

Pétitionnaire :

CARCASSONNE AGGLO

1 rue Pierre Germain

11 890 CARCASSONNE CEDEX 9

Méthodologie des calculs hydrauliques

**PROJET DE CREATION D'UNE RETENUE A
VOCATION D'IRRIGATION ET DU RESEAU
ASSOCIE SUR LA COMMUNE DE VAL-DE-
DAGNE (11)**

PROCEDURE DE DECLARATION



I.E.S. Ingénieurs Conseil

Agropole - BP342
47 931 AGEN Cedex 9

05 53 77 21 45
contact@ies-ic.com



HYDROGEN

Site Agropole
47 310 ESTILLAC

05 53 77 20 82
contact@hydrogen-ingenierie.fr

DATE : MAI 2026

REF : ENV/2024/AO

SOMMAIRE

1 Dimensionnement de l'évacuateur de crues	3
1.1 Caractérisation de l'aléa considéré	3
1.1.1 CALCUL DU DEBIT DE POINTE	3
1.1.2 CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION	8
1.1.3 PERIODE DE RETOUR DE LA CRUE DE PROJET	12
1.2 Calcul du laminage de la crue de projet	13

1 DIMENSIONNEMENT DE L'EVACUATEUR DE CRUES

1.1 Caractérisation de l'aléa considéré

La crue de projet considérée est déterminée en s'appuyant sur les préconisations énoncées par le CFBR dans son ouvrage « Petits barrages – Recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi », 2002.

1.1.1 CALCUL DU DEBIT DE POINTE

La méthode de transition apparaît comme être la plus adaptée et la plus simple à mettre en œuvre pour l'étude de petits bassins versants (inférieurs à 1 -10 km²) non instrumentés tels que celui ici étudié. Pour des bassins versants de superficie supérieure, les méthodes SOCOSE et CRUPEDIX seront généralement retenues. A l'inverse, c'est la méthode rationnelle qui est habituellement employée pour des bassins versants plus modestes (superficie inférieure à 200 ha).

1.1.1.1 METHODE RATIONNELLE

Les débits de pointe pour une crue décennale, vicennale et centennale par la formule rationnelle sont donnés par :

$$Q = \frac{Ci(tc)A}{60000}$$

Avec :

- ♦ Q, le débit de pointe, en m³/s,
- ♦ i(tc), l'intensité maximale de la pluie pour un temps de concentration tc, en mm/min,

$$i(tc) = at^b$$

- ♦ tc, le temps de concentration de la surface étudiée en minute. Il s'agit du temps nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir la distance entre le point le plus éloigné de l'exutoire sur le bassin versant et l'exutoire. On choisira ici le temps de concentration calculé selon la méthode analytique du TR55 définie plus bas,
- ♦ a et b, les paramètres de Montana, donnés par la station Météo France,
- ♦ A, la surface recueillant les eaux. Il s'agit de la surface du bassin versant, en m²,
- ♦ C, le coefficient de ruissellement attaché à la surface étudiée. Ce coefficient dépend de l'occupation des sols et également de la période de retour de la pluie suivant le guide technique d'assainissement de 2006.

1.1.1.2 METHODE SOCOSE

Il s'agit des débits calculés selon la formule :

$$Q_{10} = \frac{KA}{(1.25D)^{-b}} \frac{\rho^2}{(15-12\rho)}$$

Avec :

- ◆ Q_{10} , le débit de pointe de crue décennale, en m³/s,
- ◆ K , l'indice volumétrique,
- ◆ D , la durée caractéristique de l'averse D en h,
- ◆ b , les paramètres de Montana, donnés par la station Météo France,
- ◆ A , la surface bassin versant, en km²,
- ◆ ρ , le coefficient intermédiaire.

1.1.1.2.1 PARAMETRES DE CALCUL

L'utilisation de la méthode SOCOSE requiert la détermination d'un certain nombre de paramètres préalables qui sont exposés ci-après.

- ❖ Interception potentielle du bassin versant J en mm. Il s'agit de la capacité maximale d'infiltration dans le sol :

$$J = 260 + 21 \ln\left(\frac{A}{L}\right) - 54 \sqrt{\frac{Pa}{Pj(10)}}$$

- ❖ Durée caractéristique de l'averse D en h :

$$\ln(D) = -0.69 + 0.32 \ln(A) + \frac{2.2}{ta} \sqrt{\frac{Pa}{Pj(10)}}$$

- ❖ Indice volumétrique K :

$$K = 24^b \frac{Pj(10)}{21x \left(1 + \frac{\sqrt{A}}{30D^{1/3}}\right)}$$

- ❖ Coefficient intermédiaire :

$$\rho = 1 - \frac{J}{5K(1.25D)^{1+b}}$$

Avec :

- ◆ A, la surface du bassin versant en km²,
- ◆ L, la longueur du plus long cheminement des écoulements en km,
- ◆ ta, la température annuelle moyenne ramenée à l'altitude de la mer en °C,
- ◆ b, le coefficient de Montana selon les données météorologiques,
- ◆ Pa, la hauteur de précipitation moyenne annuelle en mm,
- ◆ Pj(10), la pluie journalière décennale en mm.

1.1.1.3 METHODE CRUPEDIX

Il s'agit des débits calculés à partir des paramètres décrits ci-avant et selon la formule :

$$Q_{10} = A^{0.8} \left(\frac{Pj(10)}{80} \right)^2 R$$

Avec :

- ❖ Q₁₀, le débit de pointe de crue décennale, en m³/s,
- ❖ Pj(10), la pluie journalière décennale en mm,
- ❖ R, le coefficient régional,
- ❖ A, la surface du bassin versant, en km².

1.1.1.4 METHODE DE TRANSITION

La méthode de transition est un intermédiaire entre les méthodes rationnelle et CRUPEDIX. Elle est applicable pour les bassins versants d'une superficie comprise entre 1 et 10 km² (hors secteur méditerranéen). Le débit de pointe de période de retour T est donné par :

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

Avec :

- ❖ Q_T le débit de pointe de période de retour T, en m³/s,
- ❖ $Q_{R(T)}$ le débit de période de retour T obtenu par la méthode rationnelle,
- ❖ $Q_{C(T)}$ le débit de période de retour T obtenu par la méthode CRUPEDIX,
- ❖ α et β sont des coefficients de pondération fonction de la superficie S (km²) du bassin versant, tels que : $\alpha = \frac{10-S}{9}$ et $\beta = 1 - \alpha$.

1.1.1.5 EXTRAPOLATION DES DEBITS CALCULES

Pour la méthode rationnelle, les débits de pointe de période de retour supérieure à 100 ans sont extrapolés par ajustement de Gumbel, de la forme :

$$Q_T = a \cdot u(T) + b$$

- ❖ Avec $u(T) = -\ln(-\ln(1 - \frac{1}{T}))$

Pour les autres méthodes, les débits sont extrapolés par application d'un facteur correctif f tel que :

$$f = \frac{Q_{R(T)}}{Q_{R(10)}}$$

Avec :

- ❖ $Q_{R(T)}$ le débit de période de retour T obtenu par la méthode rationnelle,
- ❖ $Q_{R(10)}$ le débit de période de retour 10 ans obtenu par la méthode rationnelle

1.1.1.6 METHODE DE L'AUDE

La DDTM11 fournit une méthode de calcul du débit d'occurrence centennale nommée la méthode audoise.

Cette méthode fournit deux formules en fonction de la superficie du bassin versant étudié.

La formule n°1 est applicable pour des bassins versants d'une superficie inférieure à 50 km². Cette formule est la suivante :

$$Q_{100} = \frac{Cr}{3,6} * a * \left(\frac{L}{3,6 * V} \right)^{-b} * S$$

Avec :

- ❖ *Cr le coefficient de ruissellement,*
- ❖ *a et b les coefficients de Montana de période de retour 100 ans et issus de la base de données de la DDTM11,*
- ❖ *V la vitesse moyenne de transfert des eaux en m/s,*
- ❖ *S la surface du bassin versant en km²*
- ❖ *L la longueur du chemin hydraulique le plus long en km.*

Noter que cette formule présente des limites pour les petits bassins versants.

La formule n°2 est applicable pour les bassins versants de surface comprise entre 50 et 200 km². Elle est détaillée ci-dessous :

$$Q_{100} = 0,0436 * P_{j100}^{1,4133} * \left(\frac{I}{100} \right)^{0,31} * S^{0,793} * L^{-0,207}$$

Avec :

- ❖ *Pj100 la pluie journalière centennale consensus en mm,*
- ❖ *I la pente moyenne pondérée selon le plus long chemin hydraulique,*
- ❖ *S la surface du bassin versant en km²,*
- ❖ *L la longueur du chemin hydraulique le plus long en km.*

1.1.2 CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION

Le temps de concentration des bassins versants étudiés est déterminé en s'appuyant sur la méthode SCS-TR55.

Le temps de concentration est évalué en se référant la méthode du TR55 (USDA, 1986). Elle se base sur la coupe en long du thalweg principal, et définit les vitesses d'écoulement sur chacun de ses tronçons.

Cette méthode distingue deux types d'écoulement :

- ◆ **L'écoulement étalé** : il correspond au cheminement de l'eau en dehors du thalweg avant que les flots ne se concentrent ;
- ◆ **L'écoulement concentré ou dans les fossés.**

Le temps de concentration du bassin versant par la méthode du TR55 est la résultante des temps de cheminement en écoulement étalé et concentré.

Le temps de concentration étant fonction de la morphologie du bassin versant, de nombreux paramètres décrivant sa morphologie sont utilisés.

1.1.2.1 CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU BASSIN VERSANT

- ◆ **La longueur du thalweg principal L.** Il s'agit de la longueur du thalweg en commençant par le point le plus haut se situant à 50 mètres des limites du bassin versant jusqu'à l'exutoire. La distance de 50 mètres correspond à la distance nécessaire aux écoulements pour passer d'un écoulement étalé à un écoulement concentré ;
- ◆ **La longueur de cheminement de l'eau hors du thalweg Ls.** Il s'agit de la distance de 50 mètres d'écoulement étalé avant de rejoindre le thalweg où l'écoulement est plus concentré ;
- ◆ **L'altitude de l'exutoire He ;**
- ◆ **L'altitude maximale du bassin versant Hm ;**
- ◆ **La pente moyenne s.** Il s'agit de la pente hydraulique définie comme suit :

$$s(\%) = 100 \left[\frac{L + Ls}{\sum \sqrt{\frac{dLi}{dsi}}} \right]$$

Avec :

- dLi, la longueur d'une portion du thalweg,
- dsi, la pente d'une portion du thalweg.

- ♦ **La vitesse moyenne d'un écoulement concentré selon le TR55 (Technical Report 55, USACE).** Il s'agit de la vitesse de l'écoulement dans le thalweg ou les ravines, telle qu'elle est définie dans le TR55 comme suit en m/s :

$$V_c = 4.92 \sqrt{\frac{s}{100}}$$

- ♦ **Le coefficient de ruissellement C.** Il s'agit du coefficient d'imperméabilisation du sol. Il représente la part des eaux ruisselées sur la totalité des eaux provenant de la pluie. Il est extrait de la bibliographie et notamment de l'ouvrage "*Guide Technique de l'assainissement*, Marc Satin et Bechir Selmi, Editions le Moniteur, 2006".

1.1.2.2 CALCUL DU TEMPS DE CHEMINEMENT EN ECOULEMENT ETALE :

Il s'agit du temps de cheminement de l'eau en dehors du thalweg sur les 50 mètres de trajet nécessaires aux flots pour se concentrer. Il est obtenu à partir de la formule extraite du TR55 (Natural Resources Conservation Service – 1986) :

$$t = 5.476 \frac{(nL)^{0.8}}{P2^{0.5} s^{0.4}}$$

Avec :

- ♦ t, le temps de cheminement en minute ;
- ♦ s, la pente moyenne du thalweg à ne pas confondre avec la pente moyenne du bassin versant, en m/m ;
- ♦ n, le coefficient de Manning défini plus haut ;
- ♦ L, la distance de cheminement pour atteindre le thalweg ;
- ♦ P2, la hauteur d'une pluie de 24 heures et de période de retour 2 ans et sur la base des coefficients de Montana.

1.1.2.3 CALCUL DU TEMPS DE CHEMINEMENT EN ECOULEMENT CONCENTRE :

Le temps de cheminement en écoulement concentré correspond à la somme des temps de transits calculés sur les tronçons des thalwegs en fonction de leurs natures. En d'autres termes, il s'agit du temps de parcours de l'eau dans le thalweg en fonction des conditions d'écoulement.

Pour estimer ce temps de parcours, le thalweg principal a été découpé en tronçons pour chacun desquels est calculée la pente, en se basant sur les cartes IGN.

Connaissant la pente et la longueur des tronçons, le temps de transit peut être estimé en se basant sur la formule de Manning-Strickler :

$$Vi = \frac{R^{2/3} si^{1/2}}{n} \quad Tti = \frac{dLi}{60Vi}$$

Avec :

- ◆ Vi, la vitesse d'écoulement au sein du tronçon en m/s ;
- ◆ R, le rayon hydraulique en m. Il est généralement pris égal à la hauteur d'eau s'écoulant ;
- ◆ si, la pente du tronçon en m/m ;
- ◆ n, le coefficient de Manning.

1.1.2.4 AUTRES FORMULES USUELLES

Le temps de concentration obtenu par la méthode du TR-55 est ensuite confronté à d'autres méthodes usuelles (Caquot, Kirpich, Ventura, Passini entre autres), afin de vérifier la cohérence des résultats obtenus. Ces formules sont présentées ci-après.

❖ **Le temps de concentration selon Caquot est défini comme suit :**

$$tc = \mu \times I^{-0.41} \times A^{0.507} \times Q^f$$

Avec :

- ◆ tc, le temps de concentration en mn,
- ◆ $\mu = 0.5 \times 0.5^{0.7b} \left(\frac{L}{\sqrt{A}} \right)^{0.7b}$
- ◆ Q, le débit de pointe, en m³/s,
- ◆ L, la longueur maximale entre les limites du bassin versant et l'exutoire, en km,
- ◆ A, la surface du bassin versant en ha,
- ◆ f = - 0.287,
- ◆ s, la pente moyenne du bassin versant comme définie plus haut, en m/m.

❖ **Le temps de concentration selon Kirpich est défini comme suit :**

$$tc = 0.0195L^{0.77}s^{-0.385}$$

Avec :

- ◆ tc, le temps de concentration en mn,
- ◆ L, la longueur du thalweg principal en km,
- ◆ s, la pente moyenne en m/m.

❖ **Le temps de concentration selon Ventura est défini comme suit :**

$$tc = 7.62\sqrt{\frac{A}{s}}$$

Avec :

- ◆ tc, le temps de concentration en mn,
- ◆ A, la surface du bassin versant en km²,
- ◆ s, la pente moyenne en m/m.

❖ **Le temps de concentration selon Passini est défini comme suit :**

$$tc = 6.48 \frac{(AL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{s}}$$

Avec :

- ◆ tc, le temps de concentration en mn,
- ◆ A, la surface du bassin versant en km²,
- ◆ L, la longueur du thalweg principal en km,
- ◆ s, la pente moyenne en m/m.

1.1.3 PERIODE DE RETOUR DE LA CRUE DE PROJET

La période de retour des crues prise en compte pour les petits barrages en terre dépend de la hauteur de la digue et du volume du lac à la cote normale. La formule suivante permet de déterminer la période de retour qui doit être prise en compte pour le dimensionnement du barrage (Recommandations du CFBR, 2013) :

$$H^2 \times V^{0,5}$$

Avec :

- ◆ H la hauteur du barrage au-dessus du terrain naturel en m ;
- ◆ V le volume du lac à la cote de retenue normale (en millions de m³).

Le tableau suivant permet ensuite de déterminer la période de retour à considérer.

$H^2V^{0,5}$	<5	5 à 30	30 à 100	100 à 700	>700
Période de retour en années	100	500	1 000	5 000	10 000

1.2 Calcul du laminage de la crue de projet

Dans le cas présent, le déversoir de crue doit être en capacité d'évacuer une crue de projet conformément aux recommandations du CFBR. L'effet de laminage ainsi que la revanche minimale à adopter sont pris en compte dans ce calcul.

Du fait de son volume, la retenue stocke temporairement le volume incident, ce qui a pour conséquence d'atténuer le débit de pointe. Le volume écoulé reste le même, mais il s'écoule sur une durée plus importante en aval de la retenue. Ce phénomène, appelé laminage de crue, sera évalué dans ce chapitre.

La modélisation du phénomène de laminage se fera par pas de temps de 1 min et selon les hypothèses suivantes :

- ❖ Hydrogramme en entrée de lac de forme simple triangle avec une montée jusqu'au débit de pointe de durée égale au temps de concentration t_c), et une descente jusqu'au débit nul de durée 1.7 t_c .
- ❖ Volume d'apport de crue en entrée de lac calculé selon la formule :

$$Vi_t = Vi_{t-1} + Qi_t * dt$$

- ❖ Débit évacué par l'évacuateur de crue selon la formule de Smith (1978) :

$$Qo_t = \mu * L * \sqrt{2g} * hr_t^{3/2} * dt$$

- ❖ Volume évacué par l'évacuateur de crue selon la formule :

$$Vo_t = Vo_{t-1} + Qo_t * dt$$

- ❖ Volume de rétention du réservoir selon la formule :

$$Vr_t = Vo_t - Vi_t$$

- ❖ Hauteur de charge de l'évacuateur de crue selon la formule :

$$hr = \frac{Vr}{S}$$

- ❖ Volume évacué par l'évacuateur de crue selon la formule :

$$V_t = V_{t-1} + Q_t * dt$$

Avec :

- ◆ Qi , le débit en entrée du lac (hydrogramme de crue en entrée),
- ◆ dt , le pas de temps du calcul,
- ◆ L , la largeur de l'évacuateur de crue,
- ◆ S , la surface en eau du lac.

Suite à une procédure de calculs en boucle et répétée pour la retenue en projet, en considérant un évacuateur d'une largeur de donnée, et le débit incident préalablement calculé, la lame d'eau et le débit transitant sur le seuil d'évacuation sont déterminées (Figure 1 et Figure 2).

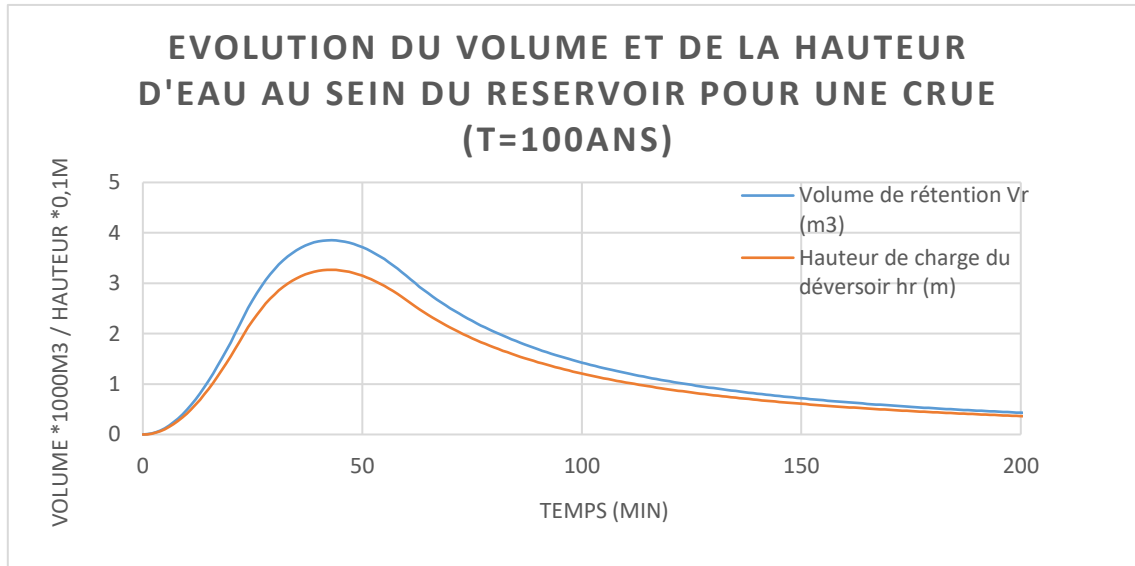


Figure 1. Exemple de calcul du volume de rétention de la retenue et de la charge dans le déversoir

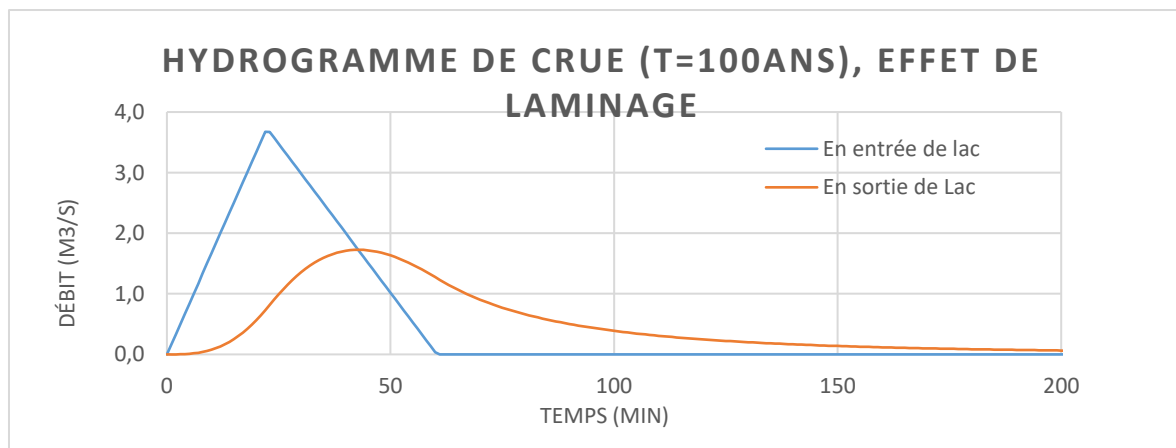


Figure 2. Exemple d'hydrogramme de crue en entrée et en sortie de la retenue