type="text" value="1.77"/>
Périmètre mouillée (m)	<input type="text" value="4.71"/>



La capacité de débitance maximale de l'ouvrage serait d'environ 12 m³/s. Ce qui correspond seulement à une crue Q₂.

Le volume de l'ouvrage provisoire (pour un ouvrage de 4 m de largeur en crête avec des pentes à 3H/2V) serait de l'ordre de 5 800 m³ de remblais, soit environ 22% du volume de l'ouvrage définitif à protéger (26 500 m³, selon rapport d'étude préliminaire).

Pour une crue décennale, le débit entrant est de 54 m³/s, Il n'est donc pas raisonnable de retenir un niveau de protection décennale pour le batardeau amont. Ainsi, le niveau de protection biennal (12 m³/s) pour le batardeau amont est retenu.

Le volume de l'ouvrage provisoire est toutefois très important. En variante, il peut être imaginé de fermer uniquement le lit mineur par le batardeau.

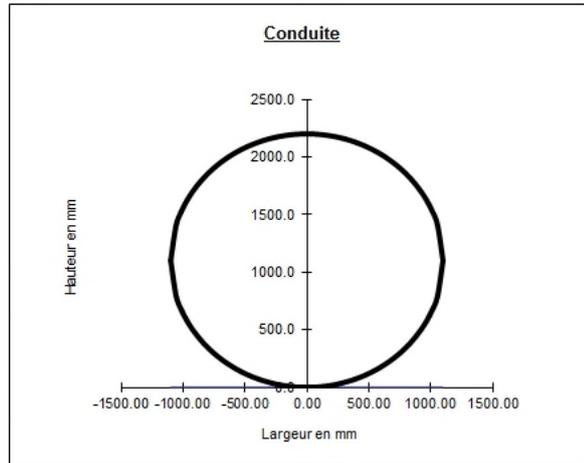
Un batardeau calé à 63,8 m NGF, ferait environ 20 m de longueur par environ 3,10 m de hauteur en lit mineur. Il permettrait au maximum de disposer d'une charge hydraulique de 0.3 m sur une buse de 2200 mm calée au fil d'eau existant (y c revanche de 50 cm).

SAISIE DES DONNEES

Diamètre de la buse (mm)	<input type="text" value="2200.00"/>
Pente (m/m)	<input type="text" value="0.0050"/>
Coefficient de strickler	<input type="text" value="75.00"/>
Coefficient de contraction (m) pour le fonctionnement en charge	<input type="text" value="0.62"/>
Hauteur d'eau dans la buse (m)	<input type="text" value="2.50"/>

RESULTATS

Débit (m³/s)	<input type="text" value="12.35"/>
Écoulement :	<input type="text" value="en charge"/>
Vitesse d'écoulement (m/s)	<input type="text" value="3.25"/>
Surface mouillée (m²)	<input type="text" value="3.80"/>
Périmètre mouillée (m)	<input type="text" value="6.91"/>



La capacité de débitance maximale de l'ouvrage serait d'environ 12 m³/s. Ce qui correspond bien à une crue Q2.

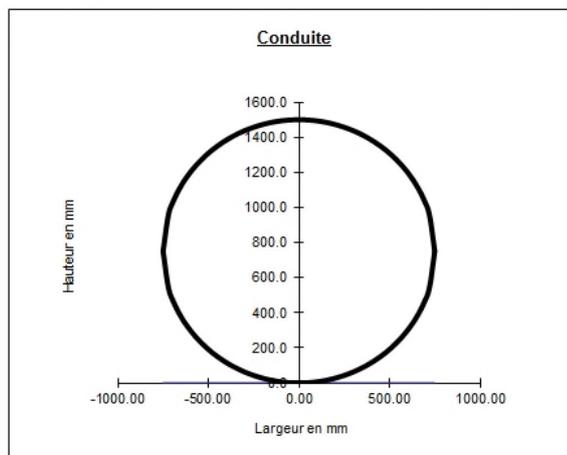
Il permettrait au maximum de disposer d'une charge hydraulique de 1 m sur deux buses de 1500 mm calée au fil d'eau existant.

SAISIE DES DONNEES

Diamètre de la buse (mm)	<input type="text" value="1500.00"/>
Pente (m/m)	<input type="text" value="0.0050"/>
Coefficient de strickler	<input type="text" value="75.00"/>
Coefficient de contraction (m) pour le fonctionnement en charge	<input type="text" value="0.62"/>
Hauteur d'eau dans la buse (m)	<input type="text" value="2.50"/>

RESULTATS

Débit (m³/s)	<input type="text" value="6.42"/>
Écoulement :	<input type="text" value="en charge"/>
Vitesse d'écoulement (m/s)	<input type="text" value="3.63"/>
Surface mouillée (m²)	<input type="text" value="1.77"/>
Périmètre mouillée (m)	<input type="text" value="4.71"/>



La capacité de débitance maximale de l'ouvrage muni de 2 buses serait d'environ 12 m³/s. Ce qui correspond bien à une crue Q2.

Le volume de l'ouvrage provisoire calé à 63,8 m NGF (pour un ouvrage de 4 m de largeur en crête avec des pentes à 2H/1V) serait de l'ordre de 300 m³ de remblais, soit environ 1% du volume de l'ouvrage définitif à protéger (26 500 m³, selon rapport d'étude préliminaire).

Le niveau de protection biennal pour le batardeau amont est retenu. Un batardeau calé à 63,80 m NGF muni de 2 buses de diamètre 1 500 mm est retenu.

■ Batardeau aval

Un batardeau provisoire aval sur le Riou de l'Argentière sera mis en place en amont immédiat de la confluence avec le vallon de l'Aubro, afin de :

- Mettre hors d'eau la zone de travaux (en évitant des retours d'eau éventuels par l'aval) ;
- Protéger le chantier contre des petites crues du vallon de l'Aubro qui provoquerait une remontée du niveau d'eau.
- Permettre un accès rive droite/ rive gauche en aval de l'ouvrage.

Ouverture de fichier de profils préenregistrés

Création d'un fichier d'enregistrement

Profil PT aval Fosse - Pon

Ajouter un profil

Supprimer le profil

Enregistrer

Retour Menu

Quitter

SAISIE DES DONNEES

Abscisse (m)	Cote (mNGF)
67.53	75.06
78.46	68.90100098
86.38	67.3710022
95.80	66.82499695
99.76	66.09400177
104.49	64.61100006
111.02	63.41600037
115.75	63.1570015
118.68	62.71699905
119.72	61.65000153
121.36	61.52
124.07	60.63
125.78	60.39
126.98	59.93
128.15	59.72
129.87	59.66
132.04	59.58
132.60	59.68
134.22	60.20
135.24	60.74
137.12	61.79
138.79	62.68
141.16	63.22
143.52	64.52
145.70	64.41
152.34	65.10
156.54	66.01
161.27	67.22
165.50	68.90
171.19	70.59
183.74	75.03

Abscisses de séparation des lits

Lits	Abscisse
RG / mineur	115.75
mineur / RD	143.52

Coefficients de Strickler

Lit	K
Lit majeur RG	15.00
Lit mineur	20.00
Lit majeur RD	15.00

Pente aval (m/m)

i	0.01
---	------

Riou

Niveau d'eau (mNGF)

Débit m³/s

Unité de débit m³ / s l / s

Calcul de Q à H donné

Calcul de H à Q donné

Calcul de la loi hauteur-débit

- pas de calcul de la ligne d'eau (m)
- hauteur de début de calcul (mNGF)
- hauteur de fin de calcul (mNGF)

Calcul de la loi Q(h)

Visualisation de la loi Q(h)

OPTION DE CALCUL

Résultats

Lit	RG	Mineur	RD	Total
Surface (m ²)	0.00	7.78	0.00	7.78
Périmètre (m)	0.00	11.48	0.00	11.48
Largeur (m)	0.00	11.14	0.00	11.14
Vitesse (m/s)	0.00	1.54	0.00	1.54
Débit m ³ /s	0.00	11.99	0.00	11.99
Froude lit mineur		0.59		
Cote critique lit mineur		60.40		

Cal cul sans prise en compte des effets DEBORD

Profil en travers

IMPRESSION DES RESULTATS

Impression écran

Impression du tableau Q(h)

Impression de la Loi Q(h)

Un Manning Strickler pour 12 m³/s (Q2) estime 1,10 m de hauteur d'eau dans la section à l'aval de l'ouvrage.

Ainsi, un batardeau de 2 m de hauteur par rapport au TN sera mis en place sur la largeur du lit mineur (~20 m au miroir)

L'ouvrage sera réalisé à partir des matériaux issus du site compactés. Il aura pour gabarit une crête de 2 m de largeur et des pentes à 3H/2V.

■ Traversée du Riou de l'Argentière en phase chantier :

En phase chantier, au préalable de la pêche de sauvegarde et de la mise en place des batardeaux, une rampe busée provisoire sera mise en œuvre sur le Riou de l'Argentière, afin de pouvoir franchir le cours d'eau sans impacter le milieu aquatique. Cette rampe de 4 m de largeur sera munie d'une buse de diamètre 800 mm dimensionnée sur le débit d'étiage du Riou de l'Argentière.

En l'absence de données de débit d'étiage, il a été pris les hypothèses ci-après pour estimer un débit d'étiage :

- Une hauteur d'eau dans le Riou de l'Argentière de 25 cm a été mesurée par le géomètre OPSIA lors de son relevé de février 2017 sur le profil P3 situé à l'axe du barrage
- La pente du profil en long sur ce bief est d'environ 1%.
- Un Manning Strickler réalisé sur le profil P3 d'OPSIA donne les résultats ci-après : Débit de l'ordre de 600 l/s.

Ouverture de fichier de profils préenregistrés

Création d'un fichier d'enregistrement

Profil

Retour Menu

Quitter

SAISIE DES DONNEES

Abscisse (m)	Cote (mNGF)
0.00	71.54
10.00	67.80
20.00	63.15
30.00	61.22
31.50	60.68
32.09	60.21
32.38	60.06
36.10	59.95
37.31	60.11
38.15	60.19
39.87	61.10
40.00	61.48
50.00	64.71
60.00	73.14

Abscisses de séparation des lits

Lits	Abscisse
RG / mineur	20
mineur / RD	50

Coefficients de Strickler

Lit	K
Lit majeur RG	12.00
Lit mineur	20.00
Lit majeur RD	12.00

Pente aval (m/m)

i	0.01
---	------

Riou P3 Barrage

Niveau d'eau (mNGF) : 60.20165908

Débit l/s :

Unité de débit : m3/s l/s

Calcul de Q à H donné

Calcul de H à Q donné

Calcul de la loi hauteur-débit

- pas de calcul de la ligne d'eau (m)
- hauteur de début de calcul (mNGF)
- hauteur de fin de calcul (mNGF)

Calcul de la loi Q(h)

Visualisation de la loi Q(h)

Calcul sans prise en compte des effets DEBORD

OPTION DE CALCUL

Résultats

Lit	RG	Mineur	RD	Total
Surface (m²)	0.00	1.00	0.00	1.00
Perimètre (m)	0.00	6.12	0.00	6.12
Largeur (m)	0.00	6.07	0.00	6.07
Vitesse (m/s)	0.00	0.60	0.00	0.60
Débit l/s	0.00	600.01	0.00	600.01
Froude lit mineur	0.47			
Cote critique lit mineur				

IMPRESSION DES RESULTATS

Impression écran

Impression du tableau Q(h)

Impression de la Loi Q(h)

Profil en travers

- Un Manning Strickler réalisé sur une buse béton de diamètre 800 mm donne les résultats ci-après : Débit de l'ordre de 890 l/s >600 l/s.

SAISIE DES DONNEES

Diamètre de la buse (mm)	800.00
Pente (m/m)	0.0050
Coefficient de strickler	70.00
Coefficient de contraction (m) pour le fonctionnement en charge	0.62
Hauteur d'eau dans la buse (m)	0.70

Calcul

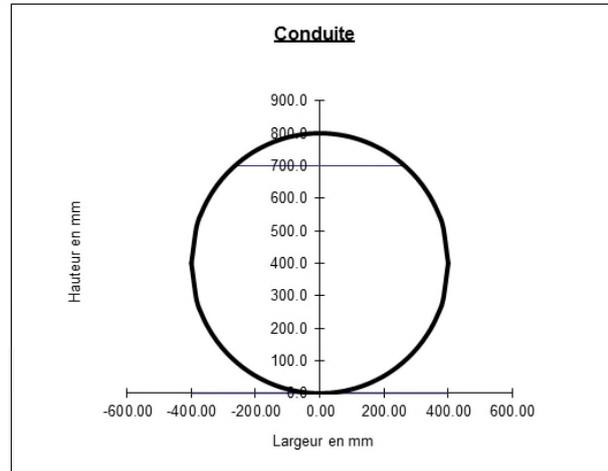
Imprimer

Retour menu

Quitter

RESULTATS

Débit (m³/s)	0.89
Écoulement :	à surface libre
Vitesse d'écoulement (m/s)	1.92
Surface mouillée (m²)	0.47
Périmètre mouillée (m)	1.94



7.4 : Parcelles impactées par la Zone d'expansion de crue (PHE ⇔ 73,38 m NGF) de l'ouvrage des Barnières

Le tableau d'impact du projet (emprise des ouvrages et de la zone d'expansion de crue) est présenté ci-après pour l'emprise de l'ouvrage calé à la PHE (73.38 m NGF) : **En cours de mise à jour.**

Parcelles	surface (m ²)	Plan d'eau à PHE (73,38 NGF) (hors barrage et fosse aval)	Barrage et fosse aval (PHE 73,38 m NGF)
I124	8756	8187	71
I126	10490	7225	
I127	19348	19348	
I128	60998	19585	
I129	3433	0	
I130	21354	601	
I131	12347	0	
I179	931	0	57
I180	14363	0	87
I182	769	0	197
I184	22916	6055	5109
CR22	13608	13431	
CR01	151483	4334	
CR25	5789	5789	
CR26	2637	2637	
CR27	4205	4205	
CR28	3828	3828	
CR29	3420	3420	
CR510	3875	3548	
CR511	65885	23431	
CR512	39994	26268	
CR513	228948	4341	224

Tableau 42 : Impact du projet sur le foncier



**CANNES
PAYS DE
LÉRINS**

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

**Communauté d'Agglomération
de Cannes Pays de Lérins**



**SOCIÉTÉ DU CANAL DE PROVENCE
et d'Aménagement de la Région
Provençale**

Mission de maîtrise d'œuvre pour la construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI
Phase 1 - Avant-Projet : Pièce 3 - Calendrier prévisionnel de réalisation des travaux d'Avant-Projet

Version 3



WALL084BTF

Avril 2021

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V0	20/03/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V1	27/07/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V2	02/08/19	S. PACESCHI	M. NORMAND
V3	30/04/21	S. PACESCHI	M. NORMAND

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
D. SONDAZ	Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale	30/04/21
S. QUASTANA		
O. PAGES		
J.L TROUVAT		

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

		Pièce 3 - AVP : Planning prévisionnel des travaux de l'ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière																														
Tâches	Durée	Année N																														
		Mois 1				Mois 2				Mois 3				Mois 4				Mois 5														
		Juin				Juillet				Août				Septembre				Octobre				Novembre				Décembre						
		S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	
Période défavorable vis-à-vis du risque de crue	4 mois																															
Période défavorable vis-à-vis du risque incendie	3 mois																															
Période favorable Débroussaillage, Abattage d'arbres	2 mois																															
Période favorable Abattage d'arbres potentiels Chiroptères	1,5 mois																															
Période favorable Décapage terre végétale	2 mois																															
Période favorable Travaux en rivière	8 mois																															
Période favorable Techniques Végétales	2,5 mois																															
Congés Annuels	1,5 mois																															
Période de préparation de chantier	2 mois																															
Phase 1 - Période d'exécution de chantier	~ 15 mois																															
Démarrage des travaux	Septembre N																															
Phase 2 - Travaux préparatoires	~4 mois																															
Protocole mise en sécurité Tortues d'Hermann et autres espèces faunistiques et installation de la barrière anti-intrusion (avant le démarrage du défrichage)	4 semaines																															
Nettoyage, Débroussaillage, Abattage des arbres	4 semaines																															
Aménagement des Installations de chantier (pistes, accès, passage à gué, plateformes de travail aires de stockages provisoires, rampes busées)	4 semaines																															
Propsection sur arbres potentiels à chiroptères	4 semaines																															
Abattage d'arbres potentiels à chiroptères	2 semaines																															
Décapage des sols (non rocheux), purge et mise en stock	5 semaines																															
Déroctage des emprises, purge et mise en stock (y c écran d'étanchéité)	9 semaines																															
Phase 3 - Travaux du Barrage	7 mois																															
Réalisation de la barrière anti-migration (calfatage au mortier et régularisation éventuelle au béton des fissures)	3 semaines																															
Batardeaux et dispositifs de dévoiement du Riou de l'Argentière pour mise hors d'eau de la zone de travaux y c pêche de sauvegarde préalable	2 semaines																															
Basculement du Riou de l'Argentière en rive gauche																																
Réalisation de l'écran d'étanchéité sous le pertuis de fond*1	1j																															
Réalisation écran d'étanchéité rive droite hors pertuis*1	1 semaine																															
Réalisation du pertuis de fond	4 semaines																															
Basculement du Riou de l'Argentière en rive droite dans le pertuis																																
Réalisation écran d'étanchéité rive gauche hors pertuis *1	1 semaine																															
Remblais (argileux, drain, recharge aval) jusqu'à la crête	12 semaines																															
Protection en rip/ rap amont	4 semaines																															
Protection en enrochements bétonnés en crête et aval y compris fosse de dissipation (en double atelier)	6 semaines																															
Nouveaux réseaux d'alimentation (BT, Telecom)	4 semaines																															
Remblais paysagers	4 semaines																															
Pistes définitives	4 semaines																															
Phase 4 - Travaux de génie végétal et remise en état	3 mois																															
Local d'instrumentation	4 semaines																															
Mise en service de l'instrumentation																																
Mesures compensatoires (MC2, MCP2, MCP3)	4 semaines																															
Techniques végétales	3 semaines																															
Remise en état des lieux	3 semaines																															
Aléa intemperies	hypothèse (8 semaines)																															
OPR	Novembre N+1																															

*1 : La réalisation de l'écran d'étanchéité comprend la réalisation de la clé d'étanchéité de type tranchée bétonnée de 4 m de profondeur dans la fondation et le voile d'injection en pied amont.
Dans le cas des variantes sur l'écran d'étanchéité (profondeur 2 m ou 4m dans la fondation et type clé d'étanchéité en matériaux argileux ou tranchée bétonnée), la réalisation des tâches associées à l'écran d'étanchéité pourra être anticipée de manière à ne pas décaler le reste du planning (3 semaines disponibles en parallèle de la réalisation du pertuis)



**CANNES
PAYS DE
LÉRINS**

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

**Communauté d'Agglomération
de Cannes Pays de Lérins**



**SOCIÉTÉ DU CANAL DE PROVENCE
et d'Aménagement de la Région
Provençale**

**Mission de maîtrise d'œuvre pour la construction d'un
ouvrage de ralentissement dynamique des crues du
Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI**

Phase 1 - Avant-Projet : Pièce 4 - Détail Estimatif d'Avant-
Projet

Version 3



WALL084BTF

Avril 2021

Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V0	20/03/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V1	27/07/18	S. PACESCHI	M. NORMAND
V2	02/08/19	S. PACESCHI	M. NORMAND
V3	30/04/21	S. PACESCHI	M. NORMAND

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
D. SONDAZ	Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale	30/04/21
S. QUASTANA		
O. PAGES		
J.L TROUVAT		

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Detail Estimatif AVP					
Construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI					

Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m (solution de base)					
N° Prix	Série 1 - Prix généraux	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
1-1	Installations générales et repliement de chantier	fft	250 000,00 €	1	250 000,00 €
1-2	Pilotage et encadrement de chantier	fft	200 000,00 €	1	200 000,00 €
1-3	Amenée-repli du matériel, transfert des ateliers	fft	100 000,00 €	1	100 000,00 €
1-4	Documents généraux, PAQ, Etudes d'exécution et dossier de récolement, Contrôle des eaux, Essais et contrôles	fft	150 000,00 €	1	150 000,00 €
1-5	Essais et contrôles ateliers écran d'étanchéité et injections	fft	100 000,00 €	1	100 000,00 €
Sous-total Série 1 - Prix généraux					800 000,00 €

N° Prix	Série 2 - Travaux préparatoires	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
2-1	Débroussaillage des emprises non envahies par des espèces invasives, y compris arbres de diamètre inférieur à 10 cm	m²	0,50 €	17 000	8 500,00 €
2-2	Débroussaillage des emprises envahies par des espèces invasives, y compris arbres de diamètre inférieur à 10 cm	m²	1,00 €	8 000	8 000,00 €
2-3	Abattage d'arbres de diamètre supérieur à 10 cm (hypothèse arbres sur à confirmer après investigations PRO complémentaires)*	fft	25 000,00 €	1	25 000,00 €
2-4	Aménagement des aires de stockage, pistes, accès, rampes, plateformes de travail de chantier sur le site	fft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
2-5	Aménagement de la piste d'accès Est au site (1,8 km)	fft	100 000,00 €	1	100 000,00 €
2-6	Aménagement d'ouvrages provisoires (batardeaux amont, aval, dispositif de dévoiement du Riou de l'Argentière)	fft	125 000,00 €	1	125 000,00 €
Sous-total Série 2 - Travaux préparatoires					316 500,00 €

N° Prix	Série 3 - Travaux du Barrage	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
	Terrassements				
3-1	Décapage des emprises du chantier non envahies par des espèces invasives, et mise en stock terre végétale (ép. 30 cm)	m ²	1,00 €	17 000	17 000,00 €
3-2	Décapage des emprises du chantier envahies par des espèces invasives, et mise en stock terre végétale (ép. 70 cm) (hypothèse Lit mineur + Eucalyptus Globulus)	m ²	2,00 €	8 000	16 000,00 €
3-3	Déblais en terrain meuble en eau et hors d'eau (hors zone d'emprunt, purge des matériaux meubles remblais, sables jusqu'au Gneiss)	m ³	5,00 €	4 530	22 650,00 €
3-4	Déblais en terrain meuble hors d'eau (exploitation zone d'emprunt n°4 ~6 800 m ²)	m ³	4,00 €	10 780	43 120,00 €
3-5	Remblais pour substitution sous le niveau du TN, (substitution zone d'emprunt)	m ³	2,00 €	14 520	29 040,00 €
3-6	Déblais en terrain rocheux en eau et hors d'eau (hors zone d'emprunt, purge pour ancrage du barrage et de ses ouvrages annexes)	m ³	15,00 €	18 000	270 000,00 €
3-7	Remblais en matériaux argileux issus d'apport (y compris transport <50km) pour corps de digue et recharge amont	m ³	15,00 €	9 490	142 350,00 €
3-8	Remblais en matériaux sableux du site (emprise de l'ouvrage + zone d'emprunt) pour recharge aval	m ³	6,00 €	2 250	13 500,00 €
3-9	Remblais en matériaux drainant issus d'apport (y compris transport <50km) pour filtre drain aval	m ³	40,00 €	2 410	96 400,00 €
3-10	Géotextile de filtration de type B pour filtre drain aval	m ²	3,00 €	4 760	14 280,00 €
3-11	Remblais en matériaux sableux du site (emprise de l'ouvrage + zone d'emprunt) pour remblai paysager amont	m ³	6,00 €	3 050	18 300,00 €
3-12	Nappage des talus à la terre végétale provenant du décapage du site (ép. 20cm) pour remblai paysager amont	m ³	7,00 €	260	1 820,00 €
3-13	Nappage des talus à la terre végétale provenant du décapage du site (ép. 20cm) pour zone defrichement amont	m ³	3,00 €	5 650	16 950,00 €
3-14	Reprise et évacuation des matériaux excédentaires en dehors du chantier	m ³	13,00 €	21 000	273 000,00 €
	Génie Végétal				
3-21	Enherbement de la terre végétale pour remblai paysager amont	m ²	1,00 €	11 110	11 110,00 €
3-22	Géotextile biodégradable de type coco pour remblai paysager amont	m ²	5,00 €	11 250	56 250,00 €
3-23	Plantations arbustives basses (hauteur < 1 m) sur partie inférieure à la piste tiers-talus du talus amont (hypothèses : 1U /2 m ²)	u	12,00 €	180	2 160,00 €
3-24	Plantations arbustives très basses (type romarins, ...) sur partie supérieure à la piste tiers-talus du talus amont (hors 2 m en crête) (hypothèses : 1U /2 m ²)	u	7,50 €	310	2 325,00 €
3-25	Enherbement de la terre végétale pour zone defrichement amont	m ²	1,00 €	28 100	28 100,00 €
3-26	Plantations arbustives basses (hauteur < 1 m) sur partie inférieure de la zone defrichement amont (hypothèses : 1U /8 m ²)	u	12,00 €	1 800	21 600,00 €
3-27	Plantations arbustives très basses (type romarins, ...) sur partie supérieure de la zone defrichement amont (hors 2 m en crête) (hypothèses : 1U /8 m ²)	u	7,50 €	1 800	13 500,00 €

N° Prix	Série 3 - Travaux du Barrage	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
Protections des parements					
3-31	Protection en RIP/RAP du parement amont (partie inférieure) (ep. 60 cm, Dm= 30 cm) issu du site	m3	30,00 €	800	24 000,00 €
3-32	Enrochements pour protection en enrochements bétonnés du parement amont (partie supérieure), crête, parement aval et fosse de dissipation et chenal aval (ep. 2,40 m, Dm = 1,20 m)	m3	55,00 €	9 500	522 500,00 €
3-33	Enrochements libres (confluence avec vallon de l'Aubro et amont pertuis)	m3	55,00 €	700	38 500,00 €
3-34	Béton pour protection en enrochements bétonnés du parement amont (partie supérieure), crête et parement aval(D = 1,20 m)	m3	200,00 €	2 900	580 000,00 €
3-35	Géotextile de filtration de type C pour enrochements et RIP/ RAP	m²	5,00 €	6 200	31 000,00 €
3-36	Plus value pour dispositif contre les sous pressions pour la carapace en enrochements bétonnés (tubes éjecteurs)	fft	20 000,00 €	1	20 000,00 €
3-37	Longrine béton (ep. 50 cm)	m3	350,00 €	105	36 750,00 €
Traitement d'étanchéité					
3-41	Barrière anti-migration de type calfatage au mortier et régularisation éventuelle au béton des fissures.	m²	20,00 €	3 200	64 000,00 €
3-42	Ecran d'étanchéité type Tranchée bétonnée	m3			
	<i>Déblais en terrain rocheux en eau et hors d'eau (hors zone d'emprunt, purge pour ancrage du barrage et de ses ouvrages annexes)</i>	m³	20,00 €	600	12 000,00 €
	<i>Reprise et évacuation des matériaux excédentaires en dehors du chantier</i>	m³	8,00 €	600	4 800,00 €
	<i>Béton fibré coffré</i>	m³	250,00 €	750	187 500,00 €
	<i>Plus value pour rampe d'accès</i>	fft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
3-43	<i>Voile d'injection d'étanchéité en pied amont (10-15 m)</i>	fft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
Pertuis de Fond					
3-51	Ouvrage hydraulique traversant (incluant cadre en Béton armé, joints Waterstop, longrines de recouvrements anti-renard, béton de propreté), L = 39 m	fft	100 000,00 €	1	100 000,00 €
3-52	Ouvrage de tête amont en béton (incluant béton de propreté) Hmax = 5.5 m et L = 13.5 m	fft	28 000,00 €	1	28 000,00 €
3-53	Ouvrage de tête aval en béton (incluant béton de propreté) Hmax = 4.9 m et L = 12.25 m	fft	24 000,00 €	1	24 000,00 €
3-54	Plus value pour radier de type macrorugosités (OH traversant y c ouvrages de tête) S ~155 m²	fft	2 000,00 €	1	2 000,00 €
3-55	Dégrilleur amont (L=13.5 m)	fft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
Dispositif d'auscultation					
3-61	Réalisation d'un local de 8 m² d'instrumentation en béton armé (y compris, déblais, béton, toiture, serrurerie,...)	fft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
3-62	Equipements d'un local d'instrumentation	fft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
3-63	Instrumentation de l'ouvrage (Capteur de niveau d'eau de la retenue amont, Echelle limnimétrique, Cellules de pression interstitielles, Piézomètres à tube ouvert, Capteur de niveau automatique sur piézomètres, Bornes topographiques d'auscultation)		40 000,00 €	1	40 000,00 €
Reprise des protections hydrauliques du pont aval du Riou de l'Argentière					
3-71	Reprise des protections des culées et des garde-corps du pont du Riou de l'Argentière (portée de 10 m)	fft	100 000,00 €	1	100 000,00 €
Sous-total Série 3 - Travaux du Barrage					3 054 505,00 €

N° Prix	Série 4 - Travaux de Voiries Reseaux Divers	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
	Piste de franchissement rive gauche amont et aval				
4-1	Déblais en terrain rocheux	m³	15,00 €	550	8 250,00 €
4-2	Remblais en matériaux du site pour couche de fondation	m³	6,00 €	70	420,00 €
4-3	GNT 0/20mm pour couche de roulement (ep. 40 cm)	m3	35,00 €	400	14 000,00 €
4-4	Géotextile anti-contaminant de type A pour pistes	m²	1,00 €	1 000	1 000,00 €
	Piste de pied amont rive gauche				
4-5	Déblais en terrain rocheux	m³	15,00 €	340	5 100,00 €
4-6	Remblais en matériaux du site pour couche de fondation	m³	6,00 €	90	540,00 €
4-7	GNT 0/20mm pour couche de roulement (ep. 40 cm)	m3	35,00 €	220	7 700,00 €
4-8	Géotextile anti-contaminant de type A pour pistes	m²	1,00 €	530	530,00 €
	Piste mi-talus amont				
4-9	GNT 0/20mm pour couche de roulement (ep. 40 cm)	m3	35,00 €	110	3 850,00 €
4-10	Géotextile anti-contaminant de type A pour pistes	m²	1,00 €	270	270,00 €
	Rampe d'accès amont rive gauche à la crête				
4-11	Déblais en terrain rocheux	m³	15,00 €	50	750,00 €
4-12	Remblais en matériaux du site pour couche de fondation	m³	6,00 €	30	180,00 €
4-13	GNT 0/20mm pour couche de roulement (ep. 40 cm)	m3	35,00 €	40	1 400,00 €
4-14	Géotextile anti-contaminant de type A pour pistes	m²	1,00 €	100	100,00 €
	Piste rive droite amont				
4-15	Remblais en matériaux du site pour couche de fondation	m³	6,00 €	60	360,00 €
4-16	GNT 0/20mm pour couche de roulement (ep. 40 cm)	m3	35,00 €	70	2 450,00 €
4-17	Géotextile anti-contaminant de type A pour pistes	m²	1,00 €	180	180,00 €
	Piste rive droite aval (y c aire de retournement)				
4-18	Déblais en terrain meuble hors d'eau	m³	4,00 €	110	440,00 €
4-19	Cloutage en GNT 0/20mm pour couche de roulement (ep. 40 cm)	m3	35,00 €	90	3 150,00 €
	Rétablissement du réseau télécom existant				
4-20	Dépose et abandon du réseau télécom aérien (~670 m)	fft	6 000,00 €	1	6 000,00 €
	Liaison télécom du local d'instrumentation				
4-21	Mise en place d'une télégestion via GSM	fft	Déjà pris en compte dans prix Equipements d'un local d'instrumentation		
	Alimentation électrique du local d'instrumentation				
4-22	Mise en place d'un dispositif d'alimentation autonome par panneaux solaires ou batteries	fft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
Sous-total Série 4 - Travaux de Voiries Reseaux Divers					66 670,00 €

N° Prix	Série 5 - Mesures environnementales*5	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
5-1	Mesure d'Evitement 1 (E1) : Redéfinition des caractéristiques du projet	fft	<i>Déjà inclus dans prix des terrassements et généraux</i>		
5-2	Mesure d'Evitement 2 (E2) : Dispositif de franchissement piscicole	fft	<i>Déjà inclus dans prix du puits</i>		
5-3	Mesure de réduction 1 (R1) : Balisage préventif / mise en défens	fft	3 800,00 €	1	3 800,00 €
5-4	Mesure de réduction 2 (R2) : Dispositif préventif de lutte contre une pollution et dispositif d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales de chantier	fft	<i>Déjà inclus dans prix généraux</i>		
5-5	Mesure de réduction 3 (R3) : Dispositif de lutte contre les espèces exotiques envahissantes	fft	<i>Déjà inclus prix débroussaillage/décapage invasives</i>		
5-6	Mesure de réduction 4 (R4) : Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou leur installation – défavorabilisation par débroussaillage respectueux	fft	<i>Déjà inclus prix généraux</i>		
5-7	Mesure de réduction 5 (R5) : Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – barrières anti-intrusion	fft	7 000,00 €	1	7 000,00 €
5-8	Mesure de réduction 6 (R6) : Dispositif permettant d'éloigner les espèces à enjeux et/ou limitant leur installation – abattage spécifique d'arbres à cavités	fft	5 800,00 €	1	5 800,00 €
5-9	Mesure de réduction 7 (R7) : Récupération et transfert d'une partie du milieu naturel – Tri des terres végétales	fft	<i>Déjà inclus dans prix des terrassements</i>		
5-10	Mesure de réduction 8 (R8) : Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Tortue d'Hermann	fft	5 000,00 €	1	5 000,00 €
5-11	Mesure de réduction 9 (R9) : Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Faune piscicole	fft	3 500,00 €	1	3 500,00 €
5-12	Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces – Diane et sa plante hôte	fft	16 200,00 €	1	16 200,00 €
5-13	Mesure de réduction 11 (R11) : Dispositif de repli du chantier	fft	<i>Déjà inclus dans prix généraux</i>		
5-14	Mesure de réduction 12 (R12) : Gestion hydro écologique dans la ZEC	fft	<i>Non évaluable en l'état (prise en compte dans aléa du projet)</i>		
5-15	Mesure de réduction 13 (R13) : Adaptation de la période de travaux sur l'année	fft	<i>Déjà inclus prix généraux</i>		
5-16	Mesure de réduction 14 (R14) : Prise en compte des enjeux écologiques dans l'aménagement des pistes d'accès chantier	fft	11 000,00 €	1	11 000,00 €
5-17	Mesure d'accompagnement 1 (A1) : Assistance environnementale de chantier	fft	<i>Prestation hors chantier (23 050 € HT)</i>		
5-18	Mesure d'accompagnement 2 (A2) : Mise en place d'un accompagnement écologique dans le cadre du plan de gestion prévoyant un curage et une réinjection des matériaux	fft	<i>Prestation hors chantier (Non évaluable en l'état)</i>		
5-19	Mesure compensatoire n°1 (C1) : Réhabilitation et gestion conservatoire du Domaine des Barnières	fft	<i>Prestation hors chantier (~1 020 000 € H.T)</i>		
*5 Selon Dossier CNPN Naturalia 2021					
Sous-total Série 5 - Mesures environnementales					52 300,00 €

N° Prix	Série 6 - Mesures d'intégrations paysagère*6	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
6-1	Mesure paysagere d'Evitement n°1 (PE1) : Choix du site d'implantation de l'ouvrage	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
6-2	Mesure paysagere d'Evitement n°2 (PE2) : Redéfinition des caractéristiques du projet :				
	Maintien du paysage agricole au niveau de la future zone d'expansion de crue (hors zone de base vie et zone d'emprunt)	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
	Modification de l'emplacement de la base de vie sur une ancienne parcelle cultivée présentant des espèces invasives et préservation des chênes en périphérie.	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
	Modification de l'emplacement de la zone d'emprunt sur une parcelle agricole plane, à proximité amont du chantier, en rive droite du Riou de l'Argentière. Franchissement du Riou de l'Argentière via un passage à gué busé provisoire au droit de cette zone.	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
	Préservation des boisements/ haies en périphérie de la zone d'emprunts (Terrassements sur la zone d'emprunt en recul de 5m des par rapport aux haies existantes, afin de préserver leur système racinaire et leur pérennité).	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
	Suppression de la piste d'accès direct à l'ouvrage depuis l'A8.	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
	Pas d'élargissement de la piste DFCI existante d'accès au chantier depuis la DN7 (au lieu-dit Le Pas des Mules).	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
	Suppression de l'ouvrage anti embâcles.	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
6-3	Mesure paysagere de Réduction (PR1) : Limitation / adaptation des pistes du projet : 1. Simplification et fusion des pistes d'accès à l'amont du futur ouvrage et terrassements minimisés. 2. Réduction au maximum de la largeur des pistes circulables définitives.	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
6-4	Mesure paysagere de Réduction (PR2) : Limitation / adaptation des enrochements du projet : Diminution au strict nécessaire des enrochements en rive droite et en radier en extrémité aval de la fosse de dissipation	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
6-5	Mesure paysagere de Réduction (PR3) : Autres : Réduction de l'impact paysager du pertuis de l'ouvrage : Allongement du cadre de rétablissement du Riou de l'Argentière	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
6-6	Mesure paysagere de Réduction (PR4) : Autres : Réduction de l'impact paysager du Local d'instrumentation Optimisation du Local d'instrumentation en rive gauche, en bordure de la piste	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
6-7	Mesure paysagere d'Accompagnement n°1 (PA1) : Mesures d'insertion paysagères sur zones arborées : 1. Mise en défens de la ripisylve, des beaux aulnes et des chênes autour de la base de vie à préserver au moyen de ganivelles et "rubalise". 2. Elagage et rehausse éventuelle des houppiers d'arbres conservés, repérés par l'écologue et par la paysagiste, et réalisation des travaux par une entreprise forestière qualifiée	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		
6-8	Mesure paysagere d'Accompagnement n°2 (PA2) : Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en terre : 1. Récolte de graines d'essences de maquis au nord du cours d'eau, avant débroussaillage des emprises du chantier et mélange aux terres de décapage pour un réensemencement naturel des secteurs à renappés en terre 2. Gestion des terres végétales 'décapage, tri, criblage et optimisation de l'utilisation des terres végétales du site. 3. Nappage en terre, enrichie en graines locales, pour revégétalisation du parement amont. 4. Remise en état de la base de vie de chantier (reprofilage de la parcelle selon état initial et renappage en terre et enherbement). 5. Remise en état de la zone d'emprunt (reprofilage de la parcelle selon état initial et renappage en terre et enherbement).	fft	<i>Déjà inclus dans prix du projet</i>		

6-9	Mesure paysagere d'Accompagnement n°3 (PA3) : Mesures d'insertion paysagères des pistes : 1. Insertion paysagère des pistes d'accès existantes (enherbement des accotements) 2. Insertion paysagère des pistes d'accès projet (Optimisation paysagère des pistes à faible pente (zone amont) par enherbement) 3. Suppression du réseau aérien télécom existant à l'occasion de la création des pistes.	fft	Déjà inclus dans prix du projet	
6-10	Mesure paysagere d'Accompagnement n°4 (PA4) : Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en enrochements : 1. Choix de blocs de roche locale (texture et couleur) de 1m minimum (surface vue) pour le parement et la fosse de dissipation aval (carrière Les Grands Caous ou La Môle) 2. Contraintes paysagères de pose et finitions des enrochements (Positionnement des enrochements avec soin, bloc par bloc, à la pelle mécanique, de façon à constituer une surface plane et un appareil avec des joints non noyés dans le béton. Réalisation d'une planche d'essai pour validation)	fft	Déjà inclus dans prix du projet	
6-11	Mesure paysagere d'Accompagnement n°5 (PA5) : Mesures d'insertion paysagères des zones et ouvrages en béton : Béton teinté de couleur proche des enrochements, ou "béton de site" (avec granulats locaux), notamment pour ouvrage de tête du puits.	fft	Déjà inclus dans prix du projet	
6-12	Mesure paysagere d'Accompagnement n°6 (PA6) : Mesures d'insertion paysagère en phase d'exploitation : 1. Débroussaillage obligatoire, pratiqué sous forme alvéolaire le long des pistes et de l'ouvrage, en transition avec le milieu naturel des versants, et en évitant un effet rectiligne et artificiel 2. Abattage sélectif, au cas par cas, dans la zone d'expansion de crue.	fft	Déjà inclus dans prix d'entretien du projet	
6-13	Mesure compensatoire n°1 (C1) : Réhabilitation et gestion conservatoire du Domaine des Barnières	fft	Commune avec mesures environnementales	
* ⁶ Selon étude paysagère AKENE de février 2021				
Sous-total Série 6 - Mesures d'intégration paysagère				Déjà inclus dans prix du projet

N° Prix	Série 7 - Options	Unité	Prix unitaire HT	Quantité	Total HT
7-1	Option 2 : Piège à embâcles artificiel en entrée de pertuis :				
7-1.1	Piège à embâcles artificiel en entrée de pertuis	fft	60 000,00 €	1	60 000,00 €
7-2	Option de secours reseaux :				
7-2.1	Option de secours n°1 : Plus value pour pose d'un nouveau réseau télécom en souterrain sous pistes pour rétablir les réseaux existants en cas de maintien des reseaux (~900 m)	fft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
7-2.2	Option de secours n°2 : Plus value pour pose d'un réseau BT souterrain depuis le centre équestre des Barrières pour alimenter le local d'instrumentation (~900 m)	fft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
Sous-total Série 7 - Options					160 000,00 €

Construction d'un ouvrage de ralentissement dynamique des crues du Riou de l'Argentière (06), dans le cadre du PAPI
Montant total des travaux

Synthèse du Detail Estimatif AVP	
Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m (solution de base)	
Sous-total Série 1 - Prix généraux	800 000,00 €
Sous-total Série 2 - Travaux préparatoires	316 500,00 €
Sous-total Série 3 - Travaux du Barrage	3 054 505,00 €
Sous-total Série 4 - Travaux de Voiries Reseaux Divers	66 670,00 €
Sous-total Série 5 - Mesures environnementales	52 300,00 €
Sous-total Série 6 - Mesures d'intégration paysagère	Déjà inclus dans prix du projet
Montant total hors taxes (hors aléa)	4 289 975,00 €
Aléa: 15%	643 496,25 €
Montant total hors taxes y c aléa	4 933 471,25 €
TVA 20%	986 694,25 €
Montant total toutes taxes comprises y c aléa	5 920 165,50 €
Sous-total Série 7 - Options	
Option : Piège à embâcles artificiel en entrée de pertuis	60 000,00 €
Option de secours reseaux	100 000,00 €
Solution de Base + toutes options	
Montant total hors taxes (hors aléa)	4 449 975,00 €
Aléa: 15%	667 496,25 €
Montant total hors taxes y c aléa	5 117 471,25 €
TVA 20%	1 023 494,25 €
Montant total toutes taxes comprises y c aléa	6 140 965,50 €

Hypothèses du chiffrage: cf. Mémoire technique, pièce 2 du dossier AVP

Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m				
Ecran d'étanchéité type Tranchée bétonnée 2m	m3	Sous total	170 900,00 €	
Déblais en terrain rocheux en eau et hors d'eau (hors zone d'emprunt, purge pour ancrage du barrage et de ses ouvrages annexes)	m³	20,00 €	300	6 000,00 €
Reprise et évacuation des matériaux excédentaires en dehors du chantier	m³	8,00 €	300	2 400,00 €
Béton fibré coffré	m³	250,00 €	450	112 500,00 €
Plus value pour rampe d'accès	fft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
Rappel Ecran d'étanchéité type Tranchée bétonnée 4m	m3	Sous total	254 300,00 €	
TOTAL Moins value pour Ecran d'étanchéité				-83 400,00 €
Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m				
Ecran d'étanchéité type type clé d'étanchéité en matériaux argileux 2m	m3	Sous total	112 500,00 €	
Déblais en terrain rocheux en eau et hors d'eau (hors zone d'emprunt, purge pour ancrage du barrage et de ses ouvrages annexes)	m³	20,00 €	850	17 000,00 €
Reprise et évacuation des matériaux excédentaires en dehors du chantier	m³	8,00 €	850	6 800,00 €
Remblais en matériaux argileux issus d'apport (y compris transport <50km) pour corps de digue et recharge amont	m³	22,00 €	850	18 700,00 €
Plus value pour rampe d'accès	fft	70 000,00 €	1	70 000,00 €
Rappel Ecran d'étanchéité type Tranchée bétonnée 4m	m3	Sous total	254 300,00 €	
TOTAL Moins value pour Ecran d'étanchéité				-141 800,00 €
Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m				
Ecran d'étanchéité type type clé d'étanchéité en matériaux argileux 4 m	m3	Sous total	152 500,00 €	
Déblais en terrain rocheux en eau et hors d'eau (hors zone d'emprunt, purge pour ancrage du barrage et de ses ouvrages annexes)	m³	20,00 €	1 650	33 000,00 €
Reprise et évacuation des matériaux excédentaires en dehors du chantier	m³	8,00 €	1 650	13 200,00 €
Remblais en matériaux argileux issus d'apport (y compris transport <50km) pour corps de digue et recharge amont	m³	22,00 €	1 650	36 300,00 €
Plus value pour rampe d'accès	fft	70 000,00 €	1	70 000,00 €
Rappel Ecran d'étanchéité type Tranchée bétonnée 4m	m3	Sous total	254 300,00 €	
TOTAL Moins value pour Ecran d'étanchéité				-101 800,00 €

Synthèse des solutions du Detail Estimatif AVP (hors option)			
	Montant total hors taxes (hors aléa)	Montant total H.T y c aléa (15%)	Montant total TTC y c aléa
Solution 1A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	4 206 575,00 €	4 837 561,25 €	5 805 073,50 €
Solution 2A : Ecran d'étanchéité tranchée bétonnée hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m (solution de base)	4 289 975,00 €	4 933 471,25 €	5 920 165,50 €
Solution 1B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 2 m	4 148 175,00 €	4 770 401,25 €	5 724 481,50 €
Solution 2B : Ecran d'étanchéité type clé d'étanchéité en matériaux argileux hauteur d'ancrage dans la fondation de 4 m	4 188 175,00 €	4 816 401,25 €	5 779 681,50 €