



Ville de Francheville

EXTENSION DU CIMETIERE DES PINS

**Etude de gestion des eaux
pluviales**

Notice hydraulique

57441-01 | Juillet 2024 – v2 | DPA



	Immeuble Corner 97-101 Bd Vivier Merle 69003 Lyon Courriel : lyon@hydra.setec.fr T : 04 27 85 48 80		Directeur de Projet	DPO	
			Responsable d'affaire	DPA	
			N° Affaire	57441-01	
<i>Fichier: 57441_01_RAP_Notice_hydraulique_v2.docx</i>					
V.	Date	Etabli par	Vérfié par	Nb. pages	Observations / Visa
v1	Juin 2024	EPE	DPA	21	
v2	Juillet 2024	EPE	DPA	21	Ajustement des dimensions des fossés suite à la réunion du 05/07/24

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	5
2. DESCRIPTION DU PROJET	6
2.1 Aménagements	6
2.2 Localisation	7
2.3 Réseau et fonctionnement hydraulique actuel	8
2.3.1 Visite de terrain	8
2.3.2 Bassins versants	10
2.4 Subdivision du fossé périphérique en tronçons	11
2.5 Caractérisation des bassins versants	11
2.5.1 Paramètres géométriques et altimétriques	11
2.5.2 Coefficients de ruissellement	13
2.5.3 Temps de concentration	13
3. GESTION DES EAUX PLUVIALES.....	16
3.1 Pluviométrie et choix de l'événement pluvieux	16
3.2 Estimation des débits de pointe	17
3.2.1 Méthode rationnelle	17
3.2.2 Calcul des débits de pointe	17
3.3 Dimensionnement du fossé périphérique	19
3.3.1 Formule de Manning Strickler	19
3.3.2 Dimensions des fossés	19

TABLES DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de principe de gestion des eaux pluviales.....	6
Figure 2 : Localisation du cimetière des Pins	7
Figure 3 : Vue aérienne de l'extension du cimetière.....	7
Figure 4 : Photo de la route des Pins.....	8
Figure 5 : Muret au sud du cimetière	9
Figure 6 : Photo et plan du fossé existant.....	9
Figure 7 : Vue aérienne des bassins versants.....	10
Figure 8 : Subdivisions des fossés.....	11
Figure 9 : Définition des sous bassins versants.....	12
Figure 10 : Schéma de composition des temps de concentration	14
Figure 11 : Carte de répartition des pluviomètres	16
Figure 12 : Profil en long du fossé périphérique	21
Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants	13
Tableau 2 : Coefficients de ruissellement	13
Tableau 3 : Temps de concentration partiels.....	14
Tableau 4 : Temps de parcours (après itération)	15
Tableau 5 : Temps de concentration totaux.....	15
Tableau 6 : Coefficients de Montana du Grand Lyon	16
Tableau 7 : Débits de pointe par sous bassins versants	18
Tableau 8 : Débits de pointe des bassins versants cumulés pour T = 30 ans / 100 ans	18
Tableau 9 : Débits de pointe des bassins versants cumulés pour T = 100 ans	18
Tableau 10 : Caractéristiques géométriques des ouvrages.....	19
Tableau 11 : Synthèse du dimensionnement du fossé périphérique.....	20

1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

La Ville de Francheville (département du Rhône), assistée du bureau d'études Dynamic Concept (conception paysagère), a missionné entre septembre 2023 et mars 2024 le cabinet Diastrata pour la réalisation d'une étude d'aptitude des sols à l'infiltration des eaux pluviales sur le terrain prévu pour l'extension de son cimetière communal des Pins.

Une étude hydraulique complémentaire est commandée à setec Hydratec dans le but de dimensionner le **fossé périphérique** de drainage des eaux de ruissellement issues du bassin versant amont et de l'extension du cimetière vers le bassin de rétention – infiltration projeté.

Le rapport de cette étude décrit le contexte, les hypothèses prises en compte et le résultat du dimensionnement.

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1 AMENAGEMENTS

La gestion des eaux pluviales du projet sera effectuée par un bassin de rétention et d'infiltration situé au nord de l'extension du cimetière. Les eaux de ruissellement du bassin versant amont et de l'extension du cimetière seront acheminées jusqu'au bassin par un fossé périphérique longeant le projet d'aménagement au sud puis à l'est. La présente étude a pour objet le dimensionnement de ce fossé.

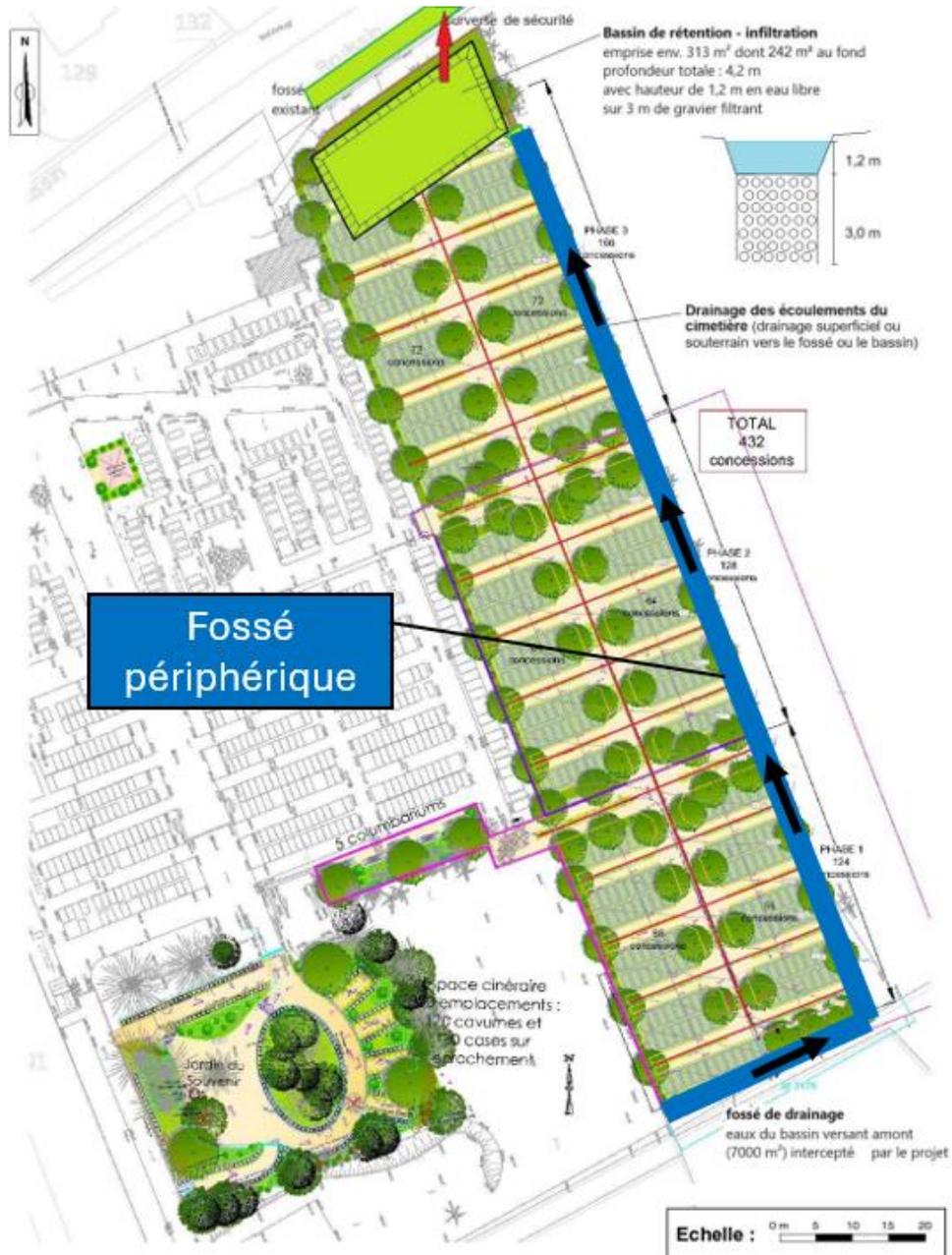


Figure 1 : Schéma de principe de gestion des eaux pluviales

2.2 LOCALISATION

Le projet se situe dans la commune de Francheville (69). L'extension du cimetière des Pins se situera à l'Est de ce cimetière. Ce dernier est localisé sur la route du Bruissin, à l'intersection avec le chemin des Pins.



Figure 2 : Localisation du cimetière des Pins

La zone de l'étude est délimitée par :

- au Nord par la route du Bruissin
- -au Sud par une zone boisée,
- à l'Est par une aire de loisirs communale et au-delà, à l'Est et au Sud-Est, par la propriété du Châtelard,
- à l'Ouest par l'actuel cimetière des Pins.



Figure 3 : Vue aérienne de l'extension du cimetière

2.3 RESEAU ET FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ACTUEL

2.3.1 Visite de terrain

Une visite de terrain a permis de préciser les contours du bassin versant impactant la zone d'étude, en mettant en évidence :

- L'interception des ruissellements par le chemin des Pins à l'Ouest



Figure 4 : Photo de la route des Pins

- L'absence de trace d'écoulements préférentiels au sein du bassin versant amont intercepté (zone boisée) ;
- L'interception partielle des ruissellements du bassin versant amont (zone boisée) par le muret d'enceinte du cimetière actuel et leur déviation vers la zone d'extension du cimetière ;
- La gestion indépendante des eaux pluviales du cimetière actuel ;
- L'interception par le fossé longeant le projet à l'Est des ruissellements du bassin versant au Sud-Est de la zone d'étude et leur drainage jusqu'au fossé le long de la route du Bruissin.



Figure 5 : Muret au sud du cimetière



Figure 6 : Photo et plan du fossé existant

2.3.2 Bassins versants

Afin de calculer les débits de pointe à gérer par le fossé périphérique, la détermination des bassins versants collectés est nécessaire. La zone d'étude est concernée par deux bassins versants :

- Le bassin versant amont (en marron ci-dessous) ;
- Le bassin versant du projet, c'est-à-dire l'extension du cimetière (en jaune ci-dessous).

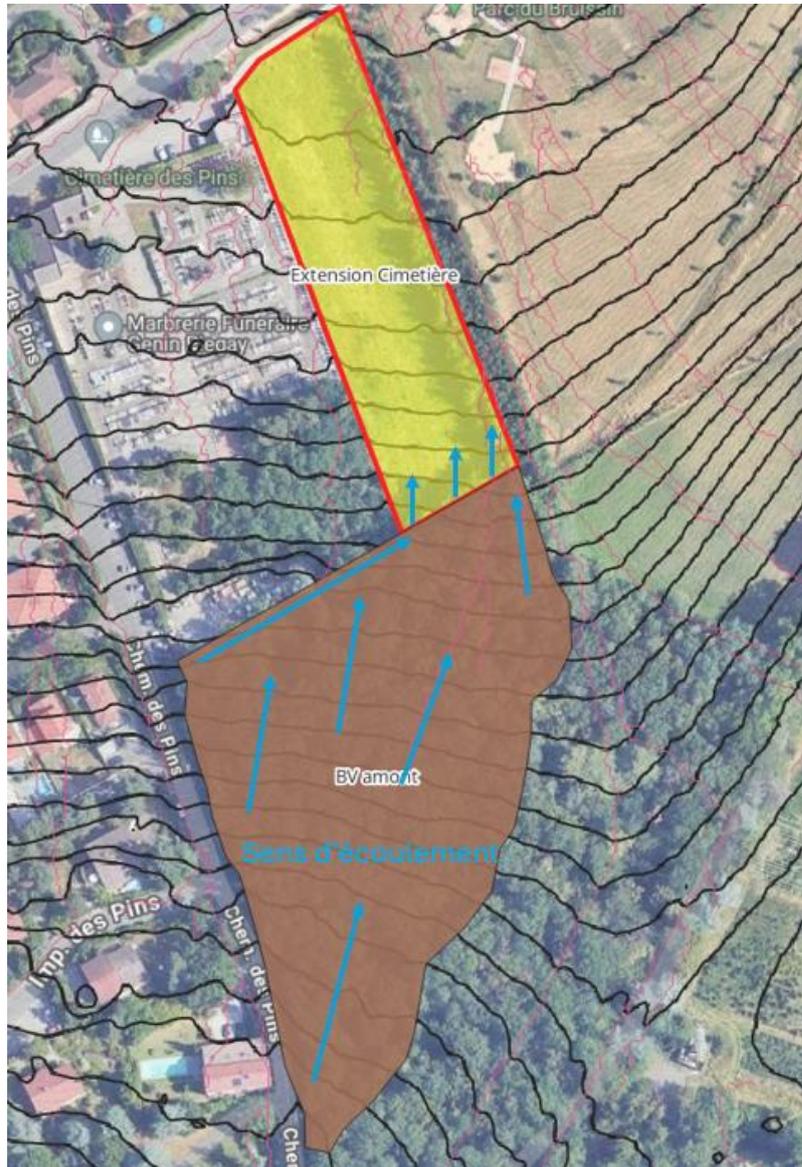


Figure 7 : Vue aérienne des bassins versants

2.4 SUBDIVISION DU FOSSE PERIPHERIQUE EN TRONÇONS

Pour un dimensionnement optimal, le fossé sera divisé en 4 tronçons. Les tronçons sont représentés sur la figure ci-dessous :



Figure 8 : Subdivisions des fossés

2.5 CARACTERISATION DES BASSINS VERSANTS

2.5.1 Paramètres géométriques et altimétriques

Le bassin versant du projet est divisé en sous-bassins versants (SBV), comme indiqué sur la figure ci-après :



Figure 9 : Définition des sous bassins versants

Ces sous bassins versants sont définis selon le phasage du projet :

- Le SBV_1 est drainé par des tranchées drainantes jusqu'à un exutoire unique dans le fossé périphérique situé au point Nord-Est de ce SBV. Il correspond à la phase 1 du plan de masse de Dynamic Concept. (fond de plan utilisé ci-dessus) ; ce SBV est en déblai par rapport au terrain naturel ;
- Le SBV_2 est drainé par des tranchées drainantes situées sous chaque allée de la phase 2 du projet, et raccordées séparément au fossé périphérique ;
- Le SBV_3 correspond à la phase 3 du projet, avec une collecte et un rejet des eaux pluviales similaires à ceux de la phase 2.

Les caractéristiques des sous bassins versants sont renseignées dans le tableau ci-dessous :

	Surface (ha)	Longueur (ml)	delta altitude (m)	pente (m/m)
BV amont	1.24	200	18.8	0.094
SBV_1	0.15	65	4.5	0.069
SBV_2	0.19	71	4.0	0.057
SBV_3	0.15	78	2.8	0.036

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants

Nota : la superficie du BV amont a été évaluée à partir de la base de données topographiques RGE Alti ; elle s'avère supérieure à celle qui a été évaluée dans le cadre de l'étude d'aptitude des sols à l'infiltration des eaux pluviales du cabinet Diatrata. Le cheminement des écoulements du BV amont n'étant pas maîtrisé topographiquement, le fossé périphérique sera par sécurité dimensionné en retenant les surfaces de bassin versant ci-dessus. Le bassin de rétention – infiltration sera donc par ailleurs susceptible de collecter un bassin versant global plus important que prévu lors de son dimensionnement. La **surverse de sécurité** prévue en direction du fossé existant le long de la route du Bruissin pour gérer des phénomènes météorologiques supérieurs aux pluies de référence prises en compte pourra être mobilisée le cas échéant sans remettre en cause l'acceptabilité du rejet par la Métropole de Lyon.

2.5.2 Coefficients de ruissellement

Les coefficients de ruissellement retenus dans le cadre de l'étude d'aptitude des sols à l'assainissement pluvial seront utilisés dans cette étude également, soient :

Zone considérée	Coefficient de ruissellement
BV amont boisé, pente >5%, sol peu perméable	0.20
Extension du cimetière	0.57

Tableau 2 : Coefficients de ruissellement

2.5.3 Temps de concentration

a) Méthode

Les bassins versants de l'étude sont en série, ainsi le calcul du temps de concentration s'effectue selon la méthode suivante :

Bassins de tête :

Calcul de t_c sur la base de la géométrie du bassin versant et des corrélations usuelles

Bassins de parcours :

Temps de concentration pris égal au maximum des temps de concentrations et des temps de parcours des écoulements amont qui parviennent à son exutoire

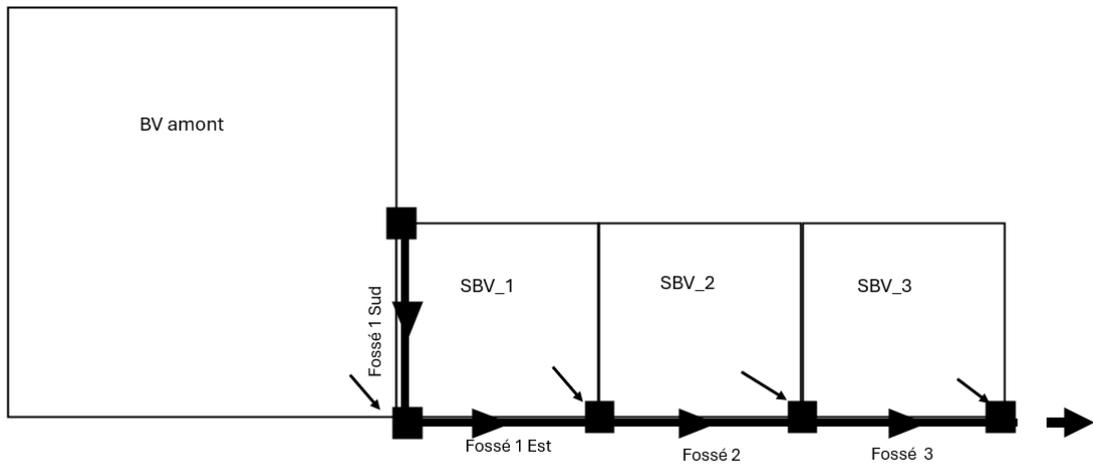


Figure 10 : Schéma de composition des temps de concentration

Par exemple le temps de concentration à l'exutoire du SBV_1 sera pris égal à :

$t_{c_eq_SBV1} = \max$ des 2 termes suivants :

$$t_{c_SBV_amont} + t_{p_fossé_1_Est} (= \text{Longueur}_{fossé_1_Est} / \text{vitesse}_{fossé_1_Est})$$

$$t_{c_SBV1}$$

b) Temps de concentration partiels

Le temps de concentration est déterminé par une moyenne des valeurs homogènes issues de différentes formules d'estimation de cette durée. Ces formules sont :

- Desbordes
- Passini
- Dujardin
- Ventura

	Tc Desbordes (min)	Tc Passini (min)	Tc Dujardin (min)	Tc Ventura (min)	Tc moyen (min)
BV amont	5.3	2.4	4.6	2.1	3.6
SBV_1	2.3	1.1	2.1	1.1	1.7
SBV_2	2.7	1.4	2.6	1.4	2.0
SBV_3	3.0	1.7	3.0	1.6	2.3

Tableau 3 : Temps de concentration partiels

c) Temps de parcours

Les temps de parcours sont les durées nécessaires à une goutte pour aller d'un bout à l'autre d'une canalisation.

La vitesse d'écoulement nécessaire à ce calcul, s'obtient grâce à la relation de Manning Strickler :

$$V = K_s * R_h^{\frac{2}{3}} * S_0^{\frac{1}{2}}$$

Avec :

K_s Le coefficient de Strickler

R_h Le rayon hydraulique (m)

S_0 La pente du fossé (m/m)

Le calcul de la vitesse nécessite d'intuiter une géométrie de fossé, une fois la géométrie finale fixée les calculs sont réitérés avec la géométrie et donc la vitesse d'écoulement exacte.

	Longueur fossé (ml)	Pente fossé (m/m)	Rayon hydraulique mouillé (ml)	Vitesse écoulement (m/s)	Tp (min)
Fossé 1 Est	39	0.083	0.06	2.7	0.2
Fossé 2	44	0.066	0.14	1.4	0.5
Fossé 3	48	0.032	0.18	1.1	0.7

Tableau 4 : Temps de parcours (après itération)

d) Temps de concentration globaux

Le tableau ci-dessous présente les temps de concentration maximum totaux des bassins versants cumulés :

	Tc (min)	Tp (min)	Tc_total (min)	Tc_retenu (min)
BV amont	4.4	0.0	4.4	6
BV amont + SBV_1 + SBV_2	4.4	0.8	5.1	6
BV amont + SBV_1 + SBV_2 + SBV_3	4.4	1.5	5.8	6

Tableau 5 : Temps de concentration totaux

Nota : la limite inférieure d'application de la formule de Montana est 6 minutes. Dans les cas où l'application des formules donne un temps de concentration inférieur à 6 minutes, il sera appliqué par défaut un temps de concentration (TC) minimal de 6 minutes pour le calcul de l'intensité pluviométrique relatif à la surface du projet.

3. GESTION DES EAUX PLUVIALES

3.1 PLUVIOMETRIE ET CHOIX DE L'ÉVÉNEMENT PLUVIEUX

La Métropole de Lyon dispose depuis 1985 d'un réseau de 31 pluviomètres répartis sur l'ensemble de son territoire. Ces pluviomètres couvrent chacun un rayon d'environ 4km².

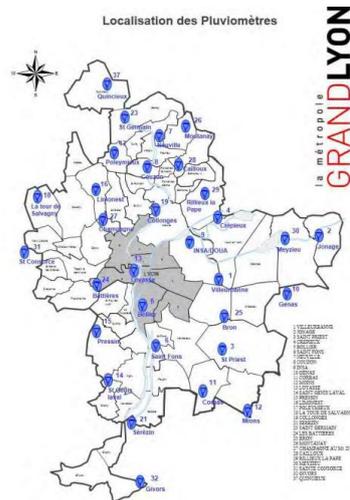


Figure 11 : Carte de répartition des pluviomètres

Les coefficients de Montana ont été calculés à partir des données de ces 31 pluviomètres et sur une période de 33 années (1987 à 2019).

Période de retour	Pluie de 6 mn à 30 mn		Pluie de 30 mn à 1 jour	
	a	b	a	b
1 mois	0.637	0.464	1.485	0.674
2 mois	1.200	0.513	2.194	0.662
3 mois	1.613	0.534	2.652	0.657
6 mois	2.461	0.563	3.573	0.657
1 an	3.216	0.565	4.733	0.667
2 ans	3.960	0.560	6.224	0.682
3 ans	4.504	0.556	7.427	0.692
5 ans	5.002	0.555	8.426	0.697
10 ans	5.767	0.553	10.000	0.704
20 ans	7.049	0.544	13.772	0.728
30 ans	7.694	0.548	14.606	0.725
50 ans	8.473	0.552	15.598	0.721
100 ans	9.480	0.556	16.857	0.716

Tableau 6 : Coefficients de Montana du Grand Lyon

En cohérence avec l'étude d'aptitude des sols à l'assainissement pluvial, les périodes de retour des pluies de projet à gérer seront les suivantes :

- 100 ans pour les sous-bassins versants correspondant à l'extension du cimetière ;
- 30 ans pour la partie du bassin versant amont intercepté par le projet.

L'intensité de la pluie est obtenue à partir des coefficients de Montana et de la durée de l'épisode pluvieux t, selon la formule :

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

Avec :

i En mm/min

t en min

a et b Les coefficients de Montana donnés ci-dessus.

3.2 ESTIMATION DES DEBITS DE POINTE

3.2.1 Méthode rationnelle

La méthode rationnelle permet d'évaluer le débit de pointe (ou débit maximal) d'un bassin versant pour une précipitation donnée.

Les hypothèses prises en compte pour cette méthode sont que :

- La pluie considérée est constante et uniforme sur l'ensemble du bassin versant ;
- La durée de la pluie est égale au temps de concentration ;
- Le coefficient de ruissellement est considéré comme constant.

Elle est particulièrement adaptée à des bassins versants :

- De taille inférieure à 250 ha ;
- Une pente moyenne supérieure ou égale à 0.5%.

Selon cette approche, si on considère une pluie de durée supérieure à t_c , pour un bassin versant de surface A et dont le coefficient de ruissellement est considéré comme constant, le débit de pointe à l'exutoire est donné par :

$$Q_p(T) = \frac{C \cdot i(t_c, T) \cdot A}{6}$$

Q_p : Débit maximal à l'exutoire de période de retour T (en m³/s)

$i(t_c, T)$: intensité moyenne maximale sur la durée t_c pour une pluie de période de retour T (en mm/min)

A : superficie du bassin versant (ha)

C : coefficient de ruissellement

Les conditions d'utilisation de cette méthode étant réunies pour les bassins versants de l'étude, les calculs de débits de pointe seront calculés grâce à cette méthode.

3.2.2 Calcul des débits de pointe

D'après la méthode rationnelle, les débits de pointe générés par les sous bassins versants de l'étude sont les suivants :

	BV amont	SBV 1	SBV 2	SBV 3
Surface (ha)	1.24	0.15	0.19	0.15
Coefficient de ruissellement	0.20	0.57	0.57	0.57
Temps de concentration (min)	6	6	6	6
Période de retour (année)	30	100	100	100
Intensité (mm/min)	2.88	3.50	3.50	3.50
Débit (m3/s)	0.119	0.048	0.064	0.050

Tableau 7 : Débits de pointe par sous bassins versants

Au global, les tronçons de fossés doivent pouvoir écouler les débits de pointe associés aux bassins versants cumulés associés à chacun d'eux, c'est-à-dire les débits de projet suivants :

	Fossé 1	Fossé 2	Fossé 3
Bassins versants cumulés	BV amont	BV amont + SBV 1 + SBV 2	BV amont + SBV 1 + SBV 2 + SBV 3
Débit de projet T=30 ans / 100 ans (m3/s)	0.119	0.231	0.281

Tableau 8 : Débits de pointe des bassins versants cumulés pour T = 30 ans / 100 ans

En considérant la période de retour de 100 ans pour l'ensemble des bassins versants, les débits de projet deviennent les suivants :

	Fossé 1	Fossé 2	Fossé 3
Bassins versants cumulés	BV amont	BV amont + SBV 1 + SBV 2	BV amont + SBV 1 + SBV 2 + SBV 3
Débit de projet T=100 ans (m3/s)	0.145	0.257	0.307

Tableau 9 : Débits de pointe des bassins versants cumulés pour T = 100 ans

NB : La somme des débits de pointe des différentes bassins versants (sans composition des paramètres des bassins versants) est ici acceptable car les temps de concentration retenus à chaque exutoire sont identiques. De plus, cette hypothèse est conservative.

3.3 DIMENSIONNEMENT DU FOSSE PERIPHERIQUE

3.3.1 Formule de Manning Strickler

Pour dimensionner le fossé périphérique où l'écoulement se fait à surface libre, la méthode utilisée repose sur la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K \times S \times Rh^{2/3} \times \sqrt{i}$$

Avec :

- Q = débit à faire transiter dans le réseau (en m³/s) ;
- K = coefficient de Manning-Strickler (ou de rugosité) en m^{1/3}/s ;
- S = section du réseau en m² ;
- Rh = rayon hydraulique en mètre (rapport de la section du réseau et du périmètre mouillé) ;
- i = pente du réseau (en m/m).

Les eaux pluviales seront collectées par un fossé trapézoïdal ou triangulaire. Les formules du rayon hydraulique et de la surface sont précisées ci-dessous.

Surface S		$S = m.h^2$	$S = bh + m.h^2$	$S = Bh - \frac{(B-b)^2}{4m}$	$S = \frac{D^2}{4}(\delta - \sin \delta \cos \delta)$	$S = Dh + D^2 \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{2} \right)$
Périmètre mouillé P		$P = 2h\sqrt{1+m^2}$	$P = b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$P = 2h + b + \frac{(B-b)(\sqrt{1+m^2}-1)}{m}$	$P = D\delta$	$P = 2h + D \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right)$
Rayon Hydraulique R _h		$Rh = \frac{mh}{2\sqrt{1+m^2}}$	$Rh = \frac{bh + mh^2}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$Rh = \frac{S}{P}$	$Rh = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin \delta \cos \delta}{\delta} \right)$	$Rh = \frac{S}{P}$
Largeur B		$B = 2mh$	$B = b + 2mh$	B	$B = D \sin \delta$	$B = D$
Profondeur hydraulique D _h		$Dh = \frac{h}{2}$	$Dh = \frac{bh + mh^2}{b + 2mh}$	$Dh = \frac{S}{B}$	$Dh = \frac{D(\delta - \sin \delta \cos \delta)}{4 \sin \delta}$	$Dh = \frac{S}{B}$
S.y _G		$Sy_G = \frac{mh^3}{3}$	$Sy_G = \left(\frac{b}{2} + \frac{mh}{3} \right) h^2$	$Sy_G = \frac{Bh^2}{2} - \frac{h(B-b)^2}{4m} + \frac{(B-b)^3}{24m^2}$	$Sy_G = \frac{D^3}{8} \left(\sin \delta - \frac{\sin^3 \delta}{3} - \delta \cos \delta \right)$	$Sy_G = \frac{D}{2} \left(h - \frac{D}{2} \right)^2 + \frac{\pi D^2}{8} \left(h - \frac{D}{2} \right) + \frac{D^3}{12}$

Tableau 10 : Caractéristiques géométriques des ouvrages

3.3.2 Dimensions des fossés

Les fossés auront les typologies suivantes :

- Le fossé 1 (sud et est) étant en crête de déblai, il sera en béton afin d'être étanche et éviter que les eaux de ruissellement ne s'infiltrent dans le talus de déblai et ne déstabilisent ce dernier ; son profil en travers sera **trapézoïdal**, avec une profondeur de 0.50 m et une emprise totale de 1.50 m (profil type fournisseur) ; son profil en long suivra celui du terrain naturel.

- Les fossés 2 et 3 étant calés en profil rasant (et calés en-dessous de la plate-forme du projet) , ils seront végétalisés mais leur fond sera tapissé d'enrochements afin de prévenir toute érosion (en lien avec leur pente > 3%) ; leur profil en travers sera **triangulaire**, avec une profondeur adaptée à la profondeur des rejets des EP des SBV 2 et 3 (0.30 m) ; leur profil en long suivra celui du terrain naturel.

Une chute sera aménagée au droit de la transition entre le fossé 1 Est et le fossé 2, et protégée par des enrochements.

Le tableau suivant synthétise le dimensionnement des tronçons de fossé en terme de **profondeur** et indique la **hauteur d'eau** atteinte pour le débit de projet pour chaque tronçon :

	Fossé 1 Sud	Fossé 1 Est	Fossé 2	Fossé 3
Longueur du tronçon (m)	33.30	39.00	43.50	47.50
cote amont TN (mNGF)	284.20	282.00	278.75	275.90
cote aval TN (mNGF)	282.00	278.75	275.90	274.42
pente TN (m/m)	0.066	0.083	0.066	0.031
cote fil d'eau amont (mNGF)	283.70	281.50	277.75	274.90
cote fil d'eau aval (mNGF)	281.50	278.25	274.90	273.42
profondeur fossé (m)	0.50	0.50	1.00	1.00
pente fossé (m/m)	0.066	0.083	0.07	0.03
Hauteur d'eau (m)	0.10	0.10	0.50	0.60
Largeur en fond de fossé (m)	0.50	0.50	0.00	0.00
fruit berge (H/V)	1.00	1.00	1.00	1.00
Coefficient de Strickler (rugosité)	60	60	20	20
Aire mouillée (m ²)	0.06	0.06	0.25	0.36
Périmètre mouillé (m)	0.78	0.78	1.41	1.70
Rayon hydraulique (m)	0.08	0.08	0.18	0.21
Largeur au miroir (m)	1.10	1.10	2.00	2.00
Débit capable (m3/s)	0.167	0.188	0.403	0.452
Débit de projet T = 30 ans / 100 ans (m3/s)	0.119	0.119	0.231	0.281
Débit de projet T = 100 ans (m3/s)	0.145	0.145	0.257	0.307

Tableau 11 : Synthèse du dimensionnement du fossé périphérique

Les rejets des drains des SBV 2 et 3 sont bien hors d'eau puisque une hauteur libre (entre la ligne d'eau et le terrain naturel) de 0.50 m pour le fossé 2 et de 0.40 m pour le fossé 3 est disponible.

On constate par ailleurs que les dimensions des fossés proposées sont compatibles avec les débits de projet calculés pour la période de retour de 100 ans pour l'ensemble des bassins versants considérés. **Cela signifie qu'un évènement centennal est géré sans débordement par les fossés projetés.**

Le profil en long du fossé périphérique résultant de ce dimensionnement est tracé en suivant :

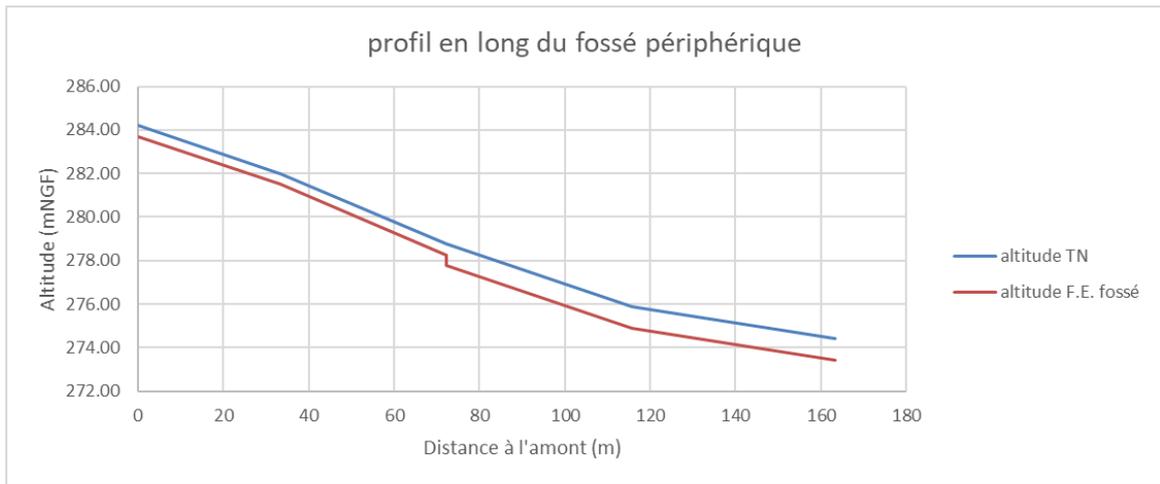


Figure 12 : Profil en long du fossé périphérique

On notera que la côte d'arrivée du fossé dans le bassin de rétention est supérieure aux niveaux des plus hautes eaux du bassin.