



21/05/2021



**Appui technique aux
Services de Contrôle
de la Sécurité
des Ouvrages Hydrauliques**

BARRAGE DES POUX (04)

Avis sur l'augmentation du niveau de remplissage à 2 m

Rédigé par Anthony Mouyeaux
Relu par Laurent Peyras

Par courrier du 10/05/2021 précisé par deux courriels du 12/05/2021, la DDT 04 sollicite l'avis d'INRAE sur l'analyse de la stabilité du barrage des Poux et sur l'impact potentiel en cas de rupture, en réponse à la demande d'augmentation du niveau de remplissage de l'ASA (courrier de l'ASA à la DDT 04 en date du 19/04/2021 [3]). Il s'agit particulièrement d'avoir l'avis d'INRAE *sur les risques pour les usagers à l'aval liés au remplissage du barrage des Poux sur une hauteur de 2 m*.

Pour rappel, cet ouvrage est exploité par l'ASA du canal de Ventavon Saint-Tropez.

Pour cet avis, la DDT 04 nous a transmis les documents suivants :

- [1] Tribunal Administratif de Marseille, *Pré-rapport d'expertise*, rapport daté du 31/03/2021, 30 pages + annexes ;
- [2] SCP, *Etude de l'onde de rupture du barrage des Poux à Valernes (04)*, version 3 datée du 15/04/2021, 29 pages + annexes
- [3] Lettre de l'ASA à la DDT 04 en date du 19/04/2021

Il est rappelé que le but du présent avis n'est pas de viser à l'exhaustivité des remarques. Il s'agit de donner une appréciation globale de la qualité des études et de souligner les points principaux qui fondent cette appréciation, en fonction de la connaissance que nous avons de l'ouvrage.

1. Contexte

En 2020, l'ASA a bénéficié d'un arrêté préfectoral l'autorisant à remplir la retenue sur une hauteur de 1 m. En 2021, l'ASA a sollicité une augmentation du niveau de remplissage à 2 m (soit un volume stocké de 5 760 m³).

Dans ce cadre, le 1^{er} mars 2021, la DDT 04 a sollicité l'avis d'INRAE concernant l'augmentation du niveau de remplissage à 2 m, au vu des études de stabilité et d'onde de rupture du barrage. Notre premier avis sur ce sujet a été formulé le 29/03/2021.

Par courriel en date du 31/03/2021, la DDT04 a souhaité disposer d'un avis complémentaire au sujet du niveau de remplissage et des précisions étaient également demandées concernant les mesures de surveillance de l'ouvrage. L'avis complémentaire d'INRAE à cette demande a été émis par courriel le 02/04/2021.

Le présent avis se base sur les éléments indiqués lors de nos deux avis précédents, qui sont complétés par l'analyse de l'actualisation de l'étude d'onde de rupture [2].

2. Analyse rapide des documents fournis

Rapport d'expertise [1]

Le rapport d'expertise [1] fait un état des lieux des dommages observés sur l'ouvrage et liste les causes potentielles de ceux-ci. Il n'apporte pas d'élément nouveau relatif à l'augmentation du remplissage vis-à-vis de la sécurité intrinsèque de l'ouvrage. Il n'est pas utilisé pour la préparation du présent avis.

Etude de l'onde de rupture [2]

L'actualisation de l'étude d'onde de rupture du barrage [2] est globalement similaire à la version précédente, à la différence près que trois nouveaux scénarios de remplissage ont été ajoutés :

- Rupture instantanée : remplissage d'une hauteur de 1,5 m ;
- Rupture instantanée : remplissage d'une hauteur de 2,18 m ;
- Rupture instantanée : remplissage d'une hauteur de 2,68 m.

L'étude ne précise pas à quoi correspondent ces hauteurs de remplissage simulées, ce qui aurait mérité de figurer. Cela interroge sur pourquoi avoir simulé des cotes de remplissage données au centimètre près, compte tenu des imprécisions connus des modèles d'onde de rupture ?

La méthodologie et les hypothèses de calcul sont identiques à la version précédente de l'étude d'onde de rupture¹, que nous indiquions être de qualité dans notre avis du 29/03/2021.

Un chapitre « Conclusions et perspectives » a été ajouté à l'étude, ce qui est appréciable.

D'un point de vue hydraulique, cette version de l'étude confirme la conclusion de la version précédente : aucun enjeu n'est impacté pour une rupture instantanée survenant avec un niveau de remplissage allant jusqu'à 2,18 m. La bergerie à l'aval de l'ouvrage est légèrement impactée pour une rupture avec un niveau de remplissage à 2,68 m.

Concernant la stabilité de l'ouvrage, l'étude [2] reprend et synthétise les éléments de l'étude de stabilité 2018². Les §4.2 et §4.3 de l'étude [2] concernent respectivement les états-limites de glissement et d'érosion interne. Le §4.4 présente une estimation des risques présentée sous forme de matrice et reprenant les différents scénarios de remplissage. Cette analyse permet d'avoir une vision globale sur les risques encourus en fonction du remplissage. Nous revenons dans la suite sur les différents aspects relatifs à la problématique d'une augmentation du remplissage (hydraulique, stabilité, risques).

3. Avis sur les problématiques liées à l'augmentation du remplissage

Impact d'une rupture du barrage

L'étude d'onde rupture du barrage actualisée [2] est réalisée dans les règles de l'art et montre de façon claire qu'aucun enjeu n'est exposé en cas de rupture instantanée du barrage pour des niveaux de remplissage allant jusqu'à 2,18 m.

Comme nous le mentionnions dans nos avis précédents, l'hypothèse de rupture instantanée est pessimiste pour un barrage en remblai comme le barrage des Poux. Il y a fort à croire que les débits de pointe en cas de rupture seraient bien inférieurs à ceux indiqués dans l'étude [2] pour les scénarios 1 à 6, et donc que la zone inondée serait encore plus faible. Les résultats donnés dans [2] sont donc conservatifs.

Il convient de noter que la notion d'enjeux qui est considérée ici concerne l'acceptation classique de lieux d'habitation. Bien sûr, cette notion ne traite pas tous les autres enjeux : promeneurs, pêcheurs, autres

¹ SCP, *Etude de l'onde de rupture du barrage des Poux à Valernes (04)*, rapport d'indice 1 daté du 28/09/2018, 36 pages + annexes

² SCP, *Etude de stabilité générale et du risque d'érosion interne du barrage des Poux à Valernes (04)*, rapport d'indice 1 daté du 29/10/2018, 36 pages + annexes

usagers, qui peuvent être situés directement dans le lit vif du ruisseau et donc être impactés par n'importe quelle augmentation de débit de la rivière, donc par tous les scénarios de rupture.

Au final et selon cette acception des enjeux, aucun n'enjeu n'est exposé en cas de rupture du barrage des Poux avec un niveau de remplissage d'une hauteur de 2 m.

Analyse de la stabilité du barrage

Les aspects concernant la stabilité du barrage sont synthétisés dans l'étude [2]. Elle reprend les éléments décrits dans l'étude de stabilité de 2018² réalisée. Aucun nouvel élément concernant la stabilité du barrage n'est apporté par les nouveaux documents fournis.

Etat-limite de glissement

L'étude de stabilité SCP 2018 montre que la stabilité du barrage au glissement est précaire, même si la retenue est vide. Cela confirme le calcul de stabilité réalisé dans le diagnostic d'Alpes Ingé d'octobre 2018³, qui indiquait que « le fait de laisser 2 m d'eau en fond de retenue ne pose pas de problème de sécurité », mais ne le vérifiait pas par le calcul.

L'étude de stabilité SCP 2018 et l'étude [2] (§4) indiquent que les facteurs de sécurité vis-à-vis de l'état-limite de glissement sont quasiment identiques dans le cas de la situation d'exploitation normale et pour les niveaux allant de 1 à 4 m. Ces facteurs de sécurité sont cependant proches de 1 pour le talus aval, et inférieur à 1 pour un remplissage à 4 m, ce qui montre que l'équilibre reste très précaire. L'étude [2] montre l'instabilité du talus aval au séisme dans toutes les situations de remplissage. L'augmentation du niveau d'eau a logiquement une influence négative sur la stabilité du talus aval et positive sur celle du talus amont.

Par ailleurs, des incertitudes subsistent concernant le comportement hydromécanique du barrage et du versant dans sa globalité.

Au final, l'ouvrage reste intrinsèquement fragile vis-à-vis du mécanisme de glissement et sa stabilité est précaire, quel que soit le niveau de remplissage de la retenue.

Etat-limite d'érosion interne

Concernant l'état-limite d'érosion interne, l'étude de stabilité 2018, dont les éléments sont repris au §4.3 du document [2], considère que l'ouvrage n'est pas sensible aux différents types d'érosion interne, et ceux-ci sont jugés peu probables.

L'étude [2] (§4.3) précise que si les mouvements perdurent et modifient la géométrie de l'ouvrage, et donc les écoulements internes, le risque d'érosion interne pourrait s'accroître. Il est donc recommandé de limiter le remplissage de la retenue à 2 m. Nous approuvons cette analyse.

Le risque de rupture liée à l'érosion interne est actuellement faible mais il pourrait être accru par un remplissage plus important de la retenue au-delà de 2 m.

Estimation des risques

L'étude [2] (§4.4) comporte un premier tableau (Tableau 5) illustrant la détermination de l'aléa inondation en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse de l'écoulement utilisé dans l'étude d'onde de rupture du barrage. Cette grille de détermination de l'aléa est classiquement utilisée dans l'analyse des ruptures de barrage et nous l'approuvons.

L'étude [2] établit ensuite une matrice des risques de rupture du barrage (Tableau 6 du document [2]) qui permet de synthétiser les éléments des différentes études récentes sur l'ouvrage [2] et étude de stabilité SCP 2018). **Elle montre que le risque est faible sur les enjeux en aval pour les cas de remplissage 1 m à 2,18 m, et que le risque est moyen ou important pour les cas de remplissage 2,68 m et 4 m.** Ce risque est *important* pour les personnes potentiellement situées dans le ruisseau des Poux pour toutes les situations.

³ Alpes Ingé, Réserve des Poux – Valernes (04) – Confortement de la digue ouest – Etude géotechnique de projet, rapport d'indice A daté du 26/10/2018, 20 pages.

Risque hydrologique et de remplissage au-delà de 2 m

Les débits des crues décennale et millénale sont respectivement estimés à 110 l/s et 1,86 m³/s. Il est indiqué dans le rapport « Dossier de régularisation administrative de la réserve des Poux » de décembre 2018 qu'en cas de crue décennale, la retenue se remplirait de 1000 m³ en 2h30. Cela est conservatif car le débit de pointe (110 l/s) est le débit maximum de l'hydrogramme de crue et non le débit moyen. Le remplissage devrait être moins important et nécessite un calcul précis pour pouvoir être caractérisé. La DDT 04 nous indique que le débit de vidange est proche de 1 m³/s, ce qui permet de diviser d'environ par deux le débit de pointe de la crue millénale. Ainsi pour donner des ordres de grandeur, en cas de crue millénale, on peut estimer que le remplissage de la retenue de la cote 2 m à 4 m (volume de 8 200 m³) se produirait en plusieurs heures. Dans le même ordre de grandeur, un calcul très sommaire montre que la crue d'ordre de grandeur centennale conduirait à atteindre une cote de 2,5 m à partir d'un niveau de remplissage de 2 m.

En toutes hypothèses, il est clair qu'un remplissage à 2 m augmente nécessairement le risque de dépassement de la cote au-delà de 2 m en cas d'événement météorologique, ce qui accroît logiquement le risque pour les enjeux en aval en cas de rupture.

De façon générale, **la gestion dynamique d'un plan d'eau en crue par la vanne de fond afin de maintenir une cote approximativement constante est toujours délicate pour un exploitant, nécessitant un système de gestion de la sécurité efficace** (proximité au site du technicien, système d'alerte, etc.). **Aussi il apparaît complexe de mettre en œuvre une surveillance en crue qui garantisse que le niveau d'eau ne dépasse pas les 2 m, et nous estimons qu'une telle mesure de surveillance aurait des chances non négligeables d'être défailante.**

En toutes hypothèses, l'étude [2] n'apporte pas la démonstration de la maîtrise du risque hydrologique.

Selon notre analyse, une rehausse éventuelle de la cote d'exploitation à 2 m devrait passer par un complément d'étude, comportant un volet hydrologique et un volet analyse de risque, visant à faire la démonstration – dans la mesure où la démonstration peut être faite - de la maîtrise du risque hydrologique avec un niveau de risque acceptable et de définir, le cas échéant, les conditions de surveillance associées à inscrire dans les consignes. Par exemple notamment, il s'agirait de déterminer la période de retour de l'évènement hydrologique conduisant à remplir la retenue de 2 m à 2,68 m, d'évaluer la probabilité de rupture à cette dernière cote, d'évaluer la fiabilité réelle d'une surveillance en crue de l'exploitant, et in fine de classer ce risque dans une matrice de criticité, compte tenu des enjeux en aval.

Surveillance de la retenue

Les consignes actuelles semblent adaptées, que ce soit pour une remplissage de 1 m ou de 2 m. Si l'autorisation est accordée d'exploiter l'ouvrage avec un remplissage à 2 m, nous recommandons d'augmenter la fréquence des visites régulières, qui sont mensuelles pour le moment (visite tous les 15 jours par exemple).

4. Synthèse

Au vu des différentes études, il apparaît que le passage du niveau de remplissage de 1 à 2 m n'aurait pas d'impact significatif sur la stabilité de l'ouvrage, qui reste précaire dans tous les cas, même à retenue vide.

L'étude d'onde de rupture complémentaire montre qu'aucun enjeu n'est exposé en cas de rupture du barrage des Poux avec un niveau de remplissage d'une hauteur de 2 m.

Toutefois, le risque le plus important se situe en crue, où une crue non exceptionnelle (autour d'une probabilité cible annuelle 10^{-2}) conduirait à l'atteinte d'une cote allant de 2,5 m à 3 m, cote à laquelle le facteur de sécurité pourrait devenir inférieur à 1 et pourrait conduire à un glissement du talus aval, et à laquelle le volume stocké conduirait au début de l'atteinte d'enjeux en aval (enjeux atteints à la cote 2,68 m d'après l'étude [2]). A ce stade, l'étude [2] n'apporte pas la démonstration de la maîtrise du risque hydrologique. Aussi, dans l'état actuel de connaissance de l'ouvrage dont la stabilité est précaire, la précaution consisterait à maintenir la cote d'exploitation actuelle du plan d'eau.

Par ailleurs, comme énoncé dans cet avis et dans les précédents, et la stabilité de l'ouvrage précaire même à retenue vide, il est nécessaire d'engager au plus vite des études et travaux permettant de sécuriser l'ouvrage.