

BARRAGE DU SALAGOU : COMMENT PRENDRE EN COMPTE UN EVACUATEUR DE CRUES NATUREL DANS UNE ETUDE DE DANGERS ?

Salagou dam: How to take into account a natural spillway in a dam safety analysis ?

Corentin SAILLER, Eric VUILLERMET

BRL Ingénierie, 1105 avenue Pierre-Mendès France, BP94001 – 30 001 Nîmes Cedex 5

corentin.sailier@brl.fr; eric.vuillermet@brl.fr

Emmanuel CRAPIZ

Département de l'Hérault, Mas d'Alco, 1977 Avenue des Moulins, 34087 Montpellier Cedex 4

ecrapiz@herault.fr

MOTS CLEFS

Évacuateur de crues naturel, étude de dangers, analyse de risques.

KEY WORDS

Natural spillway, dam safety report, risks assessment.

RÉSUMÉ

En plus de leur évacuateur principal, certains ouvrages disposent d'un évacuateur « naturel », constitué par un col arasé à une cote fixée, par lequel peut transiter un débit complémentaire d'évacuation des crues lorsque l'évacuateur principal est saturé ou lors de crues exceptionnelles. Cet évacuateur naturel doit être considéré comme un organe de sécurité de l'ouvrage et être intégré à l'analyse de risque de l'EDD. Pour cela, il est nécessaire de pouvoir quantifier son risque de défaillance, et les risques induits par cette défaillance. Cette quantification passe nécessairement par une approche géologique et géotechnique en fonction de la nature de l'évacuateur et par des analyses hydrauliques spécifiques prenant en compte sa topographie précise.

Dans cet article, l'intégration de cet ouvrage au diagnostic exhaustif est justifiée, puis sont proposées les différentes fonctions pouvant être associées à un évacuateur naturel à la suite de l'analyse fonctionnelle. Les risques liés à la défaillance d'un évacuateur naturel sont ensuite explicités pour pouvoir s'intégrer à la démarche de l'analyse des risques. La défaillance de l'évacuateur naturel étant approchée comme étant son incapacité à garder une section de contrôle stable à long terme.

Une étude de cas sur le barrage du Salagou est présentée, retraçant les étapes de l'EDD, depuis le diagnostic exhaustif incluant des essais d'érodibilité jusqu'à l'analyse de risques prenant en compte une étude spécifique à la défaillance de l'évacuateur. Il ressort de l'étude de dangers que la géométrie d'un évacuateur naturel doit être maîtrisée en toutes circonstances, ce qui peut conduire à redéfinir la section de contrôle, et que le Maître d'Ouvrage du barrage doit se réappropriier cet ouvrage en tant qu'organe de sécurité, ce qui comprend une dimension de communication aux autres aménageurs et au public.

ABSTRACT

In addition to their main spillway, some dams have a 'natural' spillway, consisting of a pass levelled to a fixed elevation, through which an additional flow can transit to evacuate floods when the main spillway is saturated or during exceptional floods. This natural spillway must be considered as a safety component of the structure and included in the risk analysis of the SaRRA. To do this, it is necessary to be able to quantify the risk of its failure, and the risks induced by this failure. This quantification necessarily involves a geological and geotechnical

approach depending on the nature of the spillway and specific hydraulic analyses taking into account its precise topography.

In this article, the inclusion of this structure in the exhaustive diagnosis is discussed, followed by the various functions that can be associated with a natural spillway as a result of the functional analysis. The risks associated with the failure of a natural spillway are then outlined so that they can be incorporated into the risk analysis approach. The failure of a natural spillway is considered to be its inability to maintain a stable control section over the long term.

A case study of the Salagou dam is presented, tracing the stages of the SaRRA, from the exhaustive diagnosis including erodibility tests to the risk analysis taking into account a study specific to the failure of the spillway. It was highlighted in the hazard study that the geometry of a natural spillway must be controlled in all circumstances, which may lead to a redefinition of the control section, and that the owner of the dam must re-appropriate this structure as a safety component, which includes a communication dimension for other developers and the public.

1. CONTEXTE

En plus de leur évacuateur principal, certains ouvrages hydrauliques disposent d'un évacuateur « naturel » (EVCnat). Cet évacuateur est en général constitué par un point bas naturel sur le pourtour de la retenue ou un col arasé à une cote fixée, par lequel peut transiter un débit complémentaire d'évacuation des crues lorsque l'évacuateur principal est saturé ou lors de crues exceptionnelles. Sur certains ouvrages, ces évacuateurs naturels vont faire transiter ces débits complémentaires vers un vallon ou vallée différente de celle vers laquelle les débits principaux provenant de l'évacuateur de crues principal sont dirigés, conduisant à une zone d'inondation spécifique en cas de mise en service.

Cet évacuateur naturel doit être considéré comme un organe de sécurité de l'ouvrage puisqu'il intervient dans la gestion des crues pour lesquelles l'évacuateur principal de l'ouvrage n'est pas suffisant. Ainsi, un EVCnat doit être intégré à l'analyse de risque de l'étude de dangers (EDD). Pour cela, il est nécessaire de pouvoir qualifier la nature et le risque de défaillance de ce composant, ainsi que les risques induits par cette défaillance.

Cette analyse des risques passe nécessairement par une approche géologique et géotechnique en fonction notamment de la nature des matériaux constitutifs de l'évacuateur. Ainsi que par des analyses de simulations hydrauliques spécifiques prenant en compte la topographie précise de l'évacuateur.

2. PRISE EN COMPTE D'UN EVACUATEUR DE CRUES NATUREL DANS UNE EDD

2.1. Diagnostic exhaustif

Un évacuateur de crues naturel doit être intégré dans le périmètre d'une EDD et donc aussi au diagnostic exhaustif. Un levé topographique de précision permet de déterminer la géométrie exacte de l'EVCnat, donnée nécessaire à l'évaluation de sa loi de débitance. Ce levé peut aussi permettre, dans le cas où un levé de référence est disponible, de constater s'il y a une évolution dans le temps de la géométrie de l'évacuateur, liée à des mises en service lors de crue ou à des aménagements.

En fonction du contexte géologique et géotechnique, une campagne géotechnique spécifique peut être réalisée, notamment dans le cas où l'évacuateur est constitué d'un matériau susceptible d'être érodé lors de la mise en charge. La campagne géotechnique doit comprendre des essais d'érosion permettant de déterminer si le matériau en place dans l'EVCnat est potentiellement érodable lorsque soumis à des vitesses d'écoulement correspondant à celles qui sont rencontrées en cas de mise en charge.

2.2. Analyse fonctionnelle

Afin d'être correctement pris en compte, l'EVCnat doit être identifié comme un élément de l'aménagement, au même titre que les autres éléments de sécurité comme le circuit de vidange. Une fois identifié comme partie intégrante de l'ouvrage, sa description doit être effectuée dans la décomposition de l'ouvrage préalable à l'analyse fonctionnelle interne. L'EVCnat, bien que généralement non situé à proximité du barrage, fait tout de même partie de l'analyse fonctionnelle interne du fait de son rôle dans la maîtrise de la cote du plan d'eau.

La description de l'évacuateur naturel doit permettre de pouvoir, par la suite, l'intégrer dans l'analyse de risque. Ainsi, la description doit être la plus complète possible et faire apparaître :

- le contexte géologique et géotechnique ;
- la géométrie et la localisation de la section de contrôle ;
- la loi de débitance ;
- les éventuels usages annexes, parfois non anticipés lors de la construction initiale (parking par exemple).

L'analyse fonctionnelle vient ensuite attribuer une fonction de sécurité ainsi qu'une ou plusieurs fonctions technologiques à l'élément « évacuateur de crues naturel ». Ces fonctions peuvent être les suivantes :

- fonction de sécurité : Assurer un niveau de débitance complémentaire pour l'évacuation des crues ;
- fonction principale: Permettre le déversement en cas de cote de retenue supérieure à la cote de déversement décidée lors de la conception ;
- fonction technologique : Conserver l'altimétrie et la section de contrôle définies lors de la conception.

2.3. Analyse de risques

La défaillance de l'évacuateur de crues naturel doit être prise en compte dans l'analyse de risques. Pour cela il faut déterminer quel est l'évènement redouté central (ERC), quelle est sa gravité par rapports aux enjeux en aval, et quelle est sa probabilité annuelle d'occurrence.

En sus de la perte de débitance liée à une obstruction de l'ouvrage, évènement que l'on considérera comme un événement initiateur d'un ERC conduisant à la surverse, on s'intéressera à un ERC spécifique à l'EVCnat. Cet ERC va être lié à la défaillance de la fonction technologique. En effet, c'est l'incapacité à conserver sa section de contrôle, soit au travers de l'évolution de l'altimétrie du seuil, soit au travers de l'évolution de la forme de la section de contrôle, qui va conduire à une libération d'un volume plus important que celui projeté. Cette non-maitrise du débit restitué constitue notre ERC.

La gravité de l'ERC est évaluée en regard des enjeux et du comptage de la population impactée en cas de mise en charge de l'EVCnat, notamment s'il est débitant dans une vallée différente de celle du barrage. Il peut alors être utile de déterminer la forme de la zone d'inondation ainsi que les vitesses de l'écoulement pour différentes configurations de l'EVCnat, liées par exemple à l'utilisation actuelle ou à l'érosion si celle-ci est avérée. On doit s'intéresser au risque de surinondation dans la zone de

propagation de l'onde de crue lié à l'évolution des caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage, que cette évolution soit issue d'actions externes (travaux par exemple), ou qu'elle intervienne au cours de la mise en service de l'EVCnat.

La probabilité d'occurrence de l'ERC va être équivalente à la probabilité annuelle d'occurrence de la crue permettant la mise en charge de l'EVCnat ou de la crue permettant sa mise en charge sous un écoulement atteignant des vitesses suffisamment importantes pour permettre l'érosion et la modification de la section de contrôle.

À partir de ces différents éléments, il est possible de mener l'analyse de risques et déterminer s'il est nécessaire de préconiser des mesures de maîtrise du risque.

3. ÉTUDE DE CAS : L'EVACUATEUR DE CRUES NATUREL DU BARRAGE DU SALAGOU

3.1. Présentation de l'ouvrage

Le barrage du Salagou, ouvrage de classe A, forme une retenue d'environ 100 Mm³, située dans le département de l'Hérault, au nord-ouest de Montpellier. C'est un barrage en enrochements basaltiques à masque amont bitumineux. La maîtrise des crues est effectuée par l'intermédiaire d'un circuit vanné associé à un pertuis de fond. Ce circuit remplit aussi le rôle de circuit de vidange. Il n'y a pas eu de création d'un évacuateur de surface. Le point bas sur le pourtour de la retenue est le col des Vailhès. Dès la conception, ce point bas morphologique a eu la fonction de col déversoir. C'est donc un évacuateur de crues naturel permettant la maîtrise du niveau du plan d'eau en complément de l'évacuateur de crue vanné situé au droit de l'ouvrage.

Les dimensions de l'EVCnat sont approximativement de 53 m de largeur par 145 m de longueur.



Figure 1 : Retenue du Salagou, localisation du barrage et du col des Vailhès ©BRLi

Le col des Vailhès est un lieu accessible au public. En effet, une base de loisirs permettant la pratique de la voile et l'accès à l'eau pour la baignade est présente à proximité. Ainsi, le col constitue le point d'accès à la base nautique mais il est aussi utilisé comme parking. De plus, dans le but d'organiser les déplacements des véhicules, il a été mis en place des merlons empêchant de trop s'approcher de la retenue en amont, et en aval des merlons contraignant les véhicules à passer par une échancrure.

3.2.Contexte géologique

L'intégralité de la cuvette, y compris le col des Vailhès, est contenue dans une formation de pélites du Saxonien, roche très homogène provenant de la lapidification de vases. Elle est très finement litée et parcourue par un réseau de fissuration dense, la rendant friable et facilement attaquable par les agents atmosphériques une fois exposée en surface. La roche massive reste parfaitement inaltérable tant qu'elle est chargée et qu'elle échappe aux variations thermiques et hygrométriques.

Au droit du col des Vailhès, on observe en surface une couche de roche altérée, semblable à un matériau fin, issu de l'altération liée à l'action de la température et de l'hygrométrie ainsi qu'à l'action mécanique du passage des véhicules. Il est à noter que bien que les pélites soient issues d'anciennes vases argileuses, leur altération n'aboutit pas sur un matériau argileux. Les études datant de la construction du barrage montrent que le produit final de l'usure des pélites est une infime esquille de pélites et non pas des particules d'argile. Les pélites massives sont affleurantes à plusieurs endroits sur le col.

3.3.Diagnostic exhaustif

Compte tenu du caractère évolutif du matériau mais aussi de son potentiel d'érodabilité, le diagnostic exhaustif de l'ouvrage a intégré une campagne géotechnique spécifique au col des Vailhès, ainsi qu'un diagnostic structurel et fonctionnel, se basant sur les résultats de la campagne de sondages et pour partie sur des données issues d'une étude précédente récente, dont un lever topographique de précision et la détermination de la débitance du col selon différents scénarios.

Le but du diagnostic exhaustif sur cette portion d'ouvrage était de déterminer si :

- La cote de mise en charge respectait bien la cote de projet ;
- La section de contrôle est fixe dans le temps ;
- L'ouvrage était susceptible d'évoluer lors de sa mise en service.

3.3.1. Campagne de sondages

La question au cœur de la campagne de sondages était de savoir si le matériau détritique présent sur l'ensemble du col des Vailhès est érodable lorsqu'il est soumis à un écoulement, ce qui impliquerait alors une instabilité de la section de contrôle. Il était aussi nécessaire de déterminer l'épaisseur de la couche potentiellement érodable.

Des sondages à la pelle ont été réalisés, permettant d'observer que la couche de matériau détritique fin est d'une épaisseur variable, de 15 à 25 cm environ. En-dessous de ce matériau se trouve directement la roche massive.

Le matériau fin est présent sur la majorité du col, mais un matériau plus grossier est présent sur les extrémités latérales de l'évacuateur. Ce matériau plus grossier a comme origine l'altération naturelle de la roche, sans subir l'action des véhicules. Il est localisé sur les rives de l'évacuateur, là où le relief s'élève.

Des échantillons de matériau fin, de matériau plus grossier et de roche massive avec sa fissuration naturelle ont été conditionnés en tubes Shelby afin d'être envoyés au laboratoire de géotechnique de l'ESTP, à Cachan, pour être soumis à des essais d'érosion EFA (Erosion Fonction Apparat). Cet essai ayant été choisi car jugé représentatif de la configuration rencontrée, avec un écoulement uniquement tangentiel au matériau potentiellement érodable formant l'EVCnat.

Lors d'un essai EFA, un échantillon à tester, dans son tube Shelby de 3'' de diamètre (76,2 mm) par 1 m de longueur, est soumis à un écoulement dont la vitesse est maîtrisée. La vitesse de l'écoulement est augmentée par paliers et l'érosion de l'échantillon est mesurée pour chacun de ces paliers. Tout au long de l'essai, l'échantillon est maintenu au niveau du fond du chenal par un piston le faisant sortir de son tube. Est ensuite tracée la courbe du taux d'érosion du matériau, en mm/h, en fonction de la vitesse de l'écoulement ainsi que la courbe du taux d'érosion en fonction de la contrainte de cisaillement que subissent les grains du sol au contact de l'écoulement. Le schéma suivant représente le principe de fonctionnement de l'essai EFA.

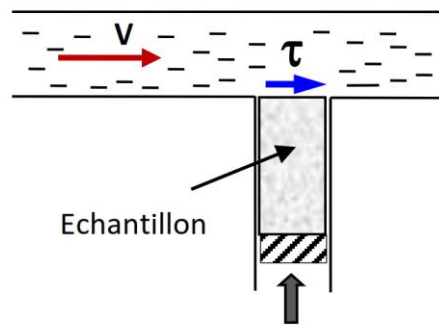


Figure 2 : Schéma de l'essai d'érosion EFA ©ESTP

Les essais EFA ont été réalisés sur 4 carottes, réparties comme tel :

- Carotte n°1 : échantillon de sol remanié, correspondant au matériau contenant peu d'éléments grossier et recouvrant la majeure partie du col des Vailhès ;
- Carotte n°3 : échantillon de sol remanié, correspondant au matériau situé en bordure du col des Vailhès, ce matériau contient des éléments plus grossiers, issus du ruissellement sur les pentes proches et représente un état de dégradation des pélites moins avancé que le matériau de la carotte n°1 ;
- Carotte n°6 : échantillon de roche, issu de la partie supérieure d'un sondage carotté réalisé au col. Il correspond à une profondeur de 0 à 0,5 m ;
- Carotte n°9 : échantillon de roche, issu de la partie inférieure d'un sondage carotté réalisé au col. Il correspond à une profondeur de 4 à 4,5 m.

Pour chaque échantillon, a été déterminée une vitesse critique d'écoulement, correspondant à la vitesse pour laquelle on observe l'initiation du phénomène d'érosion, ainsi qu'une contrainte de cisaillement critique, contrainte maximale admise par les grains du sol avant initiation de l'érosion. Les vitesses de l'écoulement durant les essais réalisés étaient comprises entre 0 et 4 m/s.

À chaque matériau testé, a été affectée une classe d'érodibilité, en fonction de la classification de Briaud. Une photographie du décrochement d'une portion de la carotte n°6, lié à un arrachement sur un plan de fragilité des pélites, ainsi que sa classification de Briaud sont présentées en figure suivante.

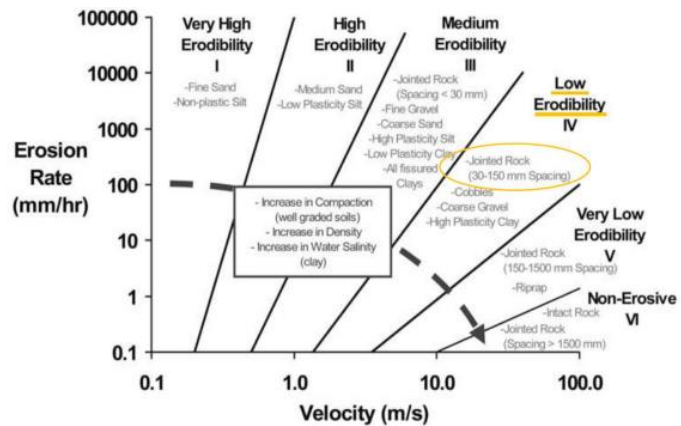
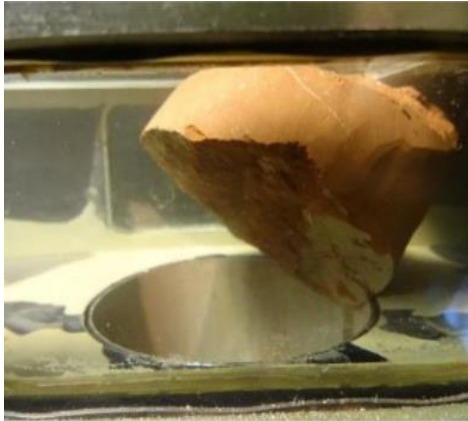


Figure 3 : Carotte n°6 et classification de Briaud associée

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

N° CAROTTE	PROFONDEUR (M)	TYPE DE MATÉRIAU	VITESSE D'ÉCOULEMENT CRITIQUE (M/S)	CONTRAINTES DE CISAILLEMENT CRITIQUE (PA)	CLASSIFICATION D'ÉRODABILITÉ
Carotte n°1	0 – 0,15	Sol induré	Entre 1,22 et 1,76	Entre 5,89 et 11,65	Moyenne
Carotte n°3	0 – 0,15	Sol induré	Entre 0,42 et 0,51	Entre 0,99 et 1,42	Grande
Carotte n°6	0 – 0,5	Roche tendre	-	-	Faible
Carotte n°9	0 – 0,5	Roche tendre	-	-	Faible

Tableau 1 : Résultats des essais EFA

Le sol le plus altéré (carotte n°1) est plus résistant à l'érosion que le matériau plus grossier de la carotte n°3. Cela est dû au fait que les particules très fines de pélites se retrouvent cimentées les unes aux autres du fait du remaniement de l'échantillon, qui est légèrement recomposé. Toutefois, ce compactage léger s'approche de la situation réelle, ces matériaux étant soumis à un trafic routier régulier.

Ainsi, les vitesses de l'écoulement tangentiel conduisant à l'érosion du matériau recouvrant le col des Vailhès sont désormais évaluées. Il faut désormais comparer ces vitesses d'écoulements critiques aux vitesses de l'écoulement en cas de mise en charge du col, ce qui a fait l'objet d'un diagnostic structurel et fonctionnel de l'EVCnat.

3.3.2. Diagnostic structurel et fonctionnel

Le diagnostic structurel et fonctionnel a permis de déterminer d'une part si les vitesses atteintes par l'écoulement lors de la mise en charge du col des Vailhès initient l'érosion, et d'autre part de déterminer quels sont les enjeux touchés en aval du col selon différents scénarios.

Pour cela, plusieurs scénarios sont examinés, correspondant à différentes configurations du col des Vailhès. Comme dit précédemment, le col des Vailhès doit servir de déversoir complémentaire en cas d'élévation de la cote du plan d'eau au-dessus de la cote 142 m NGF. Toutefois, un levé topographique effectué par le Maître d'ouvrage indique que la cote de 142 m NGF n'est pas constante sur l'ensemble de la surface du col, et que la cote réelle est variable et en moyenne supérieure à cette cote théorique. Ainsi, entre les merlons amont et aval, sur la plus grande partie du col, la cote est supérieure à la cote théorique de 0,1 à 0,2 m, tandis qu'en aval des merlons de fermeture, la cote réelle est supérieure à la cote théorique de 142 m NGF d'environ 0,3 à 0,5 m. La cote de mise en charge de l'EVCnat n'est donc pas respectée puisque ne correspondant pas à la cote projetée lors de la conception de l'ouvrage.

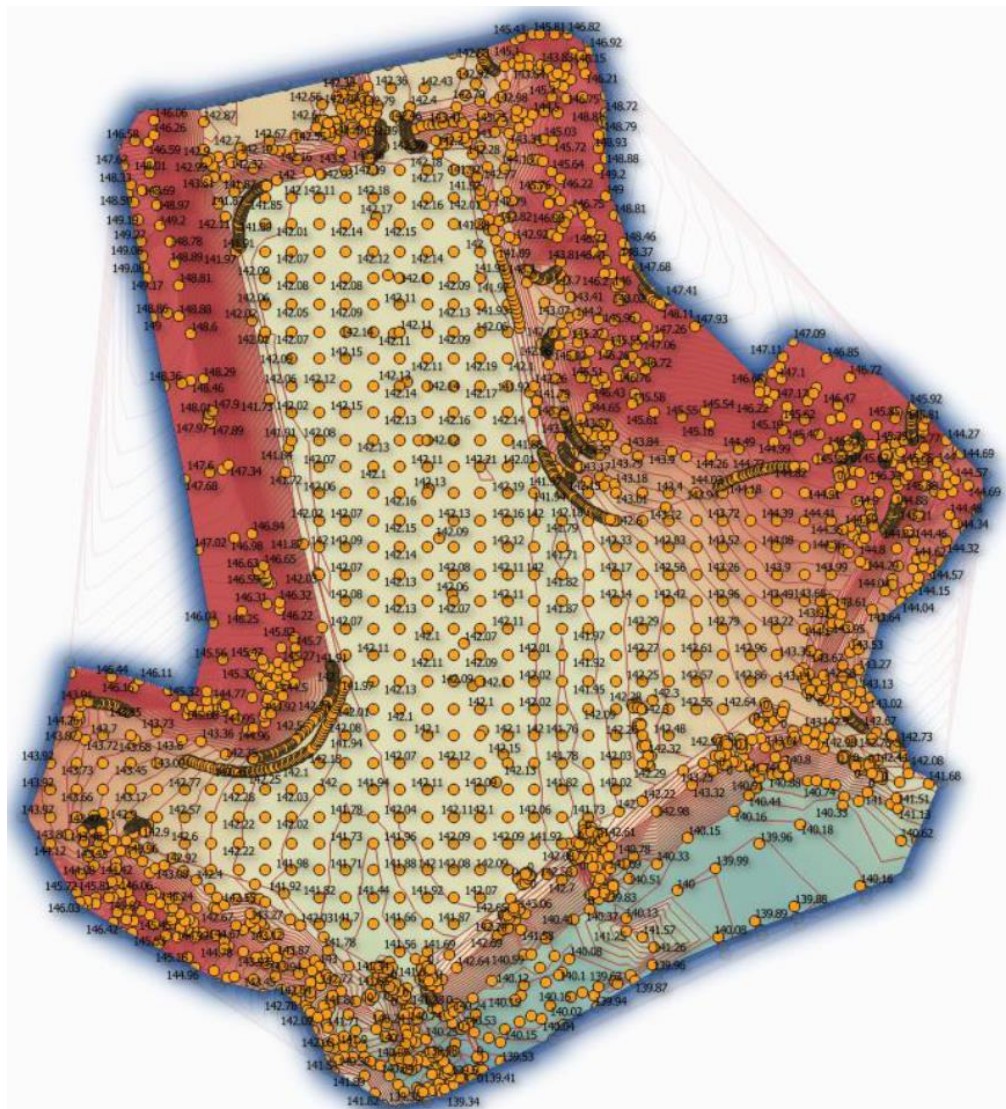


Figure 4 : Levé topographique du col des Vailhès ©CD34

Ainsi, à partir de la topographie, 4 scénarios ont été déterminés :

- Scénario 1 : situation actuelle ;
- Scénario 2 : modification de la géométrie actuelle par arasement des merlons de fermeture en aval ainsi que du merlon situé en amont ;
- Scénario 3 : arasement des merlons et terrassement permettant de limiter la cote du couloir d'évacuation à 142,3 m NGF ;
- Scénario 4 : arasement des merlons et terrassement permettant de limiter la cote du couloir d'évacuation à 142 m NGF

Dans les scénarios 2 à 4, les merlons sont préalablement enlevés. Ils ne sont pas considérés car il est recommandé de les enlever, ceux-ci n'ayant qu'une fonction d'aménagement des usages et aucune fonction hydraulique.

Des modèles 3D ont été construits, permettant d'évaluer la loi de débitance pour chacun des scénarios.

Cote (m NGF)	Débit (m³/s)			
	Scenario 1 : Situation actuelle	Scenario 2 : Merlons arasés	Scenario 3 : Merlons arasés + cote max. 142,3 m NGF	Scenario 4 : Merlons arasés + cote max. 142,0 m NGF
142.00	0.0	0.0	0.0	0.0
142.50	0.2	0.2	2.1	7.7
142.75	1.7	2.9	9.2	17.8
143.00	4.2	12.3	20.8	32.3
143.25	7.9	27.0	37.0	51.3
143.50	20.7	46.7	57.9	74.9
143.75	48.1	71.3	83.6	103.2
144.00	80.0	100.7	113.9	135.9
145.00	247.0	262.3	279.3	309.9

Tableau 2 : Lois de débitance pour le col des Vailhès

Le col n'étant pas à l'altitude prévu lors de la conception, cela entraîne une surcote de la retenue pour toutes les crues de période de retour supérieure à celle de la mise en charge de l'EVCnat. Ainsi, bien que le niveau des PHE soit fixé administrativement à 143,75 m NGF, une cote des PHE de 144,07 m NGF a été prise en compte dans l'EDD. Cette cote est calculée en prenant en compte la loi de débitance de l'évacuateur en l'état actuel.

La modélisation 3D a permis d'obtenir le champ des vitesses pour chacun des scénarios.

Pour le scénario 4, avec les merlons arasés et le col à la cote 142 m NGF, soit la situation correspondant aux caractéristiques du col telles qu'envisagées lors de la conception de l'ouvrage, les vitesses calculées sont comprises dans la plage des vitesses testées lors des essais d'érodibilité, pour une cote de plan d'eau de 144 m NGF, correspondant à la cote des PHE. Une carte des vitesses de l'écoulement pour le scénario 4 est présentée en figure suivante.

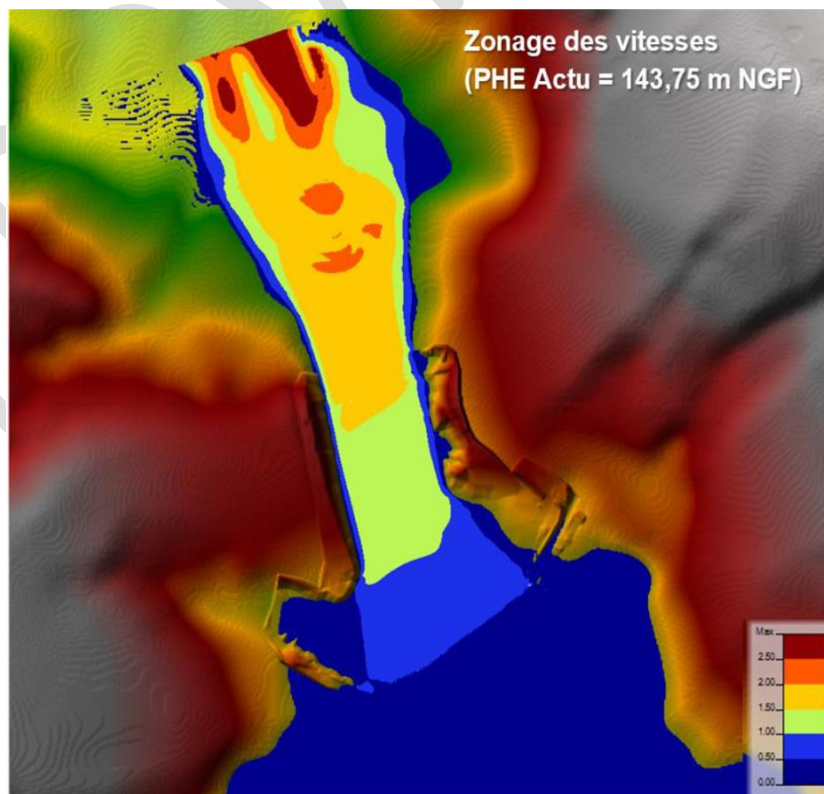


Figure 5 : Champ des vitesses de l'écoulement par le col des Vailhès à PHE

On observe que pour les scénarios 2 à 4, la vitesse des écoulements au droit de la section de contrôle peut aller jusqu'à un ordre de grandeur de 1,5 à 2 m/s en partie centrale. Dans cette plage de vitesses, le taux d'érosion du matériau constituant la majeure partie du sol présent dans l'évacuateur atteint une valeur de l'ordre de 0,5 à 1 mm/h.

Le matériau situé en rives de l'évacuateur est quant à lui soumis à des vitesses de l'ordre de 0,5 à 1 m/s, ce qui correspond à une large plage de taux d'érosion, allant de 1 à plus de 100 mm/h.

Ainsi, lors d'une mise en charge de l'évacuateur de crue, il y a un risque d'érosion du matériau présent sur le col, qui sera emporté en aval. En observant les champs de vitesses des différents scénarios, on remarque que la diminution de la cote du sol de l'évacuateur a pour effet d'augmenter la vitesse de l'écoulement. Or, le phénomène d'érosion a pour effet de faire diminuer la cote du sol de l'évacuateur, faisant augmenter les vitesses, et donc accentuant le phénomène d'érosion.

Si un écoulement se maintient par le col des Vailhès pendant une durée suffisante, cela aurait pour effet de diminuer la cote du « radier » de l'évacuateur, par érosion des matériaux d'altération en place.

L'écoulement peut localement mettre à nu les pélites saines situées sous la couche de sol d'altération. Celles-ci seraient alors sollicitées par l'action du climat et des véhicules utilisant le déversoir comme parking, ce qui aurait pour effet, dans un processus lent, d'altérer les premiers centimètres de la roche, constituant une nouvelle couche érodable lors d'une prochaine mise en charge de l'évacuateur.

Ainsi, au niveau de la section de contrôle du déversoir, on observe le cycle suivant :

- Mise en charge de l'évacuateur ;
- Départ par érosion du matériau superficiel d'altération des pélites ;
- Mise à nu de la roche de fondation ;
- Altération d'une frange superficielle de la roche de fondation sous les actions climatiques et mécaniques ;
- Formation d'une couche superficielle d'altération sensible à l'érosion lors de la mise en charge de l'évacuateur.

La répétition de ce cycle, sur le long terme, aurait pour effet d'abaisser petit à petit la cote du déversoir, donc la section de contrôle de l'EVCnat n'est pas fixe dans le temps.

Le diagnostic fonctionnel a permis, à partir des débits transitant par le col, de déterminer les enjeux touchés en aval, et s'il y a une modification des impacts en fonction des scénarios 2 et 4 d'aménagement du col.

La propagation de l'écoulement en aval du col ainsi que les cartes de vitesses ont été obtenues à l'aide du logiciel HEC-RAS.

Les enjeux atteints par l'écoulement en aval du col sont plusieurs habitations, une route départementale et un pont de cette même route départementale.

3.4.Intégration à l'EDD

Dans l'étude de dangers, le col des Vailhès a été intégré en tant qu'évacuateur de crues naturel. Il a donc la fonction de sécurité de fournir un débit complémentaire d'évacuation. Sa fonction principale est de permettre le déversement en cas de cote de retenue supérieure à 142 m NGF, à

laquelle est jointe une fonction technologique qui est définie comme étant « conserver l'altimétrie et la section d'écoulement définies lors de la conception ».

Le diagnostic structurel effectué démontre qu'il est possible d'avoir une défaillance de la fonction technologique puisque la mise en charge lance un cycle d'érosion et d'altération des matériaux constitutifs du col, avec pour effet un abaissement à long terme de la cote de déversement, ce qui éloigne l'ouvrage de sa conception originelle. De plus la topographie réalisée permet d'observer que le niveau du col est supérieur à sa cote théorique et que sa géométrie a été modifiée depuis la construction.

Un événement redouté central (ERC) dédié à cet ouvrage est défini comme correspondant à la défaillance de l'évacuateur de crues. Le mode de défaillance de l'EVCnat du barrage du Salagou est défini comme étant l'instabilité altimétrique de la section de contrôle. La probabilité annuelle de la défaillance correspond soit à une érosion sous crue « faible », soit à une érosion importante sous forte crue.

Le diagnostic fonctionnel réalisé au cours du diagnostic exhaustif a permis de déterminer l'emprise de la zone inondée en aval du col ainsi que les vitesses de l'écoulement, qui sont importantes, et ce même pour des crues de période de retour correspondant environ à la crue de mise en charge de l'EVCnat, soit 310 ans. Ces informations permettent de définir la classe de gravité liée à la mise en charge du col des Vailhès, qui est fixée à 2, correspondant à un événement « Sérieux », pouvant impacter une population de 1 à 10 personnes. Cette qualification reste prudente du fait qu'une analyse en surinondation déclasserait ce scénario.

L'ERC de défaillance de l'EVCnat du col des Vailhès est classé dans la zone de faible risque de la matrice de criticité retenue pour cette EDD. Toutefois, il est proposé une mesure d'amélioration et de maîtrise du risque, reposant sur deux composantes :

- Assurer la débitance normale de l'évacuateur, par la remise en conformité avec la topographie prévue lors de la conception, ce qui permettrait d'assurer la débitance nominale de l'EVCnat ;
- Assurer la stabilité de la section de contrôle hydraulique de l'EVCnat. Cela doit être réalisé afin de matérialiser la présence de l'EVCnat et fixer l'altitude de la section de contrôle par l'intermédiaire d'une poutre en béton armé. À cette action doit être associée une communication auprès des aménageurs, des exploitants du site et du public afin de rappeler le rôle de ce col et d'exclure tout aménagement dans l'emprise de l'ouvrage.

4. CONCLUSION

Il ressort de l'étude de dangers menée sur le barrage du Salagou que :

- La cote d'un ouvrage « naturel » peut évoluer au fil du temps, et notamment par un cycle de mise en charge et d'érosion sous écoulement d'une couche superficielle altérée par les conditions météorologiques et climatiques. Ainsi, il est nécessaire de vérifier si la section de contrôle d'un évacuateur de crues naturel peut subir une évolution à long terme. Cela passe par une approche topographique et géotechnique complétée par une analyse hydraulique permettant de déterminer s'il y a érosion lors de la mise en charge. Bien que l'évolution de la section de contrôle puisse être lente, il est nécessaire de maîtriser la cote de déversement en toutes circonstances. Donc s'il est avéré qu'une évolution de la section de contrôle est

possible, celle-ci doit être matérialisée et/ou redéfinie par un aménagement de génie civil afin de fixer sa forme et son altitude.

- Le Maître d'Ouvrage doit se réapproprier cet organe de l'aménagement et le considérer comme un organe de sécurité à part entière. Cela nécessite une dimension de communication envers les aménageurs et les usagers. Dans le cas du col des Vailhès, l'utilisation en tant que parking pour l'accès à la base de loisirs ne doit être que secondaire. Il est nécessaire que cette communication soit effectuée, afin qu'il n'y ait pas de choix d'aménagements dans l'emprise de l'ouvrage aboutissant à une réduction de la débitance de l'évacuateur de crues naturel, sur lequel repose en partie la sûreté de l'aménagement. De manière générale, un EVCnat doit faire partie du périmètre de surveillance de l'ouvrage et des visites techniques approfondies, comme l'est le col des Vailhès.

La prise en compte d'un évacuateur de crues naturel dans une étude de dangers nécessite donc son intégration dans toutes les étapes de l'étude, de l'intégration au périmètre de l'EDD et au diagnostic exhaustif jusqu'à l'analyse de risque, en intégrant bien cette partie d'ouvrage comme un organe de sécurité. Dans le cas de l'identification d'une défaillance possible de l'évacuateur, des moyens techniques peuvent être mis en place pour matérialiser et fixer la section de contrôle. Toutefois, ces moyens techniques doivent être associés à des moyens organisationnels à mettre en place par le Maître d'ouvrage afin que le rôle de l'évacuateur soit clair pour les aménageurs et les éventuels usagers, et faire en sorte que les usages ne viennent pas interférer dans le bon fonctionnement de l'évacuateur.