

**COMPTE-RENDU DE VISITE TECHNIQUE APPROFONDIE**

DATE : 06/08/2015

NOM DU BARRAGE : Barrage de Fournols

PROPRIETAIRE : Commune de Fournols

PERSONNES PRESENTES LORS DE LA VISITE : M. ROUTTIER, MME BARATON, M. MERY maire de FOURNOLS

CONDITIONS METEOROLOGIQUES : temps sec, ensoleillé

CONDITIONS D'EXPLOITATION AU MOMENT DE LA VISITE : retenue pleine

**0 – INFORMATIONS PRELABALES**

<b>0.1</b> <b>Informations sur la construction / travaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le barrage du plan d'eau du moulin rouge a été créé dans les années 1990</li> <li>- Aucun titre d'autorisation n'a été retrouvé</li> <li>- Aucune information n'a été retrouvée sur la conception et le suivi des travaux.</li> </ul>	
<b>0.2</b> <b>Enjeux à l'aval</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitations, voiries (distance au barrage)</li> </ul>	RD 37 (distance ~ 120 m) RD 105 (distance ~ 2000 m) Le moulin de la Monnerie (distance ~ 4500 m) RD56 (distance ~ 4550 m)

**I – EXAMEN VISUEL**

	<b>Diagnostic</b>	<b>Préconisations</b>
<b>I.1</b> <b>Parement aval</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le parement aval est recouvert d'une végétation basse et arbustive signalant une longue période d'absence d'entretien : prédominance de genêts et arbustes</li> <li>- Il n'est pas relevé de suintements ou de fuites notables mais la végétation peut avoir altéré cette observation</li> <li>- En rive droite de l'évacuateur de crue, on note une rampe qui pourrait avoir été emprunté par des motos ou quads</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ mettre en place un entretien régulier du parement aval couplé avec une surveillance visuelle</li> <li>↳ réglementer le passage d'engins motorisés</li> </ul>
<b>I.2</b> <b>Crête</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La crête présente également une végétation non traitée constituée de nombreux arbres et arbustes notamment quelques pins de grande hauteur côté aval. Au moins une souche non traitée est relevée.</li> <li>- On note peu d'irrégularités mais quelques flaches dont il est difficile de savoir s'ils proviennent d'un tassement différentiel ou d'une érosion superficielle. A noter que les accès ne sont pas limités et qu'il est possible d'accéder en crête avec un engin motorisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ traiter la végétation arbustive. Ne pas traiter les arbres de diamètres supérieurs à 10 cm sans l'assistance technique d'un bureau de conseil agréé</li> <li>↳ réglementer le passage d'engins motorisés</li> </ul>
<b>I.3</b> <b>Parement amont</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le parement amont est protégé par une protection anti-batillage faite de blocs non arrangés.</li> <li>- De la végétation se développe sur toute la protection : arbustive par endroit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ traiter la végétation sur la protection amont</li> </ul>

**II – DISPOSITIF D'AUSCULTATION**

Il n'y a pas de dispositif d'auscultation sur ce barrage.

**III – ETAT ET FONCTIONNEMENT DES ORGANES DE PRISE / REJET DES EAUX**

	<b>Diagnostic</b>	<b>Préconisations</b>
<b>III.0 Dispositif de prise d'eau</b>	- Aucun dispositif / ouvrage particulier n'assure la prise d'eau. Le cours d'eau initialement barré par l'ouvrage est aujourd'hui dérivé en rive gauche.	
<b>III.1 Evacuateur de crues</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'évacuation des crues est réalisée par un seuil libre au profil de plus grande hauteur qui se poursuit par un coursier béton sur le parement aval.</li> <li>- Les bétons sont en relatif bon état mais recouverts de mousses et de végétation basse.</li> <li>- Un arbuste de grande taille se développe en partie basse du coursier, certainement dans une fissure créée à cet endroit.</li> <li>- Il n'existe pas de consigne d'exploitation en crue.</li> <li>- Le dimensionnement des ouvrages est à vérifier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Vérification de la capacité d'évacuation des crues en cours.</li> <li>↳ Elimination de la végétation, y compris de l'arbre sur le coursier aval.</li> <li>↳ Réparation des bétons.</li> </ul>
<b>III.2 Vidange Disposition de régulation du niveau de la retenue Prises d'eau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La régulation du plan d'eau est assurée par un moine qui ne semble plus fonctionnel : le cloisonnement permettant de relever des eaux de fond semble colmaté et fuyard par le bas (pas d'oxygénation des eaux de fond).</li> <li>- Le niveau régulé semble très proche du niveau déversant sur le déversoir de crue.</li> <li>- Les bétons du moine ont subi une altération générale vraisemblablement lié au gel / dégel.</li> <li>- Il n'y a pas de dispositif manœuvrable de type vanne de fond : le niveau est maintenu par la double paroi en madriers du moine. Aucun abaissement rapide du plan d'eau n'est donc possible.</li> <li>- Une petite fuite au fond est repérée par la présence de boues oranges (oxydation des eaux de fond)</li> <li>- L'exutoire aval de la vidange aboutit sous le coursier de l'évacuateur de crues : diamètre mesuré = 750 mm intérieur.</li> <li>- Le chenal aval qui reçoit normalement les eaux de vidange et celles provenant de l'évacuateur de crues (rôle de dissipateur) est très dégradé : le radier est fissuré est en partie disparu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Remettre en service la régulation du moine. Rajouter une vanne.</li> <li>↳ Vérifier et modifier éventuellement la cote d'exploitation (retenue normale) en fonction des calculs de vérification de l'évacuateur de crues</li> <li>↳ Réparer les bétons du moine.</li> <li>↳ Réparer le chenal aval de conduite des eaux de vidange et de crues jusqu'au fossé aval.</li> </ul>
<b>III.3 Dispositif de décantation et de récupération du poisson à l'aval.</b>	- Aucun dispositif de ce type n'est présent au barrage	↳ Mettre en place une pêcherie et des bassins de décantation.

**IV – ETAT DES ABORDS**

	<b>Diagnostic</b>	<b>Préconisations</b>
<b>IV.1 Fondations (pied de l'ouvrage)</b>	- Une fossé draine les eaux de pied du barrage et conduit la dérivation du ruisseau des Bruts	
<b>IV.3 Retenue (berges sous cote des PHE)</b>	- Elles correspondent à l'endiguement et sont recouvertes de végétation arbustive	

**VI – REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE**

<b>1 – Parement aval</b>		Végétation basse et arbustive
<b>2- Crête</b>		Quelques irrégularités
<b>2- Crête</b>		Arbres côté aval

<b>2- Crête</b>		Souche non traité côté amont
<b>3- Parement amont</b>		Protection anti-batillage et abords côté amont recouverts de végétation
<b>3- Parement amont</b>		Protection anti-batillage amont en enrochement recouverts de végétation
<b>4- Moine</b>		Bétons altérés

<p><b>4- Moine</b></p>		<p>Double cloison en madriers non fonctionnelle en tant que moine</p>
<p><b>4- Moine</b></p>		<p>Petite fuite au fond repérée par des boues orange (oxydation des eaux de fond)</p>
<p><b>5 – Evacuateur de crues – déversoir en crête</b></p>		<p>Bon état général du déversoir de surface. Bétons recouverts de mousses et végétation basse</p>
<p><b>5 – Evacuateur de crues – coursier sur parement aval</b></p>		<p>Un arbuste se développe au centre du coursier</p>

<p><b>6 – Exutoire de la vidange</b></p>		<p>Végétation Dégradation aval du chenal de collecte des eaux</p>
<p><b>7 – Chenal aval</b></p>		<p>Bétons du radier et des berges très altérés</p>

# Bassin versant du plan d'eau du Moulin Rouge (Fournols 63)



— Cours d'eau    ◆ L'exutoire    □ Le bassin\_versant

Système de coordonnées: RGF 1993 Lambert 93

0 0.25 0.5 1 1.5 Km



## NOTES DE CALCULS HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

### HYDROLOGIE

#### Ruisseau et bassin versant

Le ruisseau des Bruts au niveau du barrage contrôle un bassin versant de 2,27 km<sup>2</sup> (vérification réalisée sous MNT public, cf. annexe).

Ce ruisseau se jette dans la Dolore 50 m en aval de l'exutoire de la vidange. Au droit du barrage, il draine un bassin versant naturel de 2,27 km<sup>2</sup> de surface constitué à part égales de bois et de pâtures. D'une pente modérée (~4%), il prend sa source à 1112 m NGF d'altitude.

Pour définir les écoulements hydrauliques caractérisant ce ruisseau, nous avons fait appel à différentes méthodes d'analyse hydrologiques : Rationnelle, Crupedix, Transition, Socose, Sogreah et Meyer. Le fonctionnement et les données d'entrée diffèrent selon la méthode utilisée. Les estimations fournies peuvent également présenter des divergences. Au final, nous retiendrons donc la moyenne jugée représentative de l'ensemble des estimations.

#### Temps de concentration

Le temps de concentration nécessaire à la mise en œuvre des formules de calcul des débits de pointe a été déterminé comme la moyenne des valeurs données par différentes formules :

<b>Temps de concentration</b>		
<b>Formule</b>	minutes	heures
GIANDOTTI	62	1.0
KIRPICH 1	30	0.5
KIRPICH 2	27	0.4
PASSINI	55	0.9
VENTURA	53	0.9
SOGREAH	44	0.7
JOHNSTONE & CROSS	48	0.8
Vitesse	35	0.6
<b>Moyenne*</b>	<b>44</b>	<b>0.7</b>

On retiendra un temps de concentration de 0,7 heures.

#### Pluies caractéristiques

La pluie journalière décennale et la pluie annuelle ont été évaluées à partir de valeurs « locales » des postes pluviométriques voisins.

Les coefficients de MONTANA permettant d'extrapoler le GRADEX des pluies et des débits sont ceux de la station automatique de Clermont-Ferrand.

Pj10 (pluie journalière décennale) = 60,9 mm

Pa (pluie annuelle) = 800 mm

## Débits de pointe

### 1/ Rationnelle

Cette méthode d'évaluation des débits de pointe des petits bassins versants est basée, théoriquement sur les critères suivants : lors des orages dont l'intensité et la distribution sur tout le bassin sont uniformes, le taux maximum de ruissellement se produit lorsque la superficie entière du bassin contribue à l'écoulement à l'exutoire (concrètement, cette situation se produit pour une durée de pluie égale au temps de concentration du bassin).

La formulation de cette méthode se présente comme suit :

$$Q_{(R)T} = \frac{C * I_T * A}{3,6}$$

Avec :

- $Q_{R(T)}$  : débit de période de retour T retenue, en m<sup>3</sup>/s,
- A : superficie du bassin versant, en km<sup>2</sup>,
- C : coefficient de ruissellement pondéré,
- $I_T$  : intensité de la pluie de période de retour T retenue, en mm/h.

L'intensité de la pluie est définie à partir de la formule de Montana pour la station Millau et pour un temps de concentration  $T_c$ .

$$I_T = a * T_c^{-b}$$

Où :

- $I_T$  : intensité de la pluie en mm/h.
- a et b : paramètres de Montana (Cf. annexe)
- $T_c$  : temps de concentration en min.

D'un point de vue théorique, le temps de concentration est la durée maximale nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique. C'est donc la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement. Elle peut être estimée à l'aide de diverses formules empiriques (cf. annexe).

### 2/ Crupédix

La formule de Crupédix est donnée par :

$$Q_{10} = A^{0,8} * \left( \frac{P_{10}(24h)}{80} \right)^2 * R$$

Avec:

- $Q_{10}$  : débit décennal instantané en m<sup>3</sup>/s,
- A : superficie du bassin en km<sup>2</sup>,
- $P_{10}(24h)$  : précipitation journalière de fréquence décennale,
- R : coefficient régional égal à 1 pour la région d'étude.

### 3/ Transition

Le formule de transition reprend les méthodes Rationnelle et Crupedix et pondère les résultats de chaque formule avec deux coefficients  $\alpha$  et  $\beta$ :

$$Q_{(T)} = \alpha * Q_{R(T)} + \beta * Q_{C(T)}$$

Avec :

- $Q(T)$  : débit de projet de période de retour T en m<sup>3</sup>/s
- $QR(T)$  : débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T en m<sup>3</sup>/s
- $QC(T)$  : débit fourni par la formule de Crupédix, période de retour T en m<sup>3</sup>/s
- $\alpha, \beta$  : coefficients de pondération  
 $\alpha$  varie linéairement de 1 à 0 lorsque la superficie (S) croît de 1 à 10 km<sup>2</sup>, d'où :

$$\alpha = (10 - S)/9$$

$$\beta = 1 - \alpha$$

### 4/ Socose

Cette méthode a été développée par le Cemagref pour l'estimation des crues sur les bassins versants ruraux non jaugés ( $2\text{km}^2 < S < 200\text{km}^2$ ). Elle s'intéresse à plusieurs variables pour décrire la crue:

$$Q_{10} = [(K * A)/(1,25 * D_s * b)] * [r^2 / (15 - 12 * r)]$$

Avec :

- $D_s$  : La durée caractéristique de crue du bassin versant en heure (valeur médiane des durées pour lesquelles on dépasse la moitié du débit de pointe) et est estimée par la formule suivante :

$$\ln(D_s) = -0,69 + 0,32 * \ln(A) + 2,2 * (Pa / (P_{10(24h)} * Ta))^{1/2}$$

- A : superficie du bassin (km<sup>2</sup>),
- L : la longueur du chemin hydraulique le plus long (km),
- la pluie journalière maximale annuelle décennale en (mm),
- la pluie moyenne annuelle Pa (mm),
- la température moyenne annuelle Ta en °C.

- r : nombre intermédiaire. Il est déterminé grâce à la formule suivante :

$$r = 1 - J / (5 * K * (1,25 * D_s)^{(3-b)})$$

- J : interception potentielle (mm)

$$J = 260 + 21 * \ln(A/L) - 54 * (Pa / P_{10(24h)})^{1/2}$$

- K : indice volumétrique

$$K = 24^b * P_{10(24h)} / [21 * (1 + A^{1/2} / (30 * D_s^{1/3}))]$$

Et où b représente le paramètre de Montana.

## 5/ Gradex

Cette méthode est basée sur le principe qu'au-delà de la crue décennale, la pente d'ajustement des débits écoulés (gradex des débits) et identique à celles des pluies tombées (gradex des pluies). Cette hypothèse permet ainsi une extrapolation du débit décennale vers les crues beaucoup plus rares en utilisant le gradex des pluies plus facile à obtenir car les données historiques sont disponibles.

Pour estimer le gradex des pluies, nous avons exploité les données des pluies journalières maximales de la station de Millau.

## 6/ Meyer

La formulation générale des méthodes de régionalisation est :  $Q = A^m$

Avec :

- Q : débit en m<sup>3</sup>/s,
- A : superficie du bassin en km<sup>2</sup>,
- m : coefficient régional à définir.

Selon Meyer, pour passer d'un point doté de données d'observation (ex. station hydrométrique) à un autre point non jaugé, il suffit d'appliquer la formulation suivante :

$$Q_1 = \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^m Q_2$$

Avec :

- Q(1), le débit du bassin versant au droit de la station en m<sup>3</sup>/s,
- Q(2), le débit du bassin versant au droit du projet en m<sup>3</sup>/s,
- A(1), la superficie du bassin versant au droit de la station en km<sup>2</sup>,
- A(2), la superficie du bassin versant au droit du projet en km<sup>2</sup>,
- m, le coefficient de Meyer (ou coef. d'amortissement pris = 0,8).

## 7/ Sogreah

Cette méthode est basée sur une exploitation d'un abaque permettant d'estimer le débit décennale.

## 8/ Résultats

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus par chacune des méthodes précédemment décrites, et le graphique qui suit synthétise les valeurs retenues comme référence pour notre bassin versant.

Période de retour	10	20	30	50	100	(ans)
Transition	7.4					(m <sup>3</sup> /s)
Formule de Meyer (transfert de bassin)	4.6					(m <sup>3</sup> /s)
Méthode de SOCOSE	1.0					(m <sup>3</sup> /s)
Abaques SOGREAH	2.0					(m <sup>3</sup> /s)
Méthode du Gradex progressif	<b>3.8</b>	4.4	4.7	5.1	5.7	(m <sup>3</sup> /s)
<b>Débits de crues retenus</b>	<b>3.8</b>	<b>4.4</b>	<b>4.7</b>	<b>5.1</b>	<b>5.7</b>	(m <sup>3</sup> /s)

Tableau 1 : débits de crues estimés selon diverse méthodes

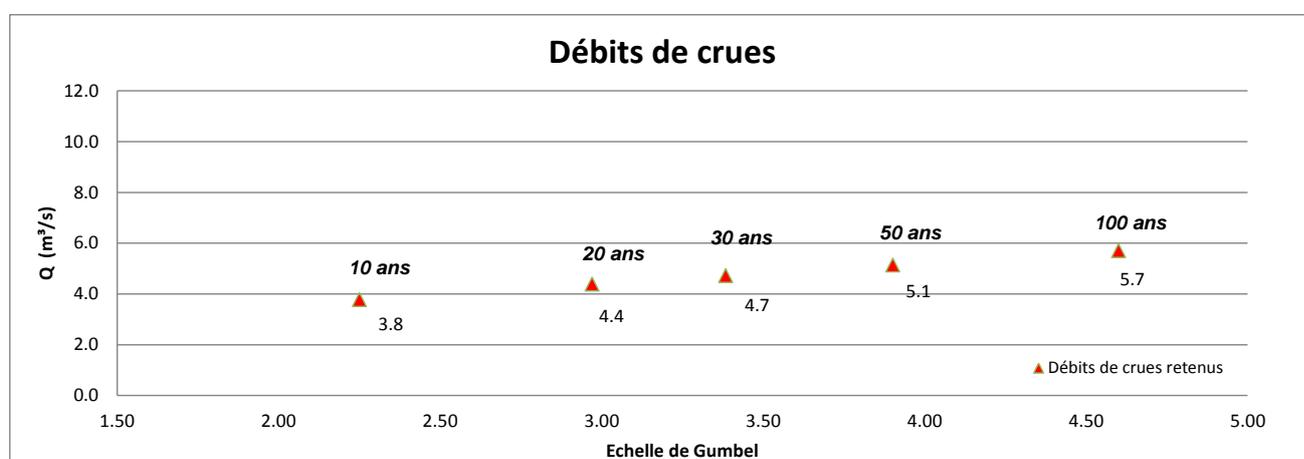


Figure 1 : débits de crues retenus

## 9/ Les hydrogrammes de crues

Afin de pouvoir connaître au mieux les volumes que l'étang devra stocker et l'effet de laminage, nous devons dans un premier temps calculer le volume que la crue centennale (crue de référence) génère. Pour cela, nous traçons les hydrogrammes de crue pour le temps de concentration caractéristique du bassin versant. L'hydrogramme de la crue centennale a notamment été calculé au moyen de la formule établie par SOGREAH :

$$Q(t) = Q_{\max} \times \left(\frac{t}{T_c}\right)^4 \times \left(4 - 4 \times \frac{t}{T_c}\right)$$

- $Q(t)$  : débit en m<sup>3</sup>/s,
- $Q_{\max}$  : débit de pointe en m<sup>3</sup>/s,
- $t$  : temps en h,
- $T_c$  : temps de concentration en h.

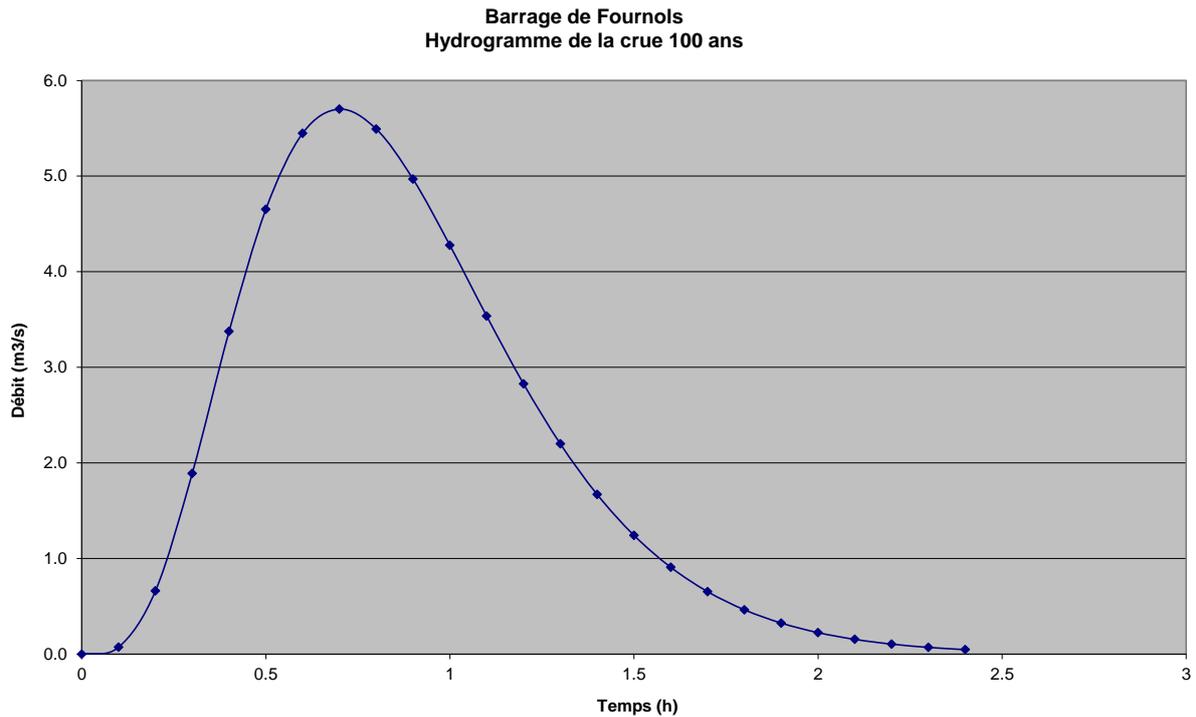


Figure 2 : Hydrogramme de la crue centennale (Q100)

Le volume de la crue centennale considérée est estimée à 18 400 m<sup>3</sup>.

Dans un second temps, ces hydrogrammes et volumes estimés nous permettront de connaître les débits évacués par l'évacuateur de crues et d'estimer ainsi la variation du niveau du plan d'eau et le laminage qu'il entraîne sur la crue de projet.

## HYDRAULIQUE

### Ouvrages pris en compte

L'évacuateur de crues est composé :

- d'un déversoir en crête de largeur 1,2 m et de hauteur 0,3 m,
- d'un coursier bétonné de pente variable (1% au passage de la crête puis 30 %).



## Laminage par la retenue

Pour un seuil déversant de 1,2 m et une surface de plan d'eau évaluée à 48 300 m<sup>2</sup> (4,8 ha), la capacité de laminage des crues par la retenue du barrage du moulin rouge a été prise en compte.

Le laminage au barrage a été calculé grâce à la formule suivante :

$$\frac{H_o}{H} = \left(\frac{qm}{Q}\right)^{2/3} \cdot \left(1 - \frac{qm}{Q}\right)^{-1}$$

Avec :  $H_o = \frac{V}{S}$  : hauteur pour stocker sans déverser

$$H = \left(\frac{Q}{2 \cdot l}\right)^{2/3} : \text{hauteur pour déverser le débit } Q$$

Application numérique pour une crue 100 ans :

$V = 18\,400 \text{ m}^3$  : volume de la crue

$S = 48\,300 \text{ m}^2$  : surface du plan d'eau

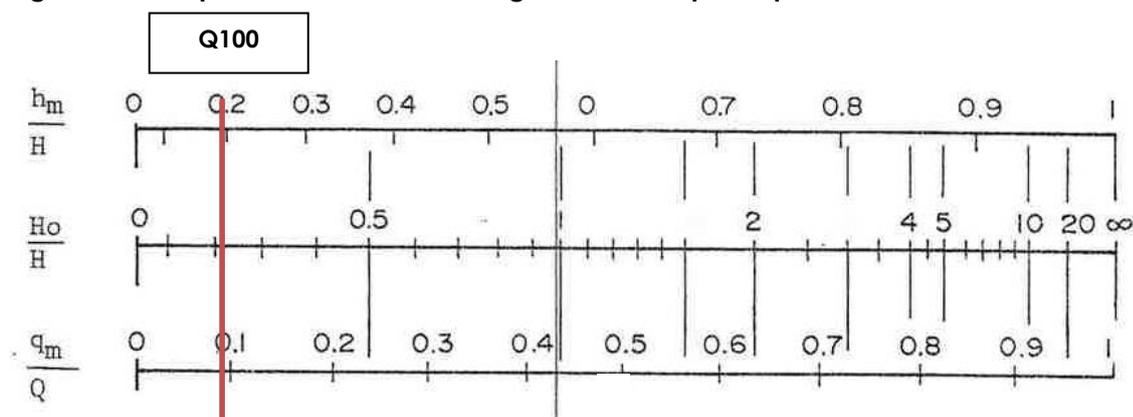
$Q = Q_{100} = 5,7 \text{ m}^3/\text{s}$

$l = 1,2 \text{ m}$  : longueur déversante du seuil libre

d'où  $H_o = 0,38 \text{ m}$  et  $H = 1,78 \text{ m}$ .

Le ratio  $\frac{H_o}{H}$  est égal à 0,21 ce qui donne un ration de  $qm/Q$  égal à 0,085, soit un débit sortant après laminage évalué à 0,49 m<sup>3</sup>/s et une hauteur d'eau sur le déversoir de 0,37 m.

**Figure 3 : Abaque de calcul du laminage de la crue par le plan d'eau de Fournols**



## HAUTEUR D'EAU AMONT

La hauteur d'eau atteinte en crue est donc calculée à partir de la loi de déversoir classique à savoir :

$$Q = \mu L h (2 \cdot g \cdot h)^{0,5}$$

avec :

$\mu$  : coefficient de déversoir  
L : largeur du déversoir  
h : hauteur d'eau sur le déversoir

Pour le déversoir du barrage de moulin rouge, ce coefficient a été pris égal à 0,4.

La hauteur d'eau théoriquement atteinte sur un déversoir de largeur 1,2 m après laminage par une retenue de 48 300 m<sup>2</sup> serait de 0,37 m.

Le déversoir actuel est donc sous-dimensionné puisqu'il ne présente une hauteur avec déversement sur la crête de 0,3 m sans revanche.

A noter que relativement au volume de la crue et à la surface du plan d'eau, une hauteur de **0,38 m** permet de stocker l'ensemble du volume de la crue d'occurrence 100 ans dans le plan d'eau.

## CALCUL DE REVANCHE

Selon les recommandations du CFGB dans le guide « *petits barrages, recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi* », la revanche minimale au-dessus des plus hautes eaux (PHE) doit être égale à  $(H^2 \cdot V)^{0,25} / 4$  soit **0,34 mètre** avec H = 5 m et V = 0,018 hm<sup>3</sup> pour le barrage du moulin rouge à Fournols.

## RECOMMANDATIONS

Au regard du sous-dimensionnement de l'évacuateur de crue en place (largeur et/ou hauteur théoriquement incompatibles avec l'évacuation de la crue centennale), nous recommandons de prévoir :

1. soit une modification de l'évacuateur de crue en le rabaissant au minimum de 0,41 m (-0,71 m par rapport à la crête) et en gardant la même largeur déversante (1,2 m),
2. soit un abaissement du niveau normal de la retenue qui sera réglé par le moine réhabilité d'au moins 0,72 m (0,38 m de stock + 0,34 m de revanche) par rapport à la crête.

Dans les 2 cas, le coursier aval doit être réparé (enlèvement de l'arbre et réparations des bétons) selon les recommandations de la VTA du 06/08/15.

## Estimation sommaire des travaux de réhabilitation du plan d'eau du moulin rouge

	Intitulé travaux	Montant en € HT
<b>1</b>	<b>Suppression de l'alimentation depuis le plan d'eau amont : bouchon étanche</b>	<b>500,00 €</b>
1,1	bouchon étanche	500,00 €
<b>2</b>	<b>Renaturation du ruisseau des Bruts - restauration</b>	<b>40 000,00 €</b>
2,1	remise à l'air libre tronçon n°1 amont (40 ml) : enlèvement buse + déblai lit mineur	4 000,00 €
2,2	déversoir de crues amont (seuil en déblai)	1 500,00 €
2,3	enlèvement buse tronçon n°2 (200 ml), déblai lit moyen	22 500,00 €
2,5	lit mineur sinueux, recharge granulaire	1 000,00 €
2,6	génie végétal	3 000,00 €
2,7	passerelle piétonne bois	8 000,00 €
<b>3</b>	<b>Ouvrages de vidange</b>	<b>18 000,00 €</b>
3,1	pêcherie	8 000,00 €
3,2	bassin de décantation terrassements + filtre	10 000,00 €
<b>4</b>	<b>Réhabilitation du moine</b>	<b>2 000,00 €</b>
4,1	réparation des bétons : hydrodécapage (pour éliminer les	1 000,00 €
4,2	modification des parois en madriers	500,00 €
4,3	échelle limnimétrique	500,00 €
<b>5</b>	<b>Réparations sur l'évacuateur de crues</b>	<b>2 000,00 €</b>
5,1	couper l'arbre dans le coursier de l'évacuateur de crue,	500,00 €
5,2	réparer le béton du radier atteint	1 500,00 €
	Total	62 500,00 €
	divers imprévus (10 %)	6 250,00 €
	maîtrise d'œuvre (10 %)	6 250,00 €
	<b>TOTAL GENERAL € HT</b>	<b>75 000,00 €</b>