

Dimensionnement d'un réseau pluvial dans une ZAC et alternative

CORRIGÉ

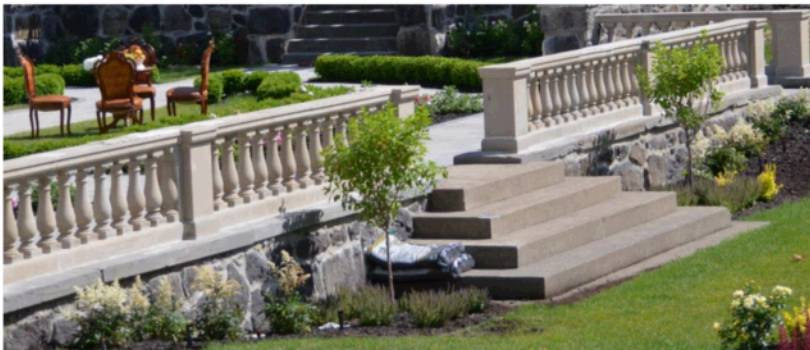
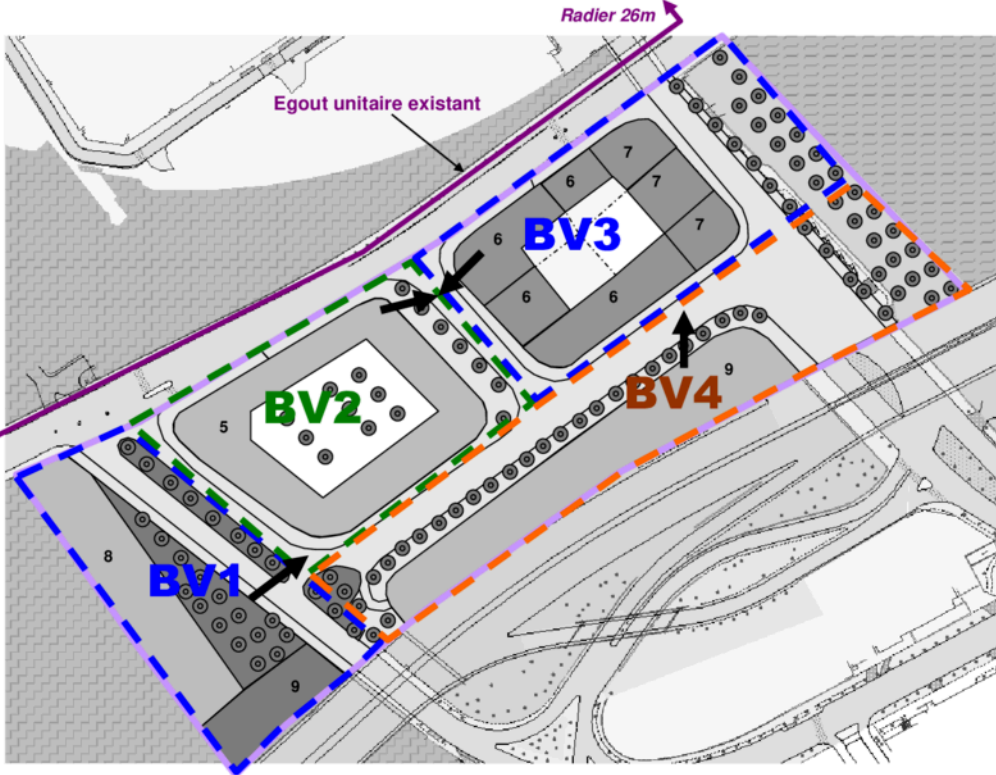
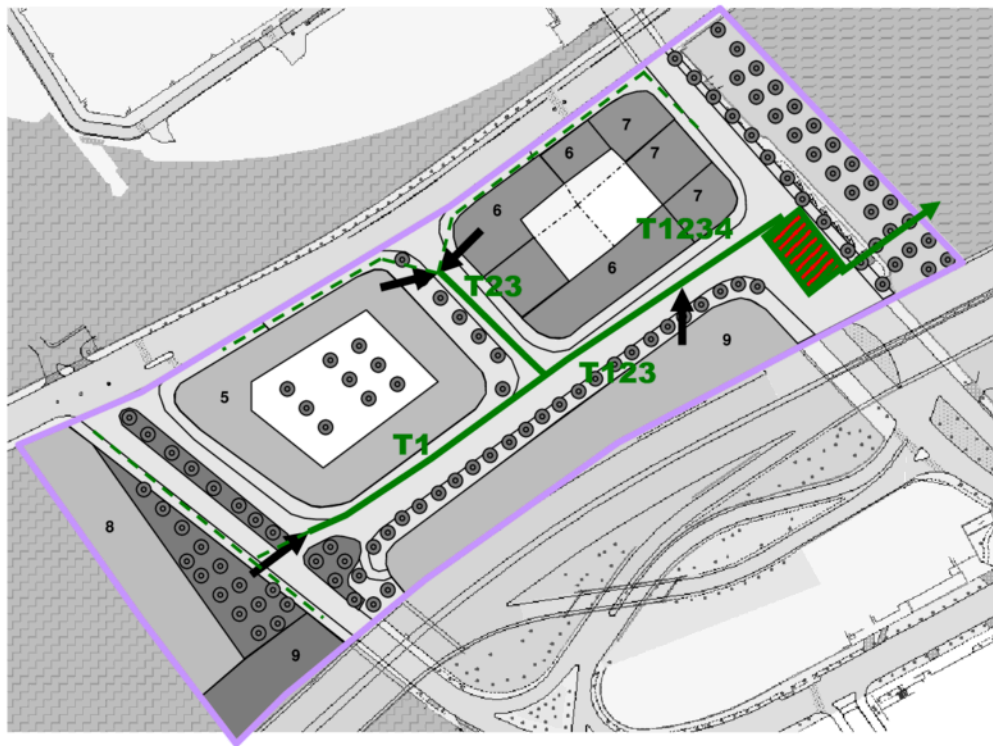


Photo d'un BOULIGRIN au Québec (© int.design)



ZAC du BORD DE SEINE – plan masse pour implantation des bassins versants

0 100 200 300



ZAC du BORD DE SEINE – plan masse pour implantation des ouvrages de collecte d'eau pluviale



QUESTION 1

Ce corrigé propose un découpage en bassins versants. Les bassins BV2 et BV3 sont en parallèle. Le bassin résultant sera en parallèle avec le bassin BV1. Le bassin résultant sera en série avec le bassin B4.

On calcule les surfaces sur le plan une fois tracé les bassins versants.

Pour le coefficient d'imperméabilisation On peut faire le calcul pour le BV1 qui possède quelques espaces verts :

	C	S(m²)	CS	C résultant
bati	0,9	4 310	3 879	
voirie	0,95	3 250	3 088	
jardin	0,25	2 940	735	
total		10 500	7 702	0,73

Pour le bassin BV3 on peut prendre 0,95 du fait qu'il est entièrement imperméabilisé.

Pour les bassins BV2 et BV4 on peut prendre 0,9 de par la présence de quelques arbres.

On obtient les surfaces et les coefficients suivants :

	A (ha)	C
BV1	1,05	0,73
BV2	1,235	0,9
BV3	1,53	0,95
BV4	1,565	0,9
total	5,225	

On peut proposer une implantation du réseau au plus court tout en restant sous espace public. Ce réseau est constitué de 4 tronçons majeurs représentés dans le plan et a pour exutoire le décanteur lamellaire et le rejet en Seine. Les caniveaux servant à la collecte des eaux de voirie sont représentés en pointillés et se rejettent de préférence dans des avaloirs situés à proximité des exutoires des BV (flèches noires).

QUESTION 2

On calcule les coefficients de Caquot à l'aide des formules du cours :

$$K = \left(\frac{a \times 0,5^{-b}}{6,6} \right)^{\frac{1}{1-0,287 \times b}} \quad \alpha = \frac{0,41 \times b}{1-0,287 \times b} \quad \beta = \frac{1}{1-0,287 \times b} \quad \gamma = \frac{-0,507 \times b + 0,95}{1-0,287 \times b}$$

Soit $K=4,45$, $\alpha=0,39$, $\beta=1,27$ et $\gamma=0,72$

La formule de Caquot s'écrit :

$$Q = K \times I^{\alpha} \times C^{\beta} \times A^{\gamma} \times m$$

Il faut donc faire un tableau avec ces variables pour chaque bassin versant initial et dérivé. Pour le coefficient m on prendra la formule :

$$m = \left(\frac{E}{2} \right)^{-0,7b} = \left(\frac{L}{2\sqrt{A}} \right)^{-0,7b}$$

Pour les bassins versants initiaux, on calcule les pentes avec les données topographiques les plus proches données par le plan, car on essaye de suivre la pente du terrain nature. Pour les longueurs du plus grand parcours (L) on prendra pour les bassins versants initiaux, la plus grande longueur dans la parcelle jusqu'à l'exutoire matérialisé par une flèche noire. On peut ainsi calculer les débits aux exutoires :

	A (ha)	C	I	L(m)BV	E	m	Q _p (m ³ /s)
BV1	1,05	0,73	0,018	120	1,171	1,330	0,834
BV2	1,235	0,9	0,033	130	1,170	1,331	1,543
BV3	1,53	0,95	0,035	170	1,374	1,222	1,805
BV4	1,565	0,9	0,026	200	1,599	1,127	1,397

QUESTION 3

$L(Q_{pjmax})$ est la longueur du bassin versant ayant le plus grand débit de pointe

	Aeq	Ceq	Ieq	Eeq		Aeq	Ceq	Ieq	Eeq
Parallèle	$\sum A_j$	$\frac{\sum C_j A_j}{\sum A_j}$	$\frac{\sum I_j Q_{pj}}{\sum Q_{pj}}$	$\frac{L(Q_{pjmax})}{\sqrt{\sum A_j}}$	série	$\sum A_j$	$\frac{\sum C_j A_j}{\sum A_j}$	$\left[\frac{\sum I_j}{\sum \frac{L_j}{\sqrt{A_j}}} \right]^2$	$\frac{\sum L_j}{\sqrt{\sum A_j}}$

Avec les transformations pour bassins versant en parallèle ou en série, on peut calculer les caractéristiques des bassins versant résultants associés aux tronçons :

- Le tronçon T1 ne reprenant que BV1 on reporte les données de la question 2.
- Le tronçon T23 reprend les eaux des BV2 et BV3 mis en parallèles dans le bassin versant résultant BV23
- Le tronçon T123 reprend les eaux des BV1 et BV23 mis en parallèles dans le bassin versant résultant BV123
- Le tronçon T1234 reprend les eaux des BV123 et BV4 mis en séries dans le bassin versant résultant BV1234

Une fois les caractéristiques des bassins versant résultants sont calculées, on peut estimer les débits de pointe, toujours avec la formule de Caquot, dans les 4 tronçons :

	Aeq (ha)	Ceq	Ieq	Leq	Eeq	m	$Q_p(m^3/s)$
BV1	1,05	0,73	0,018	120	1,171	1,330	0,819
BV23	2,765	0,93	0,034	170	1,022	1,430	3,115
BV123	3,815	0,87	0,031	170	0,870	1,559	3,804
BV1234	5,38	0,88	0,028	370	1,595	1,128	3,428

On dimensionne les tronçons en calculant le diamètre théorique avec la formule de Manning Strickler (écoulement libre) :

$$Q = S_{mouillé} v = K S_{mouillé} R^{2/3} I^{1/2}$$

avec le Rayon hydraulique $R = S_{mouillé} / P_{mouillé}$

Comme on cherche la dimension théorique des tronçons circulaires pour la pluie décennale, on a donc $R=\emptyset/4$ et $S_{mouill\acute{e}}=\pi\emptyset^2/4$. En remplaçant R et $S_{mouill\acute{e}}$ par leurs valeurs en fonction de \emptyset dans la formule de Manning Strickler, on peut calculer le diamètre théorique :

$$\emptyset = \left(\frac{4^{\frac{5}{2}} Q}{K\pi\sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

On calcule le diamètre théorique pour la pluie 10 ans,

	Aeq (ha)	Ceq	leq	Leq	Eeq	m	Q	L tronçon	Øtheor (m)	Øchoix(mm)
BV1	1,05	0,73	0,018	120	1,171	1,330	0,819	130	0,961	1000
BV23	2,765	0,93	0,034	170	1,022	1,430	3,115	70	1,402	1500
BV123	3,815	0,87	0,031	170	0,870	1,559	3,804	70	1,541	1600
BV1234	5,38	0,88	0,028	370	1,595	1,128	3,428	60	1,510	1600

On prend $K=70$ comme préconisé dans l'instruction technique de 1977. On choisit le diamètre supérieur dans le catalogue (en annexe) on trouve du Ø1000 pour le tronçon T1, Ø1500 pour le tronçon T23 et Ø1600 pour les 2 autres tronçons.

Vérification de l'écoulement fluvial :

Pour le calcul du nombre de Froude, comme les diamètres choisis sont proches des diamètres théoriques, on peut assimiler la hauteur h avec le diamètre :

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

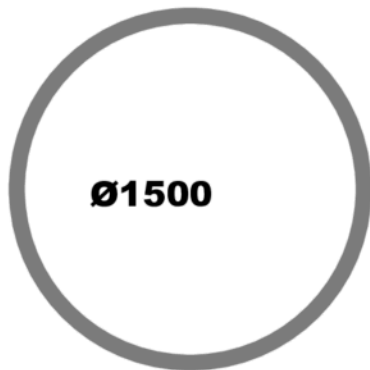
	v	Fr
T1	1,04	0,34
T23	2,02	0,57
T123	2,47	0,67
T1234	2,23	0,61

On est bien en écoulement de type fluvial ($F_r < 1$) et des vitesses comprises entre 0,6 et 3 m/s.

Estimation de l'investissement :

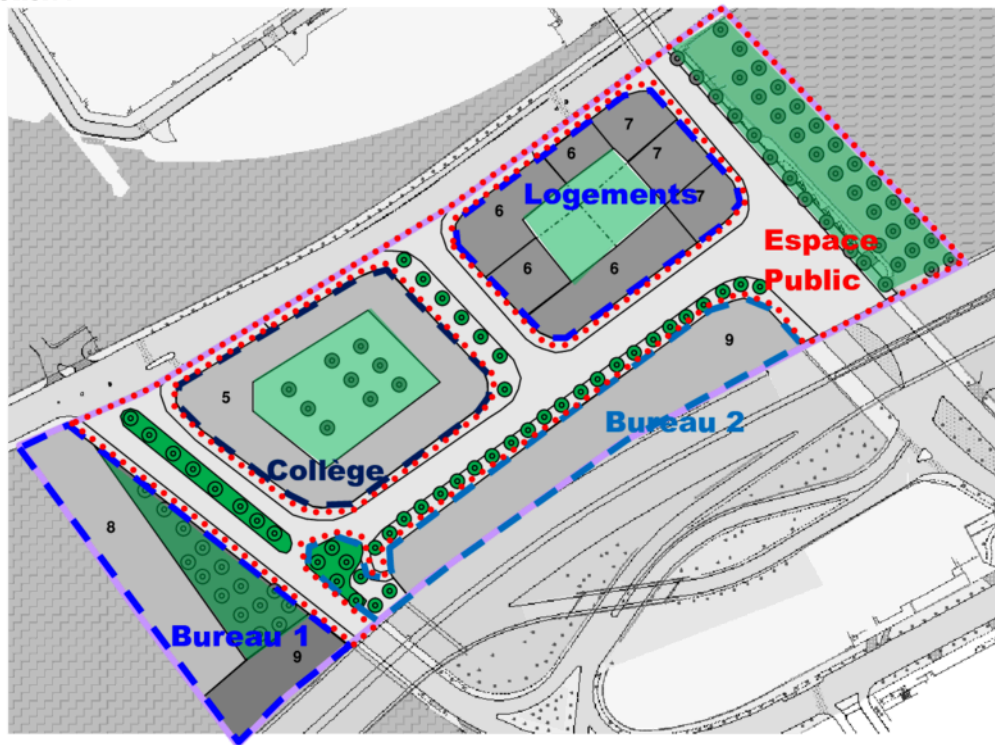
	longueur (m)	prix unitaire	prix HT
Ø1000	130	4 800	624 000
Ø1500	70	7 500	525 000
Ø1600	130	7 500	975 000
Traitement			8 000 000
TOTAL			10 124 000

A noter qu'à Paris, le Service en charge de l'assainissement préfèrent installer des Ovoïdes plutôt que des canalisations circulaires. Cela permet, pour des sections équivalentes de rendre l'égout accessible aux égoutiers et aux réseaux d'adduction d'eau et de télécommunication. Les figures ci-dessous montrent cette équivalence pour un Ø1500 :



Ovoïde





ZAC du BORD DE SEINE – Redécoupage foncier des BV et définition des espaces libres convertis en jardins de pluie

0 100 200 300

Selon la formule de Sherman-Montana ($h=at^{1-b}$), la hauteur précipitée de la pluie décennale de durée 4 heures est de **46mm**. Ce qui permet d'estimer les volumes précipités pour chaque BV redéfini sur les parcelles foncières, par conformité avec les articles 640 et 641 du Code Civil. Et en considérant que toute la pluie y est collectée, les caractéristiques des jardins de pluie sont définies :

BV	Surface collecte (m²)	Volume à stocker (m³)	Espaces libres convertis	Surface Jardin de pluie (m²)	Profondeur moyenne (m)
Espace public	24 435	1 125,7	Arbres de pluie et noues	2 230	0,50
Bureaux 1	7 200	331,7	Jardin triangle	1 925	0,17
Bureaux 2	5 750	264,9	Jardin attenant à l'amont	700	0,38
Collège	8 715	401,5	Cour oasis	2 730	0,15
Logements	7 700	354,7	Jardin dans la cour	1 750	0,20

Les hauteurs moyennes des stockages des jardins de pluie ne dépassent pas 40cm, comme ce qui est prescrit dans la pratique.

Piste d'amélioration : pour réduire la profondeur de stockage, il peut être utile d'implanter des revêtements poreux dans l'espace public, et des toitures végétalisées sur le bâti.

Pour l'ensemble de la ZAC, la surface totale des jardins de pluie est estimée à 9 335 m². Si on considère la fourchette haute des ratios concernant les jardins de pluie (300 €/HT), cela fait un coût d'investissement limité à 2 800 000 €/HT.