Métropole de Lyon

20, rue du Lac
CS 33569
69505 Lyon Cedex 3

Contrat-cadre
Prestations de conseil et d'expertise en matière de sureté et de sécurité des barrages de la Métropole de Lyon
Lot n°2 : Barrages non classés

Ouvrage de rétention Moulin Carron à Dardilly – Etude capacitaire de l'évacuateur de crue

RAPPORT R 19044407

Août 2019

e-mail : geo.plus.environnement@orange.fr
SARL au capital de 120 000 euros - RCS : Toulouse 435 114 129 - Code NAF : 7112B

Siège social et Agence Sud	Le Château	31 290 GARDOUCH	Tél : 05 34 66 43 42 / Fax : 05 61 81 62 80
Agence Centre et Nord	2 rue Joseph Leber	45 530 VITRY-AUX-LOGES	Tél : 02 38 59 37 19 / Fax : 02 38 59 38 14
Agence Ouest	5 rue de la Rôme	49 123 CHAMPTOCE SUR LOIRE	Tél : 02 41 34 35 82 / Fax : 02 41 34 37 95
Agence Sud-Est	**1175 route de Margès**	**26 380 PEYRINS**	**Tél : 04 75 72 80 00 / Fax : 04 75 72 80 05**
Agence Est	7 rue du Breuil	88 200 REMIREMONT	Tél : 03 29 22 12 68 / Fax : 09 70 06 74 23
Antenne PACAC	St Anne	84190 GIGONDAS	Tél : 06 88 16 76 78 / Fax : 05 61 81 62 80

Site Internet : www. geoplusenvironnement.com

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 5

2. L'OUVRAGE DE RETENTION DU MOULIN CARRON 7

2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'OUVRAGE 7

2.2 FONCTIONNEMENT ET DIMENSIONNEMENT GENERAL DE L'OUVRAGE 7

3. CADRE REGLEMENTAIRE : ELEMENTS DU DIAGNOSTIC DE 2018 (GEO+) 9

4. ANALYSE HYDROLOGIQUE 9

4.1 METHODOLOGIE 10

4.2 CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT 10

4.2.1 Délimitation du bassin versant 10

4.2.2 Géologie 11

4.2.3 Occupation des sols 13

4.2.4 Pente et cheminement hydraulique 14

4.2.5 Coefficient de Ruissellement 14

4.2.6 Nombre de Courbes 15

4.2.7 Temps de concentration 15

4.3 PLUIES 15

4.4 DETERMINATION DES DEBITS DE CRUES 16

4.4.1 La méthode rationnelle 16

4.4.2 La méthode SCS (Soil Conservative Service) 17

4.4.3 Méthode du gradex appliquée à l'estimation du débit millénal 18

4.4.4 Synthèse sur les débits de pointe 19

4.5 HYDROGRAMMES DE CRUE 19

5. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE L'EVACUATEUR DE CRUE 20

5.1 DESCRIPTION DE L'EVACUATEUR DE CRUE 20

5.2 LOI HAUTEUR-VOLUME DE LA RETENUE 21

5.3 LOI CHARGE-DEBIT DE L'EVACUATEUR DE CRUE 21

5.4 LAMINAGE DES CRUES 22

5.4.1 Calcul du remplissage progressif de la retenue lors d'une crue 22

5.4.2 Laminage des crues 22

5.5 VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DU COURSIER 23

6. PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT 24

6.1 DIMENSIONNEMENT DE LA FOSSE DE DISSIPATION POUR LE NIVEAU DE PROTECTION ACTUEL (< CRUE D'OCCURRENCE 10 ANS) 25

6.2 DIMENSIONNEMENT DES ORGANES DE L'OUVRAGE DU MOULIN CARRON POUR UN NIVEAU DE CRUE SUPERIEURE 27

6.2.1 Choix des crues de dimensionnement 27

6.2.2 Dimensionnement du déversoir 27

6.2.3 Dimensionnement du coursier 30

6.2.4 Dimensionnement de la fosse de dissipation 30

7. SYNTHESE ET PRECONISATIONS 33

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation générale au 1/25 000. 6
Figure 2 : Schéma du système d'alimentation de l'ouvrage du Moulin Carron. 11
Figure 3 : Sous-bassins versants de l'ouvrage du Moulin Carron. 12
Figure 4 : Le triangle des textures 13
Figure 5 : Hydrogrammes de crue pour une pluie de durée intense 56 minutes et de durée totale 168 minutes (méthode SCS). 20
Figure 6 : Schéma du déversoir. 20
Figure 7 : Photographies du déversoir et du coursier. 21
Figure 8 : Loi Hauteur-Volume de l'ouvrage de Moulin-Carron. 21
Figure 9 : Débitance de l'évacuateur de crue (Dimensions réelles). 22
Figure 10 : Laminage de la crue Q10. 23
Figure 11 : Vérification du dimensionnement du coursier. 24
Figure 12 : Photographie de la fosse de dissipation (GEO+). 25
Figure 13 : Détermination des caractéristiques du ressaut en fonction du nombre de Froude. 26
Figure 14 : Profil longitudinal du bassin de dissipation à ressaut. 26
Figure 15 : Débitance de l'évacuateur de crue (Q10 ans et L=5 m). 27
Figure 16 : Débitance de l'évacuateur de crue (Q30 ans et L=6,5 m). 28
Figure 17 : Laminage des crues d'occurrence 10 et 30 ans. 29
Figure 18 : Dimensionnement du coursier pour la crue 10 ans. 31
Figure 19 : Dimensionnement du coursier pour la crue 30 ans. 31
Figure 20 : Profil longitudinal du bassin de dissipation à ressaut (Q10). 32
Figure 21 : Profil longitudinal du bassin de dissipation à ressaut (Q30). 32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales caractéristiques de l'ouvrage Moulin Carron. 8
Tableau 2 : Classement des barrages. 9
Tableau 4 : Sous-bassins versants. 11
Tableau 5 : Couches géologiques (InfoTerre) associées à la classe de sol hydrologique. 11
Tableau 6 : Types d'occupations de sol présents sur le bassin versant total - CLC 2012. 13
Tableau 5 : Répartition de l'occupation des sols par sous-bassin versant (% de la surface). 13
Tableau 8 : Coefficients de ruissellement T=10 ans en fonction de l'occupation du sol, de la pente et du terrain. 14
Tableau 9 : Coefficient de ruissellement moyen par sous-bassin versant (T=10 ans). 14
Tableau 10 : Définition des CN selon l'occupation du sol et la classe de sol hydrologique. 15
Tableau 11 : Coefficient de Montana pour des pluies de durée de 6 minutes à 1 heure (Météo France). 15
Tableau 12 : Coefficient de Montana pour des pluies de durée de 1 heure à 24 heures (Météo France). 16
Tableau 13 : Intensités de pluie (Tc=56 min). 16
Tableau 14 : Résultats de la méthode rationnelle (Q10, Q20, Q30, Q50, Q100 et Q1 000 ans) – Méthode rationnelle. 17
Tableau 15 : Données d'entrée pour la détermination des hyétogrammes - Pluies double-triangles. 18
Tableau 16 : Débits de pointe T=10, 20, 30, 50, 100, 1 000 ans – Modélisation Hec-hms. 18
Tableau 17 : Comparaison des débits de crue en m^3/s selon les méthodes employées. 19
Tableau 18 : Récapitulatif de la débitance de l'évacuateur de crue. 22
Tableau 19 : Cote maximale et débit maximal atteints pour la crue T10. 23
Tableau 20 : Cotes maximales et débits maximum atteints pour les crues T10 et T30 ans. 28

1. INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, la Métropole de Lyon intervient dans la lutte contre les inondations et le ruissellement en développant une politique d'infiltration des eaux pluviales et de ralentissement dynamique. Pour cela, de nombreux ouvrages, dont des bassins de rétention à ciel ouvert, et des barrages, ont été construits.

La Métropole de Lyon possède et exploite **une trentaine d'ouvrages non classés** construits entre 1981 et 2012, dont l'ouvrage du Moulin Carron à Dardilly.

La maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et la gestion de ces ouvrages sont réalisées par la Direction Adjointe de l'Eau de la Métropole de Lyon, réparties respectivement dans les services Etudes, Travaux et Exploitation.

La Métropole de Lyon, en tant que gestionnaire, exploitant et/ou propriétaire, a la responsabilité de mettre en œuvre les mesures nécessaires ou recommandées en matière de sécurité et de sûreté des ouvrages hydrauliques, même si ceux-ci ne sont pas classés au titre de la réglementation en vigueur.

Pour ce faire, la Métropole de Lyon a souhaité mettre en place **un contrat-cadre pour des prestations de conseil et d'expertise en matière de sureté et de sécurité des « barrages »**. Ce contrat-cadre a été attribué à GéoPlusEnvironnement (GEO+).

Au travers de ce contrat-cadre, GéoPlusEnvironnement met à disposition de la Métropole de Lyon les compétences nécessaires à :

- L'aide à la classification des ouvrages conformément à la réglementation en vigueur ;
- La réalisation de diagnostics des « barrages » non classés existants et les plans d'actions en découlant ;
- La définition précise des dispositions à prendre en matière de sûreté et de sécurité des « barrages » non classés, conformément aux recommandations et règles de l'art : définitions de consignes d'exploitation précises ;
- La formation des agents participant à la surveillance et l'exploitation.

Ce lot n°2 du marché s'intéresse uniquement aux « barrages » non classés au titre de la réglementation relative aux ouvrages et aménagements hydrauliques.

De nouveaux ouvrages pourront être intégrés au marché en cours de procédure.

Le présent rapport concerne l'**étude capacitaire de l'évacuateur de crue de l'ouvrage du Moulin Carron,** situé à Dardilly (69).

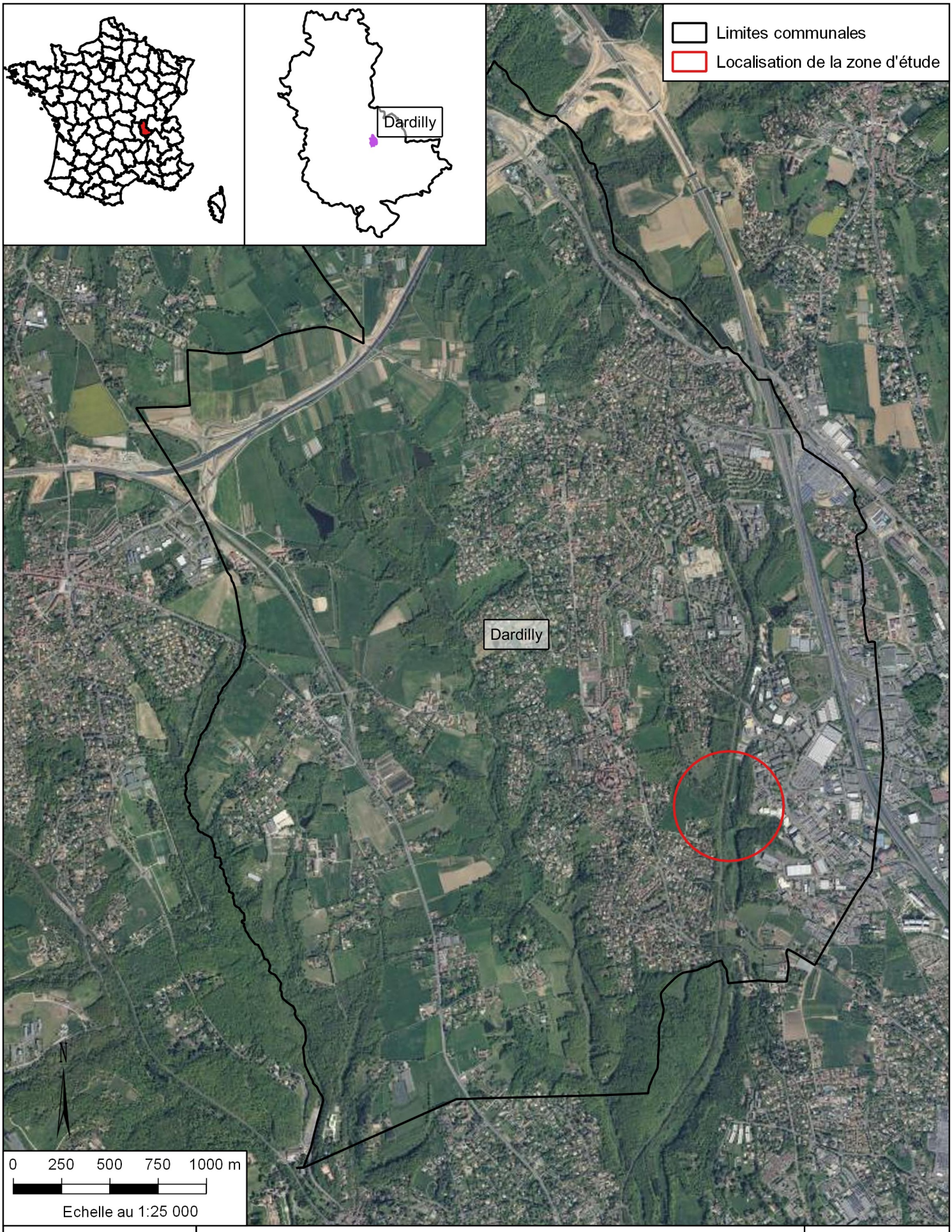
L'ouvrage du Moulin Carron, réalisé en 1984, est situé au 29 chemin des Hirondelles, sur la commune de Dardilly dans le département du Rhône (69), comme le montre la Figure 1. C'est un **bassin de rétention des eaux pluviales à ciel ouvert**, **traversé par le ruisseau des Serres.** Il permet le stockage temporaire des écoulements.

L'ouvrage de Moulin Carron est équipé d'un évacuateur de crue en enrobé de section trapézoïdale. L'étude consiste en la vérification du dimensionnement de l'évacuateur de crue et de sa fosse de dissipation.

La méthodologie développée ci-après est conforme au guide du Comité Français des Barrages et Réservoirs (CFBR) « Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crue de barrages » édité en juin 2013.

Elle enchainera les étapes suivantes :

- Recueil des documents et analyse ;
- **Etude hydrologique** : mise à jour des données hydrologiques, délimitation du bassin versant, calcul des débits extrêmes ;
- **Diagnostic hydraulique de l'évacuateur de crue** : calcul du débit sur le seuil de l'évacuateur de crue, vérification du dimensionnement du coursier ;
- Diagnostic hydraulique de la fosse de dissipation : vérification de son dimensionnement ;
- Préconisations.



Grand Lyon (69)

Etude capacitaire de l'évacuateur de crue de l'ouvrage de Moulin Carron

R19044407

Localisation générale au 1/25 000

Sources : Géoportail.gouv.fr / GéoPlusEnvironnement

Figure 1

2. L'OUVRAGE DE RETENTION DU MOULIN CARRON

2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'OUVRAGE

L'ouvrage du Moulin Carron est un bassin de rétention des eaux pluviales à ciel ouvert, traversé par le ruisseau des Serres, qui permet le stockage temporaire des écoulements.

Il est situé sur le bassin versant du ruisseau des Planches, en aval de la zone industrielle (Parc d'Affaires de Dardilly).

Le plan de l'ouvrage de 1986 (plan papier numérisé) est donné en Annexe 1. Le plan de récolement de l'ouvrage réalisé en 2017 est donné en Annexe 2. Ce plan reprend les levés topographiques du plan de récolement de 2011, en incluant la rampe d'accès réalisée en 2015.

La nature du fond et des talus du bassin de rétention (non creusé) est le terrain naturel. Aucune géomembrane n'assure l'étanchéité du bassin. Un barrage a été élevé en travers de la vallée pour permettre la rétention des eaux. Il est composé par :

- Un corps en remblai, revêtu sur le parement amont d'enrochements non liés ;
- Un déversoir de sécurité en enrobé ;
- Un pertuis traversant le corps du barrage (conduite Ø600 en fonte) afin de permettre l'écoulement du ruisseau des Serres.

L'ouvrage ne comporte aucun organe mobile ou asservi.

Le Tableau 1 synthétise les principales caractéristiques de l'ouvrage et notamment celles relatives au barrage, objet de la présente étude.

2.2 FONCTIONNEMENT ET DIMENSIONNEMENT GENERAL DE L'OUVRAGE D'APRES LES DONNEES EXISTANTES

L'ouvrage de rétention du Moulin Carron est traversé par le ruisseau des Serres. Il est situé sur le bassin versant du ruisseau des Planches, en aval de la zone industrielle (Parc d'Affaires de Dardilly).

Le ruisseau des Serres est un affluent rive gauche des Planches[1]. Il s'étend sur un linéaire d'environ 4,5 km. En 2012/2013, une étude de la qualité du ruisseau des Serres a été menée en amont du bassin de rétention. Son débit peut être estimé à 17,5 l/s en basses-eaux et à 69,1 l/s en hautes-eaux.

Cet ouvrage a été réalisé dans le cadre de la gestion des eaux pluviales de la commune de Dardilly. À l'époque de sa construction, en 1984, l'ouvrage a été dimensionné pour une pluie de période de retour 10 ans.

A noter qu'une partie de la ZAC en amont a été construite après le bassin de rétention et qu'elle y renvoie une partie de ses eaux de pluie.

Le bassin du Moulin Carron est alimenté par :

- Le ruisseau des Serres ;
- Le trop-plein du DO n° 079 du réseau d'eaux usées collectant les effluents de 5 225 EH avec un Ø400;
- Un Ø500 du réseau d'eaux pluviales ;
- Une seconde arrivée d'eaux pluviales via un Ø500 ;
- Deux arrivées d'eaux pluviales de moindres importances : un Ø300 et un Ø200.

Le fonctionnement et le dimensionnement général de l'ouvrage, en situation actuelle, ont été vérifiés dans le cadre de l'étude réalisée par Suez en 2017 ainsi que par le diagnostic réalisé par GEO+ en 2018.

[1] Le bassin versant du ruisseau des Planches est inclus dans le bassin versant hydrographique de « La Saône du ruisseau des Echets inclus au Rhône », d'une superficie totale d'environ 160 km² (code zone hydro : U472).

Ouvrage Moulin Carron	Plan 2018	Plan 2017	Plan 1986	Mode opératoire
Barrage				
Cote de crête (m NGF)		274,19 à 274,43	274,33	
Cote de TN amont (m NGF)		270,95 à 271,12	270,45 à 270,71	
Hauteur du barrage au-dessus du TN amont (m)		3,07 à 3,48	3,62 à 3,88	
Cote de TN aval (m NGF)		270,36 à 270,50	270,41	
Hauteur du barrage au-dessus du TN aval (m)		3,69 à 4,07	3,92	
Cote du déversoir (m NGF)		273,29	273,56	
Volume max associé à la cote de surverse (m^3)		10 890 à 273,29	13 450(1) à 273,56 10 862(1) à 273,29	11 900
Longueur du barrage en crête (m)		≈ 50		
Largeur du déversoir en gueule (m)		≈ 5,5		
Largeur du barrage (m)		≈ 5		
Fruit du talus amont		1 V / 2,5 H (≈ 21,8°)		
Fruit du talus aval		1 V / 2,5 H (≈ 21,8°)		
Diamètre buse pertuis (mm)		600	600	
Fe amont pertuis (m NGF)		269,69	269,73	
Fe aval pertuis (m NGF)		269,10		
Longueur de la buse (m)		≈ 42		
Pente moyenne		≈ 1,4 %		
Bassin				
Surface du bassin au fond (m²)				392
Surface du bassin en bas de talus (m²)	4 471			
Surface du bassin au haut de talus (m²)	7 753			7 634
Hauteur moyenne bas de talus / haut de talus (m)	2,67			
Hauteur moyenne fond / haut de talus (m)				3,86

(1) Ces volumes ont été recalculés en 2017 grâce au logiciel COVADIS, sur la base du plan de 1986 numérisé.

Tableau 1 : Principales caractéristiques de l'ouvrage Moulin Carron.

3. CADRE REGLEMENTAIRE : ELEMENTS DU DIAGNOSTIC DE 2018 (GEO+)

Nous rappelons que l'ouvrage du Moulin Carron ne fait pas l'objet d'un arrêté préfectoral de classement ni en tant qu'aménagement hydraulique ni en tant que barrage.

Le diagnostic de 2018 de l'ouvrage du Moulin Carron indiquait que cet ouvrage était à considérer comme un aménagement hydraulique (cf. §2.2 du diagnostic de 2018) au sens de la réglementation (cf. article R562-18 du Code de l'Environnement).

Hors le décret n°2019-895 du 28 août 2019 portant diverses dispositions d'adaptation des règles relatives aux ouvrages de prévention des inondations apporte des modifications quant à la définition d'un aménagement hydraulique avec une modification de l'article R. 562-18 du Code l'environnement :

"*La diminution de l'exposition d'un territoire au risque d'inondation ou de submersion marine avec un aménagement hydraulique est réalisée par l'ensemble des ouvrages qui permettent soit de stocker provisoirement des écoulements provenant d'un bassin, sous-bassin ou groupement de sous-bassins hydrographiques, soit le ressuyage de venues d'eau en provenance de la mer, si un des ouvrages relève des critères de classement prévus par l'article R. 214-112 ou si le volume global maximal pouvant être stocké est supérieur ou égal à 50 000 m^3.*"

L'ouvrage du Moulin Carron étant d'une capacité inférieure à 50 000 m3, il n'est pas à considérer comme un aménagement hydraulique.

Selon l'article R214-112 en vigueur en 2019 qui détaille les classes (A, B et C) des barrages de retenue et des ouvrages assimilés, les classes sont définies :

Tableau 2 : Classement des barrages.

Classe	Caractéristiques géométriques
A	H < 20 et $H^2.V^{0.5}$ > 1500
B	H > 10 et $H^2.V^{0.5}$ > 200
C	a) H > 5 et $H^2.V^{0.5}$>20 ou b) H > 2 et V > 0.05 avec une ou plusieurs habitations à moins de 400 m à l'aval de l'ouvrage

Avec H en m et V en Mm^3

L'ouvrage du Moulin Carron de volume 10 890 m^3 et de hauteur 4,07 m entre la cote moyenne de la crête et la cote du TN aval **ne répond pas aux exigences de la classe C** (condition *sine qua non* remplie a) H < 5 m et b) V < 50 000 m^3).

L'ouvrage du Moulin Carron est non classé en tant que barrage selon la réglementation en vigueur.

4. ANALYSE HYDROLOGIQUE

L'ouvrage du moulin Carron se situe sur le ruisseau des Serres. Le ruisseau des Serres est un affluent du ruisseau des Planches, lui-même affluent de la Saône.

Le ruisseau des Serres s'étend sur un linéaire d'environ 4,5 km et est busé de sa source jusqu'à la voie SNCF. En amont du bassin du Moulin Carron, le ruisseau est cuvelé dans un chenal bétonné. Son arrivée dans l'ouvrage est marquée par une chute dans une fosse d'affouillement créée par érosion.

4.1 METHODOLOGIE

L'étude hydrologique a pour objectif de caractériser le bassin versant intercepté par l'ouvrage du Moulin Carron et de déterminer les débits de pointe 10, 20, 30, 50, 100 et 1 000 ans. Pour cela, plusieurs méthodes sont mises en œuvre :

- La méthode rationnelle ;
- La méthode SCS (Soil Conservative Service) ;
- La formule régionale du CFBR (Cf. p. 23 du guide Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages – 2013) dit « Méthode du Gradex appliquée à l'estimation du débit millénale ».

Les résultats obtenus par ces méthodes sont ensuite comparés pour ne retenir que le plus adapté.

La mise en application des différentes méthodes nécessite de déterminer les paramètres suivants en amont :

- La surface, le chemin hydraulique, la pente et le temps de concentration du bassin versant ;
- La géologie et l'occupation des sols ;
- Les coefficients de ruissellement pour les différentes périodes de retour ;
- Le nombre de courbes, qui caractérise le ruissellement en fonction de l'état hydrique du sol ;
- L'intensité pluviométrique liée au temps de concentration du bassin versant, à la pluviométrie locale et à la période de retour.

Le bassin versant et ses sous-bassins ont déjà été délimités en 2017 lors du diagnostic de Suez. Ils sont repris dans la présente étude.

Au sein de l'emprise du bassin versant sont déterminées les surfaces, les occupations des sols, les longueurs des talwegs, et les pentes desquelles sont déduits les coefficients de ruissellement.

Le temps de concentration du bassin versant est estimé à l'aide de formules couramment utilisées, qui font notamment intervenir la longueur, la surface et la pente du bassin versant, et sont appliqués en fonction de leurs domaines d'application.

4.2 CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT

4.2.1 DELIMITATION DU BASSIN VERSANT

Le bassin de rétention est alimenté par :

- le ruisseau des Serres,
- les eaux pluviales (1ère arrivée par un DN 500, 2eme arrivée via in DN 500 rétrécit en un DN 250),
- le trop-plein du déversoir d'orage n°79 du réseau d'eaux usées (collecte 5 225 EH).

L'étude de Suez de 2017 a délimité l'emprise du bassin versant collecté par l'ouvrage du Moulin Carron grâce à sa connaissance du réseau d'eaux pluviales, du réseau d'assainissement et des courbes de niveau du territoire.

Le bassin versant total au droit du barrage comprend 3 sous-bassins (SBV) correspondant aux 3 entrées citées précédemment : le sous-bassin du ruisseau des Serres, du réseau d'eaux pluviales et du déversoir d'orage n°79.

Un schéma de la configuration du système est présenté en Figure 2.

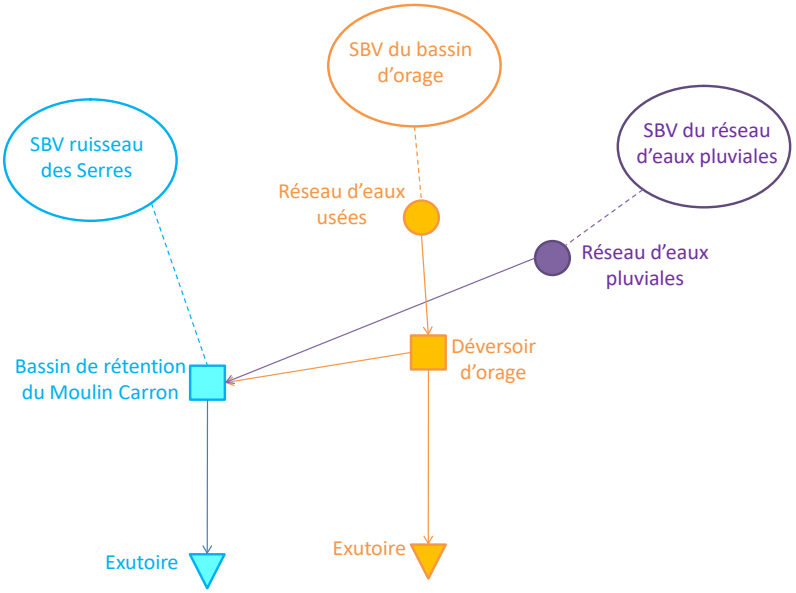


Figure 2 : Schéma du système d'alimentation de l'ouvrage du Moulin Carron.

L'emprise des sous-bassins versants est présentée en Figure 3.

La superficie des sous-bassins versants est récapitulée dans le Tableau 2.

Tableau 3 : Sous-bassins versants.

Sous-bassins versants	Superficie (ha)
Ruisseau des Serres	146.1
Réseau d'eaux pluviales	2.7
Déversoir d'orage n°79	100.2
Total	**249**

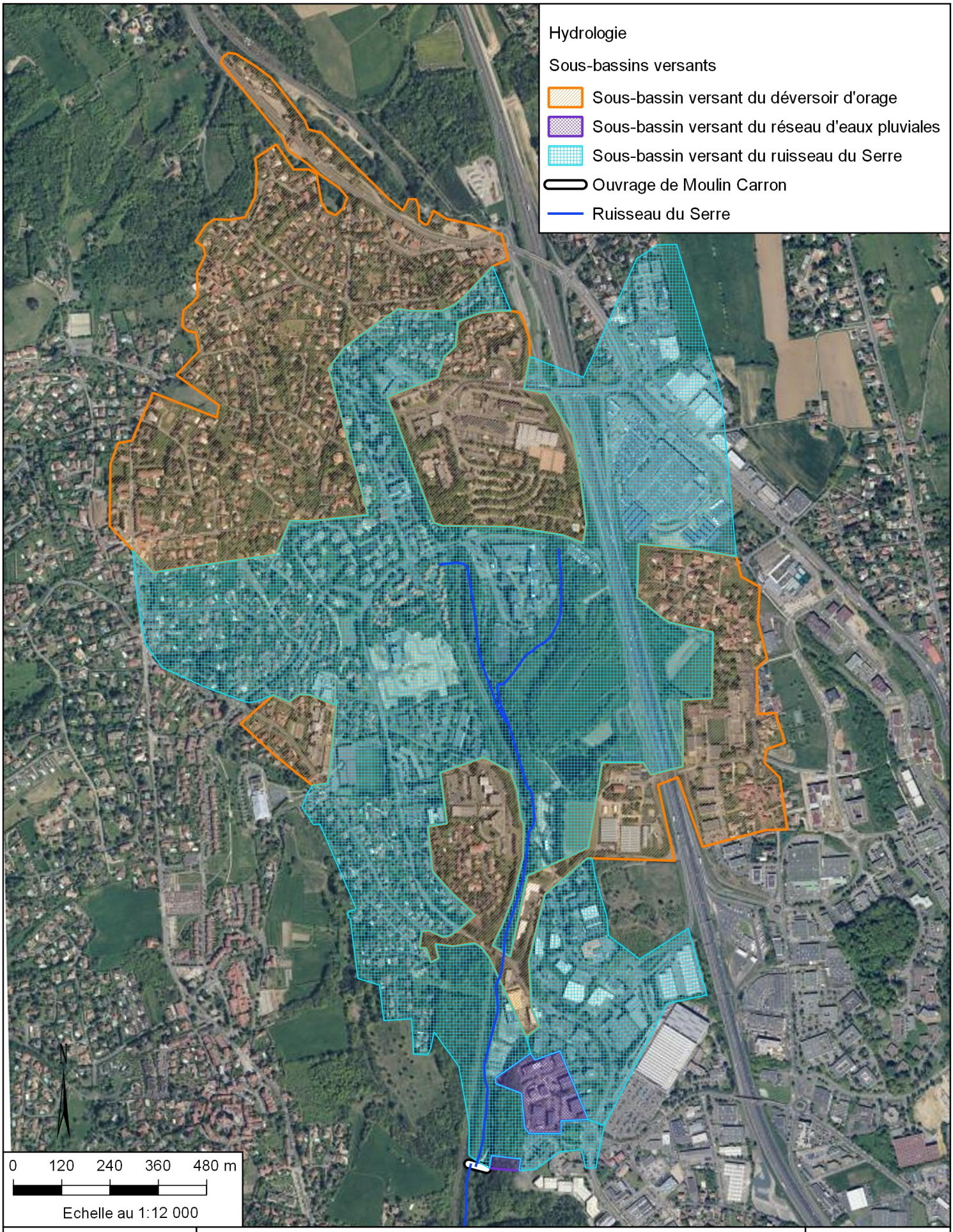
4.2.2 GEOLOGIE

D'après la carte géologique au 1/50 000 du BRGM, les formations g, I_{5-6}, M^2, OE_x, t, γ et Fu_1 sont retrouvées sur le bassin versant. Ces formations correspondent à des classes de sol hydrologiques présentées dans le Tableau 5.

Tableau 4 : Couches géologiques (InfoTerre) associées à la classe de sol hydrologique.

Symbologie	Libellé	Classe de sol hydrologique
g	Brèches diverses	B
I_{5-6}	Marnes, argiles et calcaires argileux : "lumachelle" (Pliensbachien)	C
M^2	Roches métamorphiques : Série des Monts du Lyonnais : Anatexite à biotite ou à deux micas	B
OE_x	Quaternaire - Loess et limons	B
t	Secondaire - Trias (+ Rhétien) non différencié	B
γ	Roches plutoniques : granite	A
Fu_1	Alluvions fluviatiles villafranchiennes (niveaux successifs emboîtés) : gros galets de quartzite dans matrice argileuse	B

Les classes de sol hydrologique caractérisent le sol en fonction de leur perméabilité. Les sols en catégorie A sont perméables et les sols en catégorie D sont imperméables.



Grand Lyon - Dardilly (69)

Etude capacitaire de l'évacuateur de crue de l'ouvrage de Moulin Carron

R19044407

Sous-bassins versants de l'ouvrage du Moulin Carron

Source : GéoPlusEnvironnement

Figure 3

Le schéma en Figure 4 représente la classe de sol hydrologique en fonction de la texture de sol.

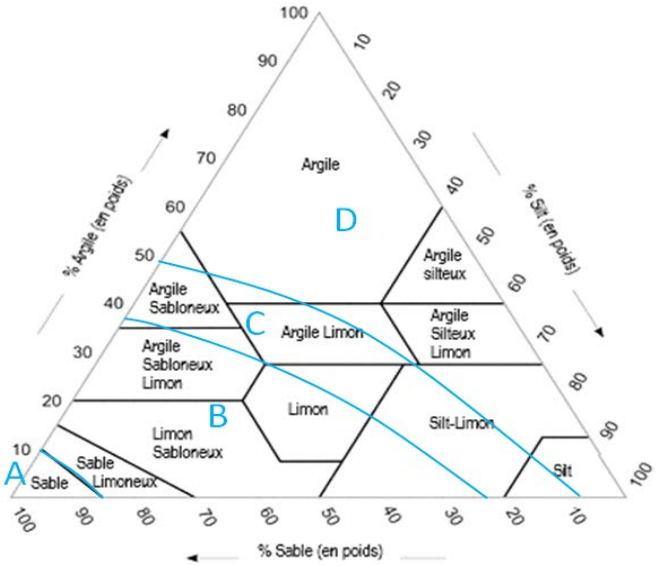


Figure 4 : Le triangle des textures

4.2.3 OCCUPATION DES SOLS

L'occupation des sols est disponible grâce à la donnée Corine land Cover dont la dernière mise à jour date de 2012. Les photographies satellites de 2015 ont également été considérées pour la détermination de l'occupation des sols au droit du bassin versant.

L'occupation des sols sur la surface du bassin versant au droit de l'ouvrage du Moulin Carron est composée des catégories répertoriées dans le Tableau 6.

Tableau 5 : Types d'occupations de sol présents sur le bassin versant total - CLC 2012.

Code CLC	Libellé	Surface (%) par rapport à celle du bassin versant
112	Tissu urbain discontinu	54%
121	Zones industrielles ou commerciales et installations publiques	42%
242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	1%
243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	3%

La répartition par sous-bassin versant est la suivante :

Tableau 6 : Répartition de l'occupation des sols par sous-bassin versant (% de la surface).

Code CLC	SBV des Serres	SBV des eaux pluviales	SBV du DO n°79
112	46%	0%	68%
121	48%	90%	31%
242	1%	0%	<1%
243	5%	10%	1%

Le bassin versant au droit de l'ouvrage du Moulin Carron est un bassin urbain, partagé entre des zones d'habitation discontinues et des zones commerciales ou industrielles. Ce type d'occupation favorise le ruissellement plutôt que l'infiltration des eaux pluviales.

4.2.4 PENTE ET CHEMINEMENT HYDRAULIQUE

La pente moyenne, d'environ 0,03 m/m (soit 3%), a été estimée à partir des altitudes maximale et minimale du bassin versant total.

Le plus long chemin hydraulique a été déterminé sur l'emprise du bassin versant total. Il est estimé à 3,2 km environ.

4.2.5 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

Les coefficients de ruissellement (Cr) sont déterminés à partir de l'occupation du sol, du type de terrain et de la pente (Cf. Tableau 8). Le coefficient doit être ajusté pour chaque période de retour.

La pente ayant été estimée à 3%, pour les zones urbaines (95,8 % de la surface du bassin versant) le coefficient de ruissellement est de 0,3. Pour les zones non urbaines (cultures), le coefficient de ruissellement est adapté en fonction du type de terrain (cf. § 3.2.2).

Tableau 7 : Coefficients de ruissellement T=10 ans en fonction de l'occupation du sol, de la pente et du terrain.

Occupation	Terrain			
	pente en %	sable grossier (A)	Limoneux (B, C)	Argileux (D)
bois	p < 5	0.10	0.30	0.40
	5 ≤ p < 10	0.25	0.35	0.50
	10 ≤ p < 30	0.30	0.50	0.60
pâturage	p < 5	0.10	0.30	0.40
	5 ≤ p < 10	0.15	0.36	0.55
	10 ≤ p < 30	0.22	0.42	0.60
culture	p < 5	0.30	0.50	0.60
	5 ≤ p < 10	0.40	0.60	0.70
	10 ≤ p < 30	0.52	0.72	0.82
urbain	p < 5	0.30		
	5 ≤ p < 10	0.60		
	10 ≤ p < 30	0.70		

Le coefficient de ruissellement moyen est de 0.31.

Les coefficients de ruissellement moyen par sous-bassin versant sont indiqués dans le Tableau 9.

Tableau 8 : Coefficient de ruissellement moyen par sous-bassin versant (T=10 ans).

Sous-bassins versants	Cr
Ruisseau des Serres	0.31
Réseau d'eaux pluviales	0.33
Déversoir d'orage n°79	0.30
Total	0.31

4.2.6 NOMBRE DE COURBES

Le nombre de courbe ou Curve Number (CN) en anglais, est un paramètre qui caractérise le ruissellement. Il prend la valeur de 30, lorsque le sol a un faible potentiel de ruissellement et que l'eau s'y infiltre beaucoup, et peut atteindre 100 quant au contraire le sol a un grand potentiel de ruissellement. Il intervient dans la fonction de production de la méthode pluie-débit SCS (passage de la pluie brute à la pluie nette). Le CN est défini à partir de la classe de sol hydrologique (A, B, C ou D) et de l'occupation du sol (Cf. § 3.2.2 et § 3.2.3).

Les CN sont définis en faisant un croisement entre la classe de sol hydrologique et l'occupation du sol (Cf. Tableau 10).

Tableau 9 : Définition des CN selon l'occupation du sol et la classe de sol hydrologique.

Code CLC 2012	Libellé	Classe de sol hydrologique			
		A	B	C	D
112	Tissu urbain discontinu	51	68	79	84
121	Zones industrielles ou commerciales et installations publiques	81	88	91	93
242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	62	71	78	81
243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	39	61	74	80

Le CN moyen sur le bassin versant est de 75.

4.2.7 TEMPS DE CONCENTRATION

Le temps de concentration (Tc) du bassin versant total a été calculé grâce à formules empiriques classiques adaptées aux bassins versants de superficie inférieure à 5 km² (SCS, Sogreah et Johnstone & Cross). Le temps de concentration retenu correspond à la moyenne des valeurs les plus cohérentes, soit **56 minutes**.

4.3 PLUIES

Les hauteurs d'eau précipitées sont calculées à partir de la formule de Montana et des coefficients de Montana de la station Météo France de Lyon-Bron sur la période 1960 -2012.

La formule de Montana permet, de manière théorique, de relier une intensité de pluie **i(t)** recueillie au cours d'un épisode pluvieux avec sa durée **t :**

$$i(t) = a \times t^{(-b)}$$

Les intensités de pluie i(t) s'expriment en mm/h et les durées t en minutes.

Les coefficients de Montana (a, b), fournis par Météo France, sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les intensités de pluie ayant une durée de retour donnée.

Tableau 10 : Coefficient de Montana pour des pluies de durée de 6 minutes à 1 heure (Météo France).

Durée de retour	a	b
5 ans	297.3	0.571
10 ans	358.0	0.582
20 ans	417.2	0.587
30 ans	451.8	0.59
50 ans	499.1	0.593
100 ans	565.5	0.597

Tableau 11 : Coefficient de Montana pour des pluies de durée de 1 heure à 24 heures (Météo France).

Durée de retour	a	b
5 ans	461.0	0.69
10 ans	555.7	0.702
20 ans	660.7	0.713
30 ans	726.3	0.719
50 ans	818.6	0.728
100 ans	955.5	0.739

Les intensités de pluies ont ainsi pu être déterminées pour différentes périodes de retour :

Tableau 12 : Intensités de pluie (Tc=56 min).

Période de retour	Intensité (mm/h) pour Tc =56 min
10 ans	34.4
20 ans	39.3
30 ans	42.0
50 ans	45.9
100 ans	51.0
1 000 ans	66.6

L'intensité de pluie d'occurrence 1 000 ans a été obtenues par extrapolation (ajustement de Gumbel : a = 6,869 et b=19,122).

4.4 DETERMINATION DES DEBITS DE CRUES

Le bassin versant étudié n'est pas jaugé. Les débits de crue ont donc été déterminés grâce aux méthodes suivantes :

1. Rationelle,
2. SCS (Soil Conservative Service),
3. Formule régionale du CFBR.

4.4.1 LA METHODE RATIONNELLE

La méthode rationnelle utilise un modèle simple de transformation de la pluie de projet (décrite par son intensité), supposée uniforme et constante dans le temps, en un débit instantané maximal lorsque l'ensemble de son bassin contribue à ce débit, selon la relation :

$$\boldsymbol{Q_i(T) = \frac{Cr(T) * I_p(T) * S}{3.6}}$$

Avec :

- $Q_i(T)$ est le débit instantané maximal annuel en m^3/s de période de retour T ;
- $Cr(T)$ est le coefficient de ruissellement ;
- $I_p(T)$ est l'intensité de pluie en mm de période de retour T calculée à partir des coefficients de Montana ;
- S est la superficie du bassin versant en km².

4.4.1.1 RESULTATS

Les débits de pointe 10, 20, 30, 50, 100 et 1 000 ans, calculés par la méthode rationnelle, sont présentés dans le Tableau 14.

Tableau 13 : Résultats de la méthode rationnelle (Q10, Q20, Q30, Q50, Q100 et Q1 000 ans) – Méthode rationnelle

Période de retour (ans)	10	20	30	50	100	1 000
Cr(T)	0.31	0.35	0.38	0.40	0.43	0.80
Intensité (mm/h)	34.4	39.3	42.0	45.9	51.0	66.6
Débits de crue (m^3/s)	7.4	9.7	11.0	12.7	15.2	37.1
Débits de crue (m^3/s) (Suez -2017)	*6.3*	*8.0*	*8.9*			

A titre de comparaison, les débits de pointe d'occurrence 10, 20 et 30 ans de l'étude de hydraulique de Suez (2017) déterminés par modélisation avec prise en compte des réseaux, un peu inférieurs aux débits de crue calculés grâce à la méthode rationnelle.

A noter que les débits obtenus dans l'étude de Suez ont été estimés à partir de coefficients de Montana déterminés sur la base des données pluviométriques du Grand Lyon. Ces données pluviométriques s'étendent sur la période 1987-2007 (30 ans). Tandis que les coefficients de Montana utilisés dans la présente étude ont été établis sur une plus longue période d'observation (coefficient de Montana de Lyon Bron sur la période 1960 -2012, soit 52 ans).

4.4.2 LA METHODE SCS (SOIL CONSERVATIVE SERVICE)

4.4.2.1 METHODOLOGIE

Cette méthode consiste en une modélisation hydrologique de transformation pluie-débit sous Hec-hms, basée sur le CN.

L'avantage de cette méthode est qu'elle est uniquement basée sur des paramètres physiques.

Elle consiste à faire l'hypothèse qu'à un instant donné t, le rapport entre l'infiltration cumulée jusqu'à l'instant t et l'infiltration potentielle en début d'épisode est égal au rapport entre le ruissellement cumulé et la pluie cumulée, soit :

$$\frac{\boldsymbol{P(t) - R(t)}}{\boldsymbol{J}} = \frac{\boldsymbol{R(t)}}{\boldsymbol{P(t)}}$$

Avec :

- $P(t)$, la hauteur de pluie tombée entre 0 et t ;
- $R(t)$, la lame nette écoulée entre 0 et t ;
- J capacité maximale d'infiltration ;
- $P(t) - R(t)$, l'infiltration cumulée entre 0 et t ;

Cependant, lorsque la pluie commence à tomber, il n'y a pas ruissellement immédiat. Des études ont montré que l'on pouvait estimer cette rétention initiale à $0.25J$. Il faut donc remplacer $P(t)$ par $P(t) - 0.25J$.

On a donc :

$$\boldsymbol{R(t)} = \frac{\boldsymbol{(P(t) - 0.25J)^2}}{\boldsymbol{P(t) + 0.8J}}$$

Cela correspond à la fonction dite de production, avec $= 25.4 * (1000/\mathrm{CN} - 10)$.

En prenant, $t = Tc$ on peut estimer le débit avec la formule :

$$\boldsymbol{Q_i(T) = R_T(tc) * K * \frac{S}{(3.6D)}}$$

4.4.2.2 MODELE HYDROLOGIQUE HEC-HMS

Hec-Hms est un logiciel de modélisation permettant la combinaison d'une multitude de sous-modèles et la description de différents processus hydrologiques. Ces processus sont le ruissellement direct de surface, l'infiltration dans le sol, l'évapotranspiration et les écoulements souterrains. Chacun de ces processus peut être impliqué dans la formation des crues à l'exutoire d'un bassin versant donné. Il s'agit donc de faire un choix de modèle adapté aux conditions de ruissellement spécifiques de la zone étudiée.

Dans notre cas, les processus que nous souhaitons prendre en compte dans les modélisations sont le ruissellement direct de surface et l'infiltration.

Les données d'entrée du modèle sont :

- Le CN moyen du bassin versant soit 75.
- Les hyétogrammes des pluies double triangle. Ils sont calculés à partir :
  - des intensités de pluie (correspondant au pic du hytéogramme) transformées en hauteurs de pluie HM (mm) sur la durée intense (=Tc soit 56 min),
  - des hauteurs d'eau HT (mm) sur la durée totale (=3Tc soit 168 min) de l'évènement de pluie.

Tableau 14 : Données d'entrée pour la détermination des hyétogrammes - Pluies double-triangles.

T (ans)	HM (mm) de la durée intense (=Tc soit 56 min)	HT (mm) de la durée totale (=3Tc soit 168 min)
10	32.1	42.6
20	36.7	47.9
30	39.2	51.1
50	42.8	55.0
100	47.7	60.7
1 000	62.1	77.4

4.4.2.3 RESULTATS

Les débits de pointe issus de la modélisation sont présentés dans le Tableau 16.

Tableau 15 : Débits de pointe T=10, 20, 30, 50, 100, 1 000 ans – Modélisation Hec-hms.

Période de retour (ans)	10	20	30	50	100	1 000
Q (m^3/s) - pluies de Montana	7.6	9.6	10.7	12.4	14.8	22.6

4.4.3 METHODE DU GRADEX APPLIQUEE A L'ESTIMATION DU DEBIT MILLENAL

Une formule fournie par le CFBR (méthode régionale) permet d'obtenir le débit de pointe de période de retour 1 000 ans. Elle a pour origine la régression établie sur 170 bassins versants (méthode du Gradex appliquée par EDF) du débit de pointe d'occurrence 1 000 ans et de la surface du bassin versant :

$$\boldsymbol{Q_{1000\,ans} = a.S^{0.72}}$$

Avec S la surface du bassin versant en km² et a un paramètre selon la zone géographique. Appartenant au bassin de la Saône, le coefficient a est égal à 4,05.

A partir de cette formule, on obtient $Q_{1\,000}$ égal à **7,8 m³/s** à S=2,48 km².

4.4.4 SYNTHESE SUR LES DEBITS DE POINTE

Les débits de pointes estimés grâce aux différentes méthodes sont récapitulés dans le Tableau 17.

Tableau 16 : Comparaison des débits de crue en m³/s selon les méthodes employées.

Débits de crue (m³/s)	10	20	30	50	100	1 000
Méthode rationnelle	7.4	9.7	11.0	12.7	15.2	37.1
Méthode rationnelle (Suez -2017)	*6.3*	*8.0*	*8.9*			
Méthode SCS	7.6	9.6	10.8	12.4	14.8	22.6
Méthode régionale (CFBR)						7.8

Les débits obtenus avec la méthode rationnelle sont plus élevés que ceux obtenus avec la méthode SCS. En effet, la méthode rationnelle a tendance à surestimer les débits, surtout pour les grandes périodes de retour.

Les débits obtenus avec la méthode SCS sont plus proches de ceux annoncés par l'étude de Suez, mais reste supérieurs. Les débits obtenus par la méthode SCS et la méthode rationnelle sont également supérieurs aux débits calculés dans la précédente étude réalisée par Suez. Il faut noter que les coefficients de Montana entre les deux études ne sont pas les mêmes, expliquant potentiellement cette différence.

A partir de la formule fournie par le CFBR, on a $Q_{1\,000}$ égal à **7,8 m³/s**, cette valeur est nettement en-dessous des estimations précédentes. Elle ne sera pas retenue.

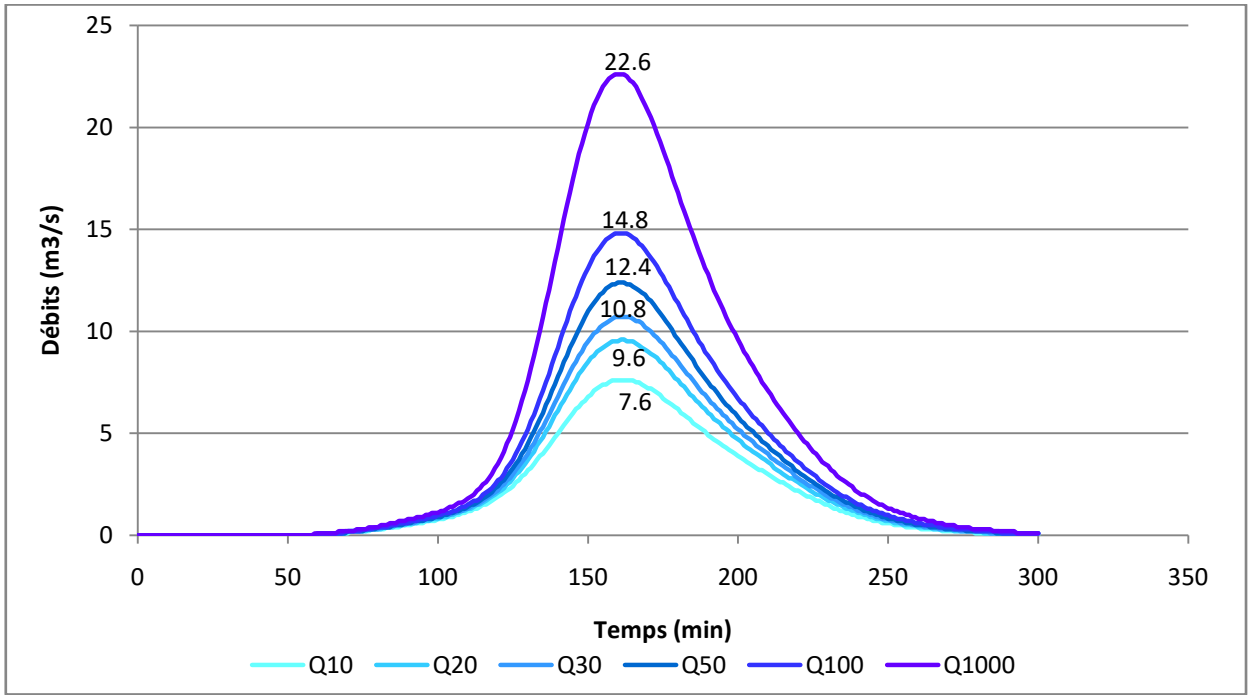
Les débits retenus, pour la suite de l'étude, sont ceux obtenus grâce à la méthode SCS. Ils sont légèrement supérieurs à ceux de l'étude de Suez (aspect sécuritaire) sur les petites périodes de retours (10 à 30 ans), et ne maximise pas les débits sur les grandes périodes de retour (100 à 1 000 ans), évitant de sur-dimensionner les ouvrages par la suite.

La méthode SCS sous Hec-hms à l'avantage de créer un hydrogramme de crue. Ces hydrogrammes sont réutilisés dans la suite de l'étude pour déterminer le laminage engendré par le barrage au passage des crues.

4.5 HYDROGRAMMES DE CRUE

Les hydrogrammes de crue (Cf. Figure 5) obtenus avec la modélisation hydrologique sous Hec-hms selon la méthode SCS sont présentés ci-dessous.

Figure 5 : Hydrogrammes de crue pour une pluie de durée intense 56 minutes et de durée totale 168 minutes (méthode SCS).



5. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE L'EVACUATEUR DE CRUE

L'objectif de cette partie est de déterminer le remplissage progressif de l'ouvrage de Moulin Carron lors d'une crue. Pour cela, il est nécessaire d'établir :

1. **L'hydrogramme de la crue considérée (défini dans la partie précédente) ;**
2. **La loi Hauteur-Volume de la retenue ;**
3. **La loi Charge-Débit de l'organe évacuateur de crue ;**

A partir de ces informations, il est possible de déterminer l'évolution du volume stocké dans la retenue, le plus haut niveau d'eau atteint lors de la crue ainsi que le débit maximal rejeté par l'évacuateur de crue. Puis, le dimensionnement du coursier est vérifié.

5.1 DESCRIPTION DE L'EVACUATEUR DE CRUE

L'évacuateur de crue est composé de deux parties : un déversoir central de section trapézoïdale, et un coursier en enrobé (Cf. Figure 7). Le déversoir est calé à la cote 273,29 m NGF (cote normale des eaux ou retenue normale - RN). Ces dimensions et cotes du déversoir sont présentés en Figure 6.

Figure 6 : Schéma du déversoir.

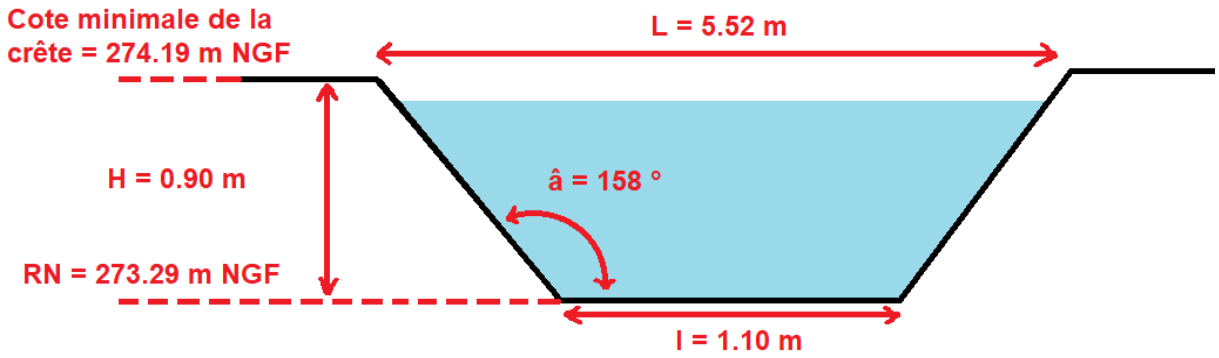


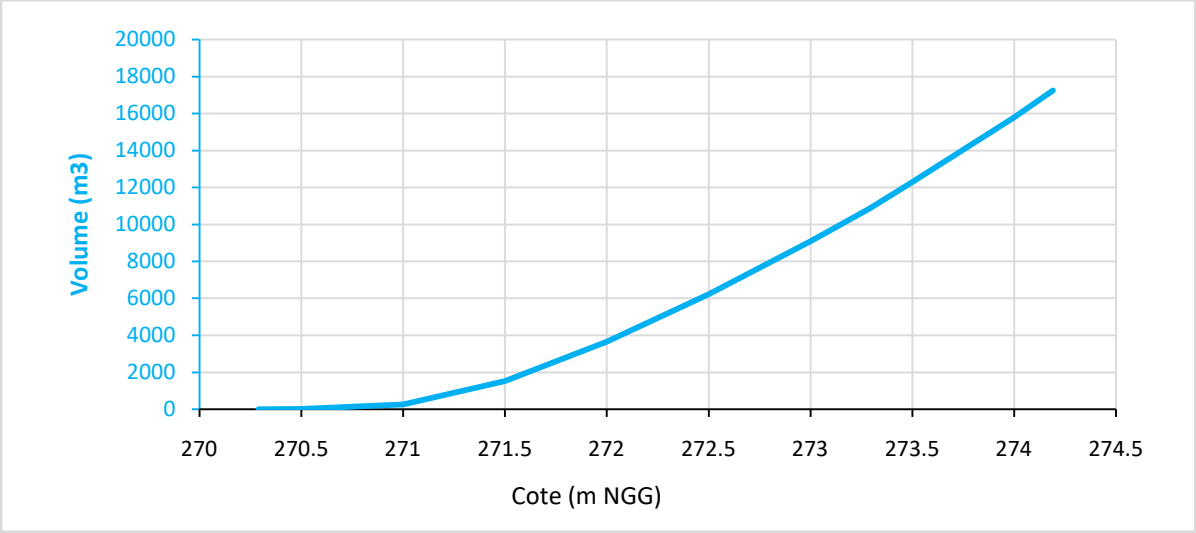
Figure 7 : Photographies du déversoir et du coursier.

5.2 LOI HAUTEUR-VOLUME DE LA RETENUE

La loi Hauteur-Volume de l'ouvrage du Moulin Carron a été établie sur la base du plan de récolement de 2017.

La loi est présentée sur la Figure 8.

Figure 8 : Loi Hauteur-Volume de l'ouvrage de Moulin-Carron.



5.3 LOI CHARGE-DEBIT DE L'EVACUATEUR DE CRUE

La loi Charge-débit de l'évacuateur de crue dépend du type de déversoir. Le débit de l'évacuateur de crue est calculé à l'aide de la formule de l'IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) adaptée au déversoir trapézoïdal :

$$\boldsymbol{Q = C_v * \sqrt{2g} * B_w\, h^{1.5} + C_v \sqrt{2g}\, tan(\beta)\, h^{2.5}}$$

Avec :

- Q, le débit écoulé en m^3/s ;
- C_v, le coefficient de débit ;
- B_w, la largeur déversante en m ;
- β, l'angle entre la verticale et le côté du trapèze ;
- h, hauteur d'eau amont au-dessus du seuil en m.

L'angle β est de 68° (158°-90°=68°) et la base du trapèze de 1,1 m.

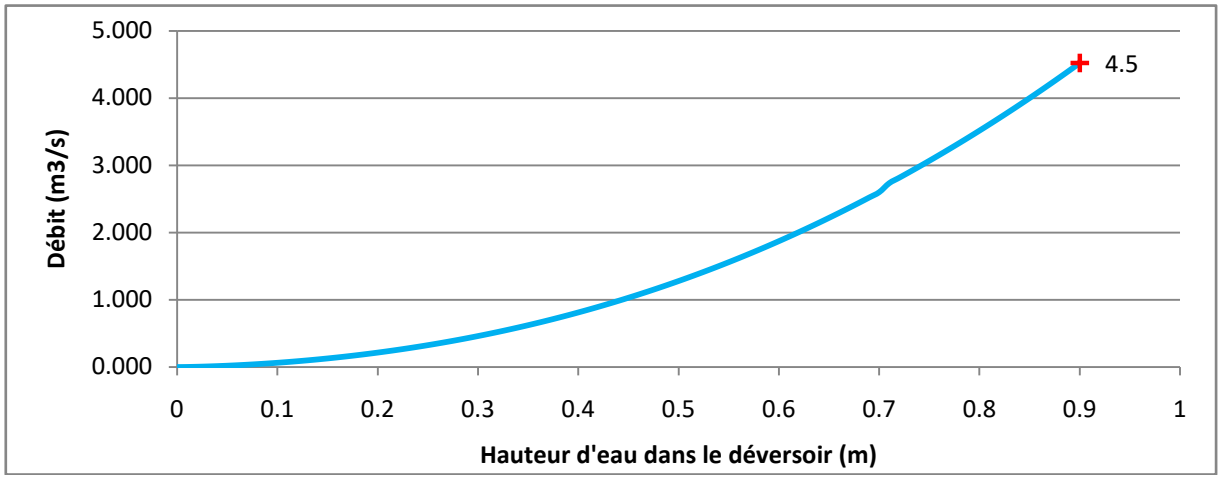
Avec ces dimensions, l'ouvrage évacue au maximum environ 4,5 m^3/s avant la surverse sur la crête (niveau minimal de la crête à 274,19 m NGF) soit une hauteur d'eau maximale de 0,90 m.

La loi Charge-Débit est présentée en Figure 9 et sur le Tableau 18. A noter que le pertuis de fond de l'ouvrage (en charge) assure un débit de fuite constant de 1,2 m^3/s (non considéré par aspect sécuritaire – cf. guide du CFBR).

Tableau 17 : Récapitulatif de la débitance de l'évacuateur de crue.

Cote du niveau d'eau (m NGF)	Hauteur d'eau (cm)	Débits (m^3/s)
273.29	0	0
273.54	25	0.3
273.79	50	1.3
274.04	75	3.1
274.19	90	4.5

Figure 9 : Débitance de l'évacuateur de crue (Dimensions réelles).



5.4 LAMINAGE DES CRUES

5.4.1 CALCUL DU REMPLISSAGE PROGRESSIF DE LA RETENUE LORS D'UNE CRUE

Le calcul est réalisé par itérations successives. A chaque instant t, le débit entrant est calculé à partir de l'hydrogramme de crue au temps $t - dt/2$. Le débit sortant est calculé à partir du niveau d'eau au temps $t - dt$. Une variation du volume est définie comme :

$$\mathbf{dV = (Q_{entrant} - Q_{sortant}) * dt}$$

Le volume de la retenue peut être déduit à l'instant t et par conséquent le niveau d'eau dans la retenue également. Le débit sortant est réévalué à partir de la nouvelle information sur le niveau d'eau à l'instant t. Un nouveau débit sortant est calculé en faisant la moyenne des débits sortant des pas de temps $t - dt$ et t. Puis, la variation du volume et le volume de la retenue sont calculés une nouvelle fois.

5.4.2 LAMINAGE DES CRUES

Afin de déterminer le plus haut niveau d'eau atteint et de connaître le débit le plus fort rejeté par l'évacuateur lors du passage des crues, nous étudions le laminage de plusieurs crues.

L'étude de Suez (2017) a déterminé que l'ouvrage du Moulin Carron était dimensionné pour une crue décennale. Ainsi, nous commençons par celle-ci et augmentons progressivement les crues étudiées (Q20, Q30, Q50, Q100 et Q1 000) jusqu'à obtenir une surverse.

Les paramètres retenus sont :

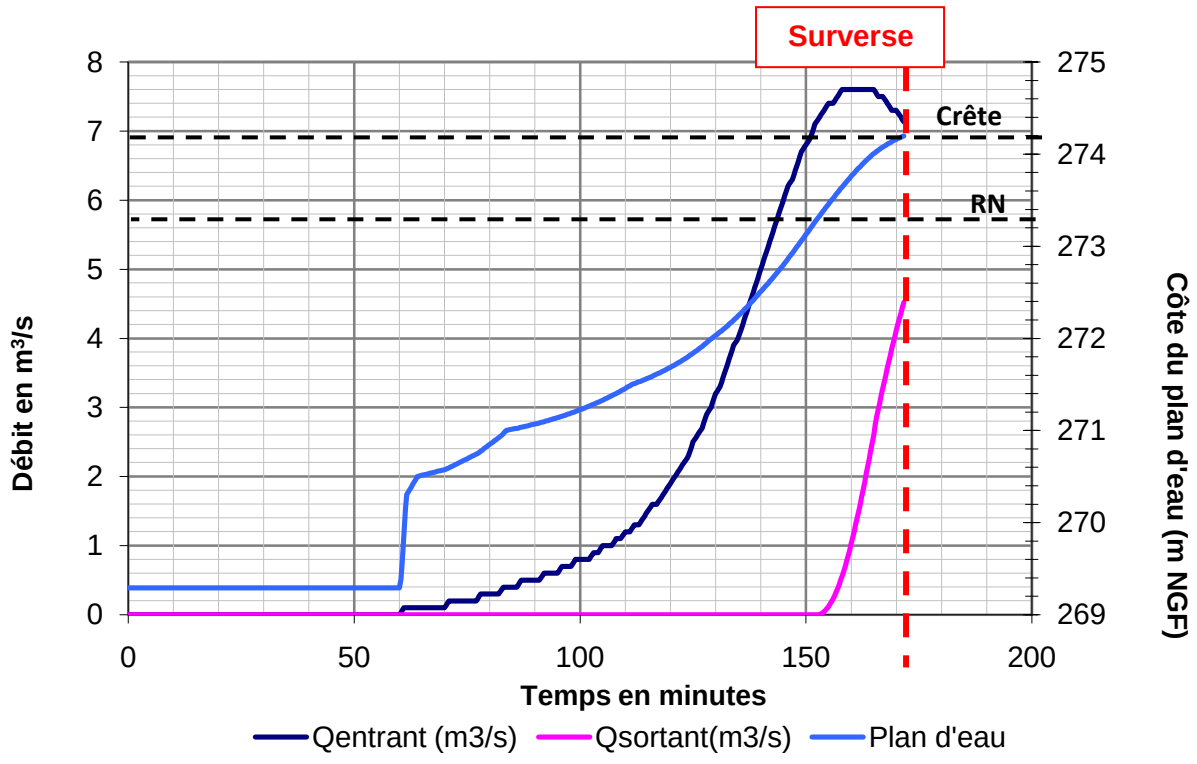
- Cote d'eau initiale : **269.29 m NGF (ouvrage vide)** ;
- La loi HVS (définie précédemment) ;
- Les hydrogrammes de crue ;
- La loi Charge-Débit de l'évacuateur de crue.

La cote et le débit maximaux atteints lors d'une crue décennale sont présentés dans le Tableau 19.

Tableau 18 : Cote maximale et débit maximal atteints pour la crue T10.

Crues	Cote max atteinte (m NGF)	Débit max rejeté par l'évacuateur (m^3/s)
Q10	surverse	4.5

Figure 10 : Laminage de la crue Q10.



L'ouvrage du Moulin Carron est sous dimensionné pour une crue de période de retour 10 ans (méthode SCS).

5.5 VERIFICATION DU DIMENSIONNEMENT DU COURSIER

La hauteur d'eau dans le coursier est définie à partir des équations de Barré Saint-Venant tenant compte des frottements et résolue numériquement par la méthode des volumes finis. Le système se présente sous la forme de deux équations :

- Equation de conservation de la masse : $\partial_t h + \partial_x q = 0$
- Equation de conservation de la quantité de mouvement : $\partial_t q + \partial_x \left(\frac{gh^2}{2} + hu^2\right) = gh(S_0 + S_f)$

Avec :

- $S_0 = \partial_x z$, l'opposé de la pente ;
- $z(x)$, la topographie du fond ;
- $h(t,x)$, la hauteur d'eau en m ;
- $u(t,x)$, la vitesse moyenne en m/s ;
- $q(t,x) = h(t,x).u(t,x)$, le débit linéique m/s;
- g, la constante de gravité en m/s² ;
- S_f, le terme de frottement ;
- $z + h$, la côte de la surface libre.

L'équation est résolue pour un écoulement stationnaire. Les valeurs prises en conditions initiales sont :

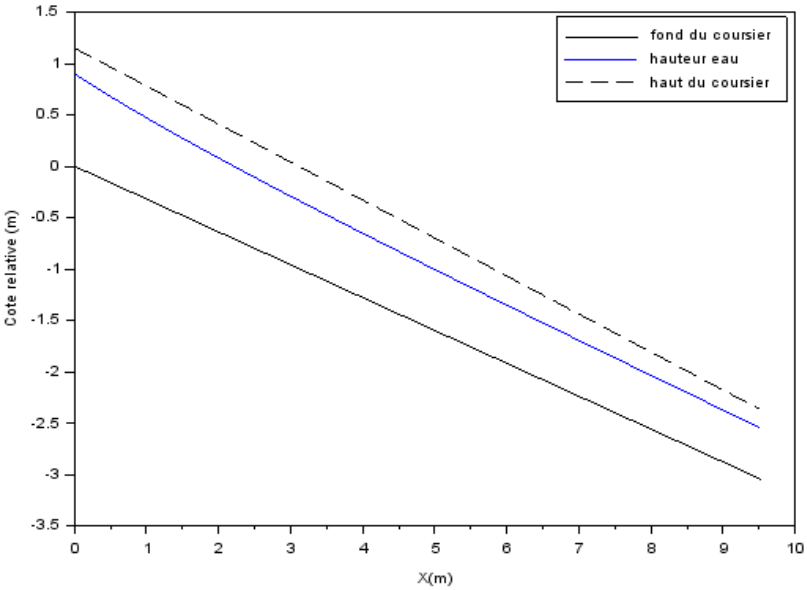
- La hauteur d'eau maximale avant la surverse soit 0,90 m ;
- Le débit maximal associé soit 4,5 m^3/s.

Les caractéristiques du coursier considérées sont les suivantes :

- Coefficient de frottement : n = 0.016 pour de l'asphalte rugueux ;
- Pente du fond du coursier : 0,32 m/m ;
- Pente des bajoyers : 0,37 m/m ;
- Longueur : 9.52 m ;
- Hauteur des bajoyers : 1,15 m en amont et 0,75 m en aval.

Les résultats sont présentés en Figure 11.

Figure 11 : Vérification du dimensionnement du coursier.



Le coursier est correctement dimensionné pour le débit maximal possible sur le déversoir de l'évacuateur de crue avant surverse sur la crête de l'ouvrage (4,5 m^3/s). Il y a environ 23 cm de revanche à l'amont et environ 17 cm à l'aval.

6. PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT

Nous rappelons que l'**inspection visuelle**, menée le 25 juin 2018 par **GEO+**, a conduit à préconiser la vérification du dimensionnement de l'évacuateur de crue et de sa fosse de dissipation.

6.1 DIMENSIONNEMENT DE LA FOSSE DE DISSIPATION POUR LE NIVEAU DE PROTECTION ACTUEL (< CRUE D'OCCURRENCE 10 ANS)

La fosse de dissipation, actuellement constituée de d'enrochement libre sur environ 4 m en pied du coursier, n'est pas en état de fonctionner. Elle est colonisée par la végétation (arbres de diamètre > 25 cm, arbuste, etc.).

Figure 12 : Photographie de la fosse de dissipation (GEO+).

Nous proposons de dimensionner, en tant que fosse de dissipation pour l'ouvrage de Moulin Carron, un bassin à ressaut pour une crue décennale (de largeur égale à celle du coursier).

Le bassin à ressaut est un moyen très efficace pour réduire la vitesse de sortie (à une valeur compatible avec la stabilité des berges à l'aval).

La forme du ressaut et ses caractéristiques dépendent directement du nombre de Froude :

$$\boldsymbol{F = \frac{V}{\sqrt{gy}}}$$

Avec :

- F, le nombre de Froude ;
- V, la vitesse en m/s ;
- g, la constante de gravité ;
- y, le tirant d'eau en m.

Les graphiques en Figure 13, à la page suivante, donnent le rapport $\frac{y2}{y1}$ des profondeurs conjuguées avant et après ressaut en fonction de F et le rapport $\frac{L}{y2}$ de la longueur du ressaut (donc de la longueur minimale du bassin) au tirant d'eau aval également en fonction de F.

Pour une crue de débit maximal avant surverse (< crue d'occurrence 10 ans), on obtient en pied du coursier une hauteur d'eau $y1$ de 0,50 m et une vitesse V de 9,1 m/s. Le nombre de Froude est alors égal à 4,1.

A partir du rapport des profondeurs conjuguées (Cf. Figure 13-1), on peut déterminer que $y2$ est égal à 2,8 m.

A partir du graphe en Figure 13-2, **la longueur du bassin est estimée à 16,2 m**. La largeur étant la même que celle du coursier.

La hauteur du seuil terminal correspond à 1,25. $\boldsymbol{y1}$ **soit 0,63 m.**

Le bassin à ressaut est présenté en Figure 14.

Figure 13 : Détermination des caractéristiques du ressaut en fonction du nombre de Froude.

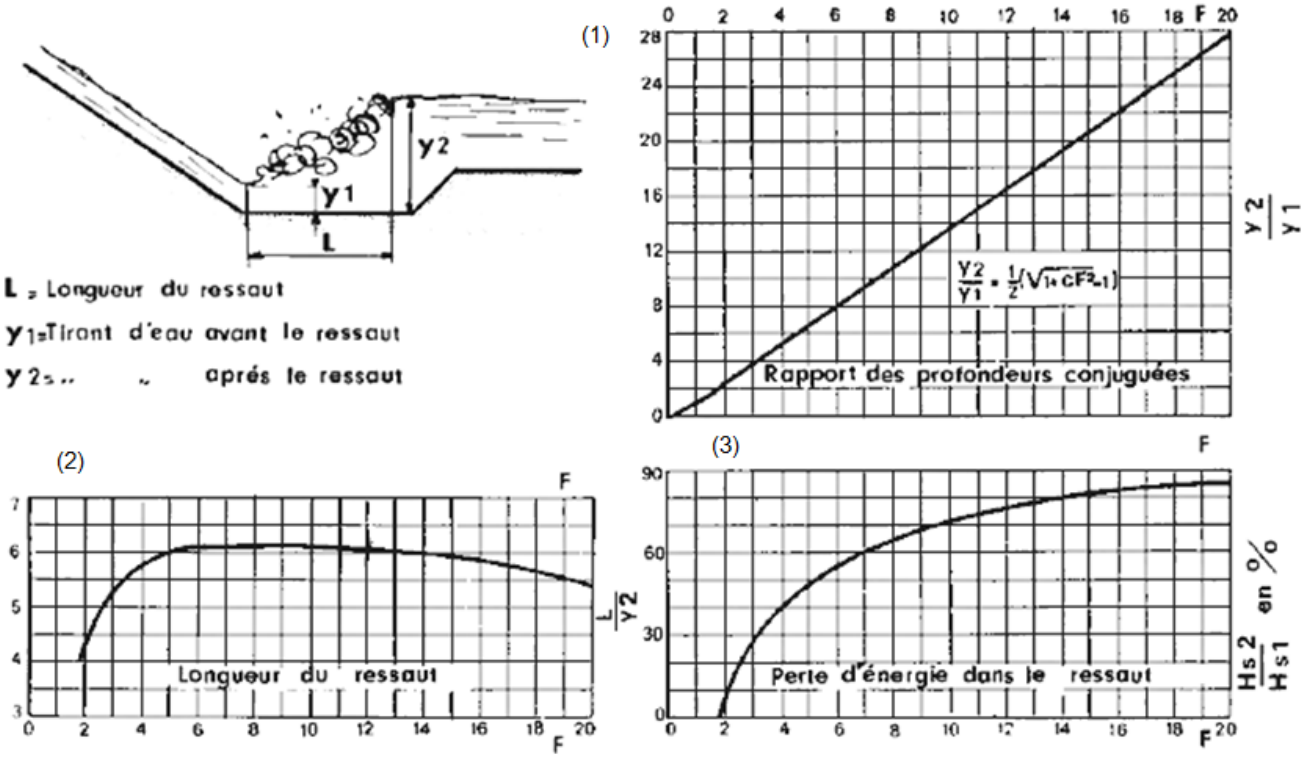
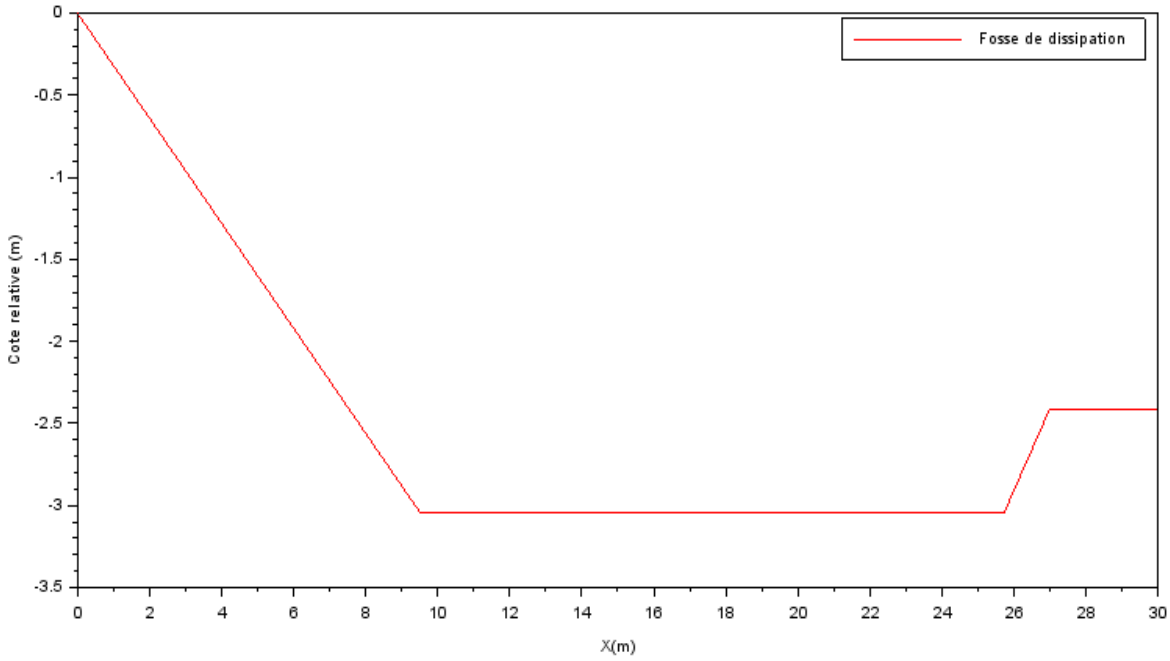


Figure 14 : Profil longitudinal du bassin de dissipation à ressaut.



6.2 DIMENSIONNEMENT DES ORGANES DE L'OUVRAGE DU MOULIN CARRON POUR UN NIVEAU DE CRUE SUPERIEURE

6.2.1 CHOIX DES CRUES DE DIMENSIONNEMENT

L'ouvrage du Moulin Carron est un peu sous-dimensionné pour une crue décennale, ainsi une proposition de dimensionnement pour cette crue est proposée.

Depuis sa mise en exploitation, un seul déversement de l'ouvrage a été observé, le 05 juin 2018. Cependant, l'ouvrage étant situé dans un centre urbain proche d'enjeux tels que la voie SNCF et un poste électrique, un dimensionnement pour une crue trentennale est également proposé.

6.2.2 DIMENSIONNEMENT DU DEVERSOIR

6.2.2.1 LOI CHARGE-DEBIT DE L'EVACUATEUR DE CRUE

Nous proposons de modifier le déversoir. Les calculs sont réalisés avec un déversoir de section rectangulaire à crête mince avec contraction latérale.

Le débit de l'évacuateur de crue est alors calculé à l'aide de la formule de POLENI (cf. p. 30 de la notice sur les déversoirs du CETMEF) :

$$\boldsymbol{Q = \mu\, C_v\, L\, h^{\frac{3}{2}} \sqrt{2g}}$$

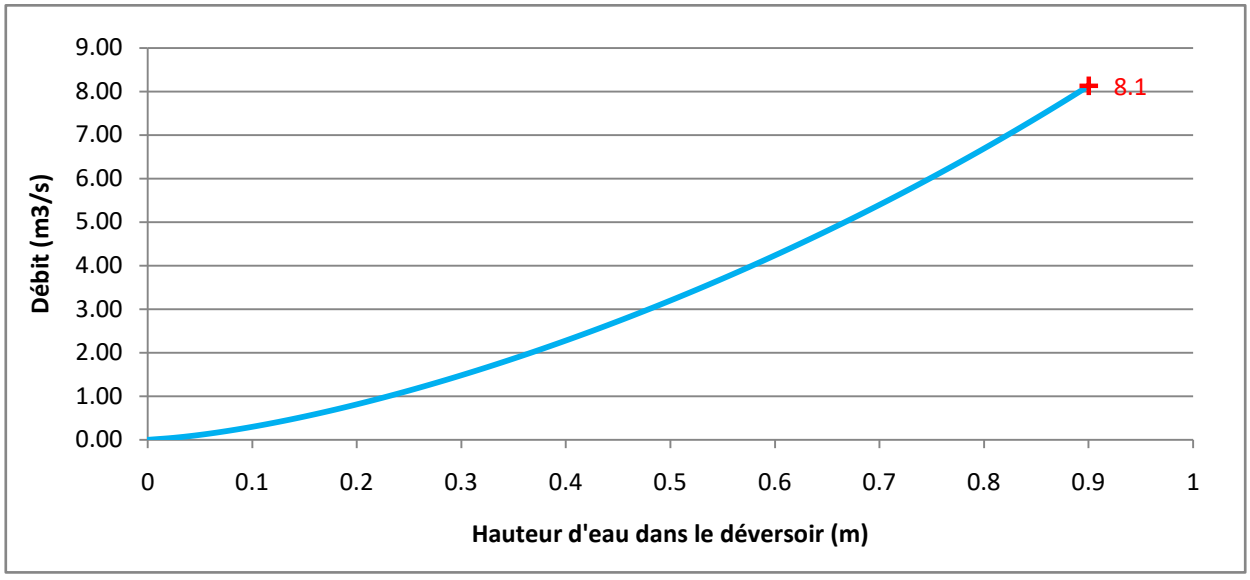
Avec :

- Q, le débit écoulé en m^3/s ;
- C_v, le coefficient de débit ;
- L, la largeur déversante en m ;
- h, hauteur d'eau amont au-dessus du seuil en m ;
- g, l'accélération de pesanteur en $m.s^{-2}$.

6.2.2.1.1 Débitance pour la crue décennale

La débitance d'un évacuateur de crue rectangulaire de largeur 5 m et de hauteur 0,9 m permet de faire transiter au maximum 8,1 m^3/s (Cf. Figure 15).

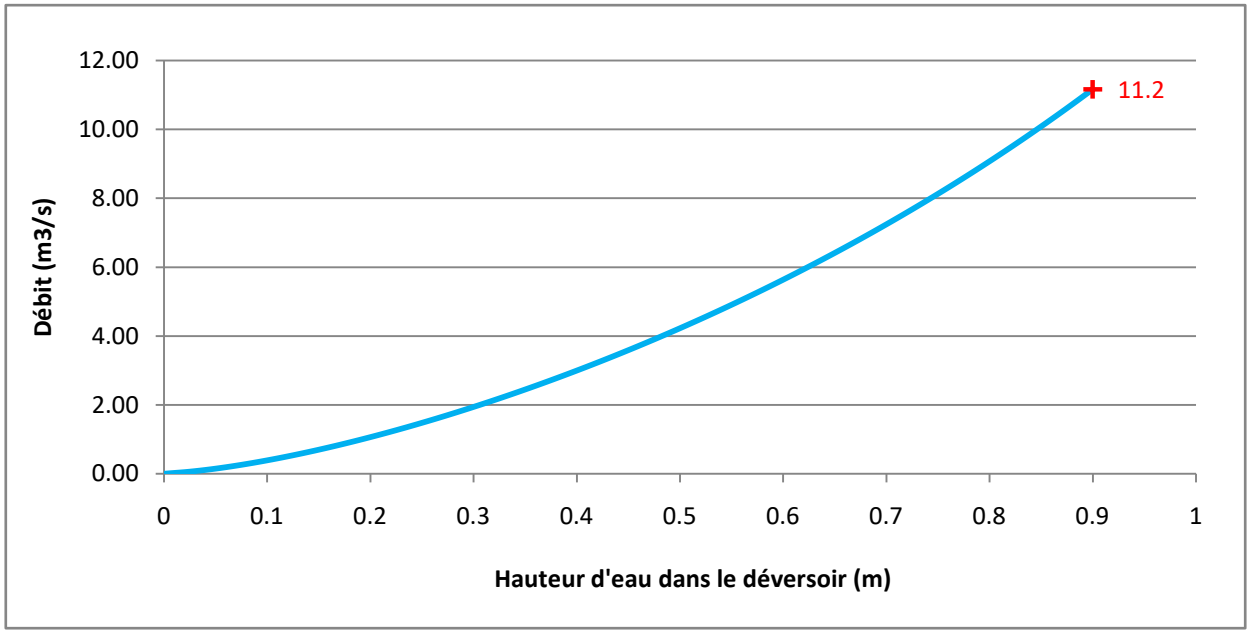
Figure 15 : Débitance de l'évacuateur de crue (Q10 ans et L=5 m).



6.2.2.1.2 Débitance pour la crue trentennale

La débitance d'un évacuateur de crue rectangulaire de largeur 6,5 m et de hauteur 0,9 m permet de faire transiter au maximum 11,2 m^3/s (Cf. Figure 16).

Figure 16 : Débitance de l'évacuateur de crue (Q30 ans et L=6,5 m).



6.2.2.2 LAMINAGE DES CRUES

Afin de déterminer le pus haut niveau d'eau atteint et de connaître le débit le plus fort rejeté par l'évacuateur lors du passage des crues d'occurrence 10 et 30 ans, nous simulons son laminage par l'ouvrage.

Les paramètres retenus sont :

- Cote d'eau initiale : **269.29 m NGF (ouvrage vide)** ;
- La loi HVS (définies précédemment) ;
- L'hydrogramme de la crue millénale ;
- La loi Charge-Débits précédemment présentée (Cf. Figures 15 et 16).

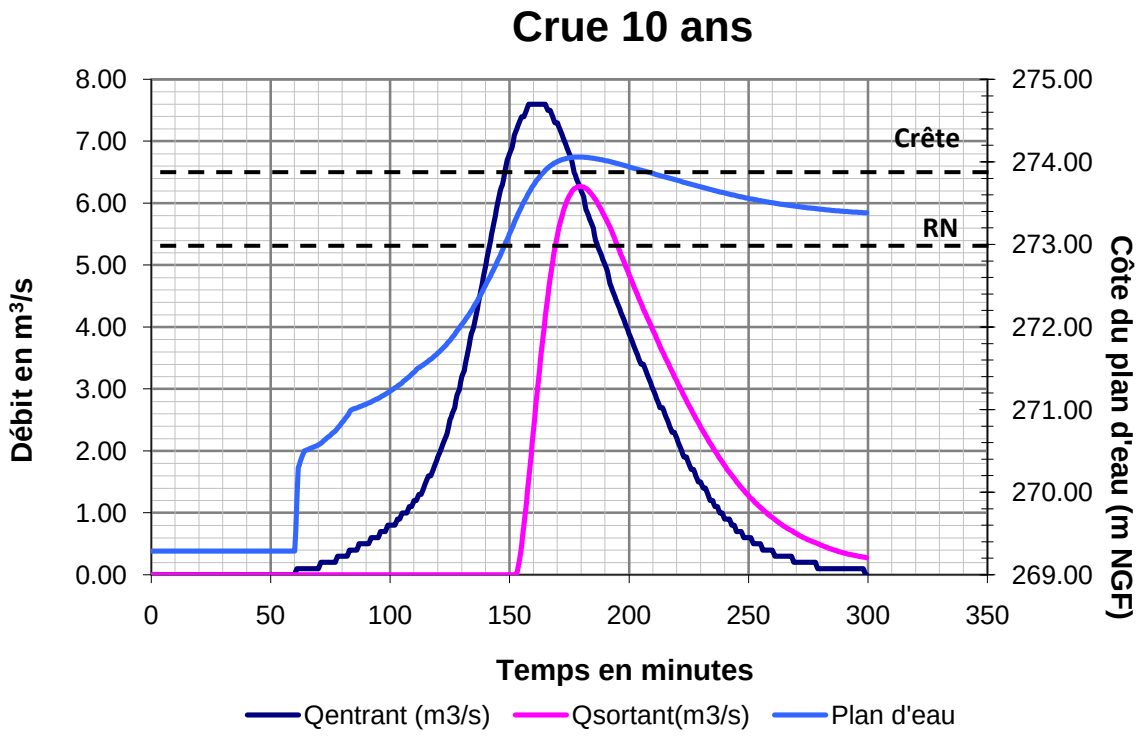
On obtient les graphiques présentés en Figure 17.

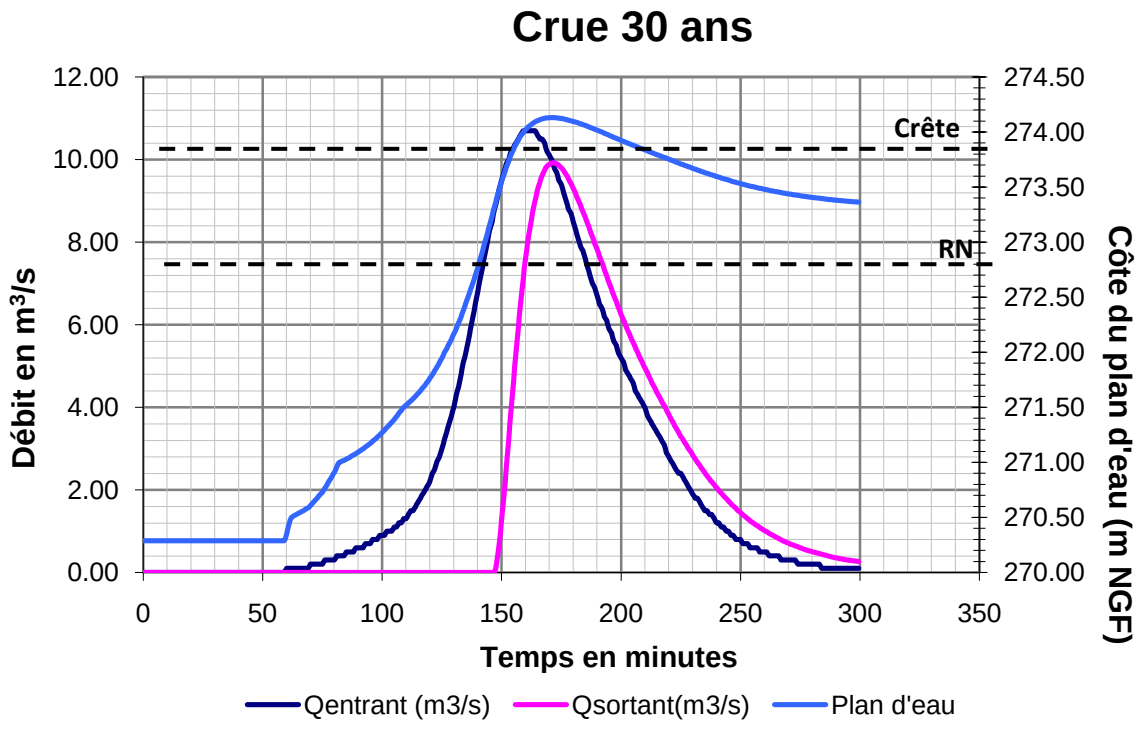
La cote et le débit maximum atteints lors de cette crue sont présentés dans le Tableau 20.

Tableau 19 : Cotes maximales et débits maximum atteints pour les crues T10 et T30 ans.

Crues	Cote max atteinte (m NGF)	Débits max rejeté par l'évacuateur (m^3/s)
Q10	274.06	6.27
Q30	274.13	9.93

Figure 17 : Laminage des crues d'occurrence 10 et 30 ans.





6.2.3 DIMENSIONNEMENT DU COURSIER

Les caractéristiques du coursier sont les suivantes :

- Coefficient de frottement : n =0.0134 pour du béton ;
- Pente du fond du coursier : 0,32 m/m ;
- Pente des bajoyers : 0,37 m/m ;
- Longueur : 9.52 m ;
- Hauteur des bajoyers : 2,31 m (275,6 m NGF) en amont et 1,84 m (272,08 m NGF) en aval.

Les résultats sont présentés en Figures 18 et 19.

- **Pour une crue décennale :**

Nous avons environ 35 cm de revanche (entre la ligne d'eau et le haut du bajoyer) à l'amont et environ 9 cm à l'aval.

- **Pour une crue trentennale :**

Nous avons environ 30 cm de revanche à l'amont et une surverse du bajoyer (de 3 cm) à l'aval.

Pour la crue trentennale, il faut rehausser les bajoyers à l'aval d'une quinzaine de centimètres en conservant une marge de sécurité.

6.2.4 DIMENSIONNEMENT DE LA FOSSE DE DISSIPATION

- **Pour une crue décennale :**

On obtient en pied du coursier une hauteur d'eau $y1$ de 0,58 m et une vitesse V de 10,9 m/s. Le nombre de Froude est alors égal à 4,6.

A partir du rapport des profondeurs conjuguées, on peut déterminer que $y2$ est égal à 3,71 m.

La longueur du bassin est estimée à 21,9 m.

La hauteur du seuil terminal correspond à 1,25 . $y1$ soit 0,73 m.

Le bassin à ressaut est présenté en Figure 20.

- **Pour une crue trentennale :**

On obtient en pied du coursier une hauteur d'eau $y1$ de 0,72 m et une vitesse V de 13,7 m/s. Le nombre de Froude est alors égal à 5,2.

A partir du rapport des profondeurs conjuguées, on peut déterminer que $y2$ est égal à 5,04 m.

La longueur du bassin est estimée à 30,7 m.

La hauteur du seuil terminal correspond à 1,25 . $y1$ soit 0,9 m.

Le bassin à ressaut est présenté en Figure 21.

Figure 18 : Dimensionnement du coursier pour la crue 10 ans.

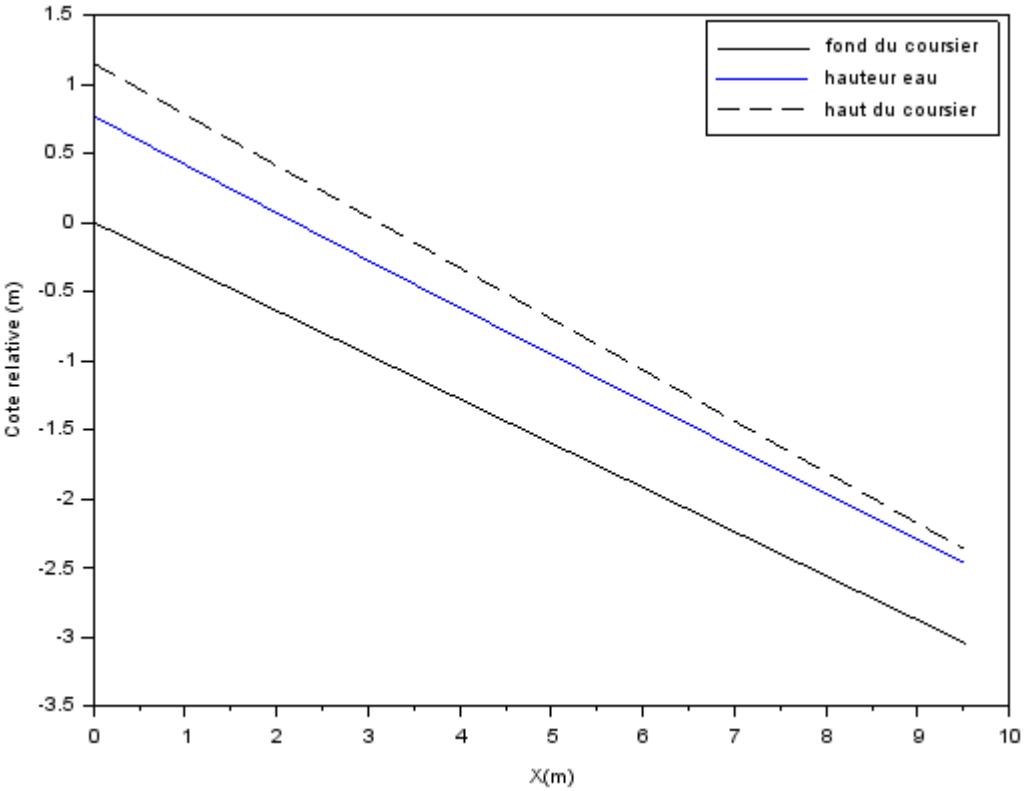


Figure 19 : Dimensionnement du coursier pour la crue 30 ans.

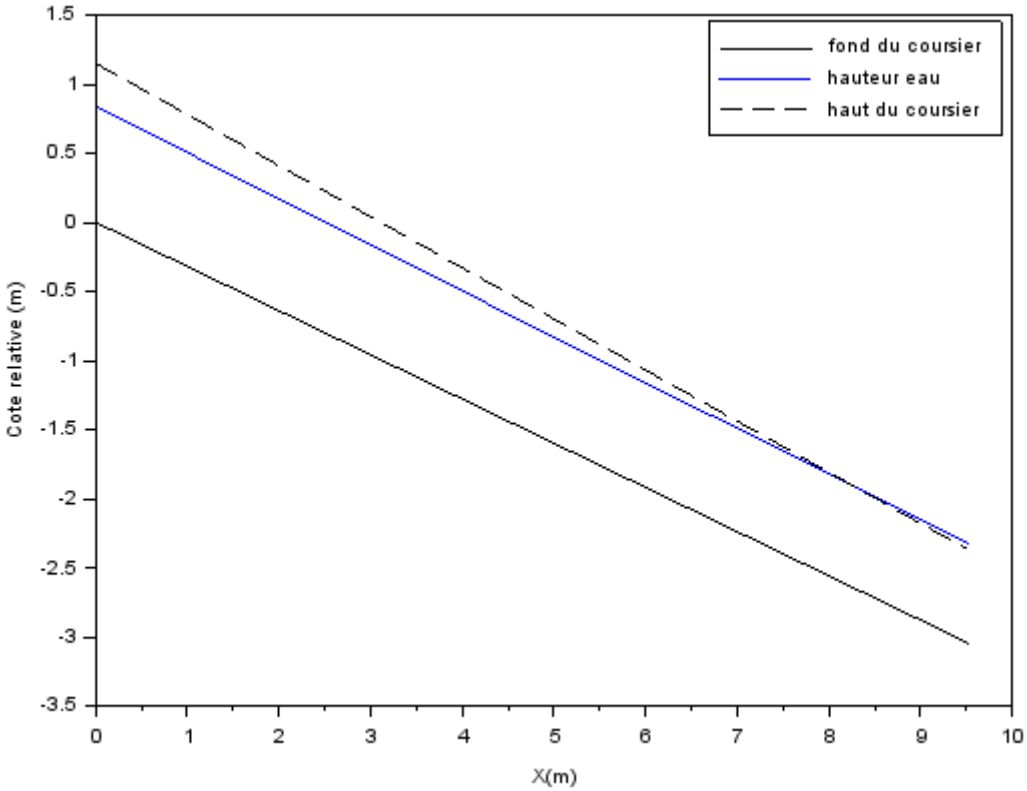


Figure 20 : Profil longitudinal du bassin de dissipation à ressaut (Q10).

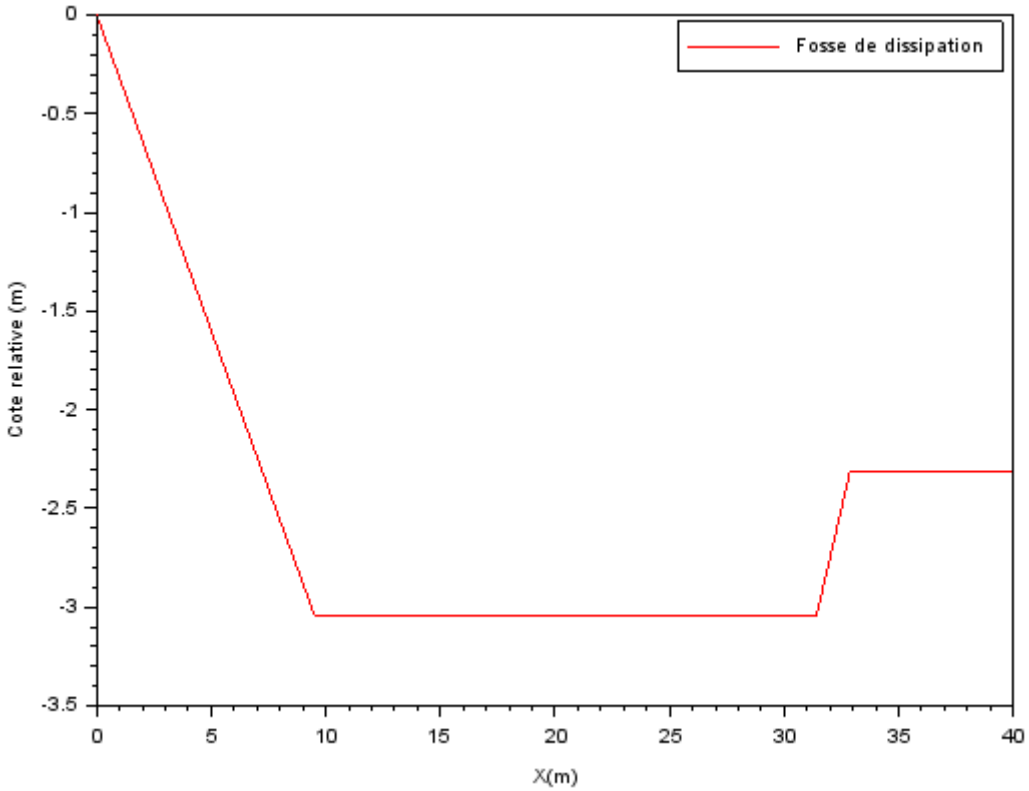
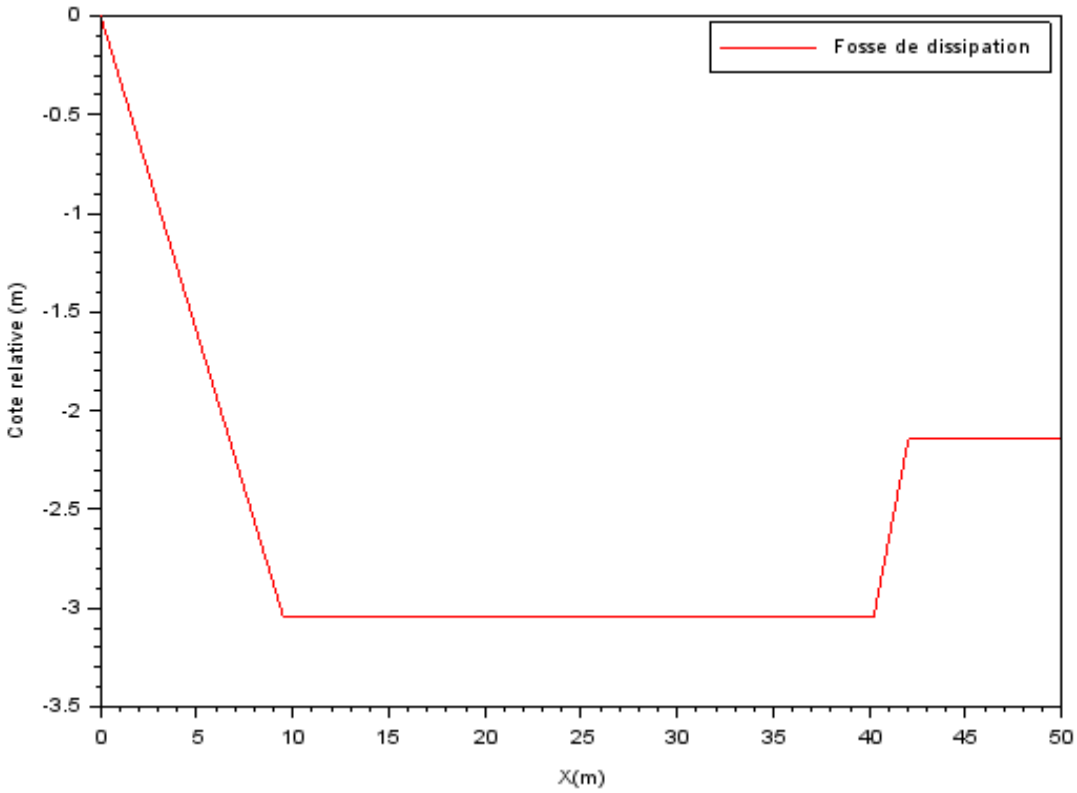


Figure 21 : Profil longitudinal du bassin de dissipation à ressaut (Q30).



7. SYNTHESE ET PRECONISATIONS

L'ouvrage du Moulin Carron est actuellement (2019) sous dimensionné pour une crue décennale.

L'ouvrage du Moulin Carron n'est pas classé en tant que barrage selon la réglementation en vigueur, ni en tant qu'aménagement hydraulique. C'est au Grand Lyon de définir le niveau de protection de l'ouvrage (crue décennale, trentennale, etc.).

Nous préconisons de reprendre a minima la fosse de dissipation.

Pour un niveau de protection décennale les travaux suivants sont préconisés :

- Reprise du seuil en seuil à section rectangulaire de 5 m de large ;
- Reprise du coursier (5 m de large et hauteur identique des bajoyers § 7.2.3)
- Reprise de la fosse de dissipation (21,9 m de long).

Pour un niveau de protection trentennale les travaux suivants sont préconisés :

- Reprise du seuil en seuil rectangulaire de 6,5 m de large ;
- Reprise du coursier (6,5 m de large et rehaussement des bajoyers de 15 cm) ;
- Reprise de la fosse de dissipation (30,7 m de long).

Réalisé par :
GéoPlusEnvironnement

Agence Sud-Est :

1 175 Route de Margès - 26 380 PEYRINS
Tél : 04 75 72 80 00 - Fax : 04 75 72 80 05
e-mail : geoplus@geoplus.fr

Siège Social / Agence Sud :

Le Château
31 290 GARDOUCH
Tél : 05 34 66 43 42 - Fax : 05 61 81 62 80
e-mail : geo.plus.environnement@orange.fr

Agence Centre et Nord :

2 rue Joseph Leber - 45 530 VITRY-AUX-LOGES
Tél : 02 38 59 37 19 - Fax : 02 38 59 38 14
e-mail : geo.plus.environnement2@orange.fr

Agence Ouest :

5 chemin de la Rôme - 49 123 CHAMPTOCE-SUR-LOIRE
Tél : 02 41 34 35 82 - Fax : 02 41 34 37 95
e-mail : geo.plus.environnement3@orange.fr

Agence Est :

7 rue du Breuil – 88200 REMIREMONT
Tél : 03 29 22 12 68 - Fax : 09 70 06 14 23
e-mail : geo.plus.environnement4@orange.fr

Antenne Afrique Centrale :

BP 831 – LIBREVILLE - GABON
Tél : (+241) 02 85 22 48
e-mail : geo.plus.environnement@orange.fr

Site Internet : www.geoplusenvironnement.com

GEO+ Environnement

Le sol - L'eau - L'environnement