

Département du Doubs
COMMUNE DE SAINTE-MARIE



AMÉNAGEMENT
DU
QUARTIER DE LA CHAULIÈRE
GESTION
DES EAUX PLUVIALES

juin 2014



HYDRAULICANA
33 rue de la Fruitière 25530 BREMONDANS
hydraulicana@wanadoo.fr

Daniel SALOMON
Ingénieur Hydraulicien ENSEEIHT
Tph 03 81 58 34 27

SOMMAIRE

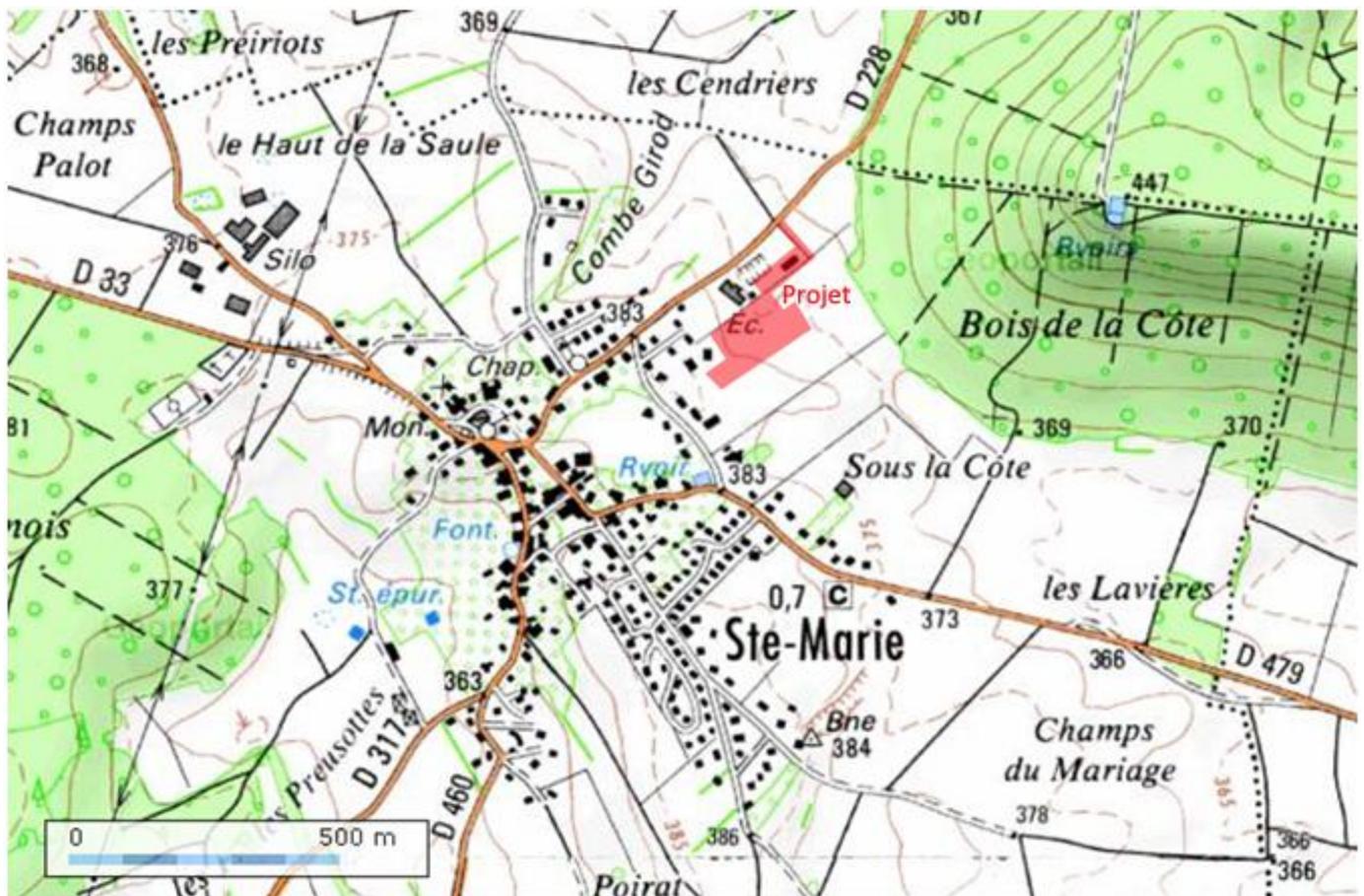
<u>I SITUATION</u>	5
<u>II CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE</u>	6
<u>III MODE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES</u>	7
<u>IV PLUVIOSITÉ</u>	7
<u>V INFILTRATION À LA PARCELLE</u>	9
<u>VI PRINCIPES DE MODÉLISATION</u>	11
VI.1 TRANSFORMATION PLUIE-DÉBIT	11
VI.2 MODÉLISATION DU FONCTIONNEMENT D'UN OUVRAGE	12
<u>VII SURFACES EN JEU</u>	12
<u>VIII BASSIN VERSANT ÉLÉMENTAIRE AMONT</u>	14
VIII.1 CARACTÉRISTIQUES DU RUISSELLEMENT	14
VIII.2 DÉBITS RUISSELÉS	15
VIII.3 CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN AMONT	15
VIII.4 DIMENSIONNEMENT DÉCENNAL	16
<u>IX BASSIN VERSANT ÉLÉMENTAIRE CENTRAL</u>	18
IX.1 CARACTÉRISTIQUES DU RUISSELLEMENT	18
IX.2 DÉBITS RUISSELÉS	19
IX.3 CARACTÉRISTIQUES DE LA TRANCHÉE D'INFILTRATION	19
IX.4 DIMENSIONNEMENT DÉCENNAL	20
<u>X BASSIN VERSANT ÉLÉMENTAIRE AVAL</u>	22
X.1 CARACTÉRISTIQUES DU RUISSELLEMENT	22
X.2 DÉBITS RUISSELÉS	23
X.3 CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN AVAL	23
X.4 DIMENSIONNEMENT DÉCENNAL	24
<u>XI TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES</u>	26
<u>ANNEXES</u>	27

I SITUATION

L'aménagement projeté par la municipalité de Sainte-Marie est situé en limite nord-est du village près de la route de Saint Julien (D 228). Ce projet s'inscrit en continuité un d'une petite zone d'équipements publics qui comprend déjà une école, un plateau sportif, la salle des fêtes et les locaux de la communauté de communes. Pour une surface totale de 2,17 ha, le plan d'urbanisme présenté en annexe prévoit à parts à peu près égales de l'habitat individuel et des équipements publics : périscolaire, cabinet médical et maison de personnes âgées.

Plan de situation

(Source Geoportail)



En l'absence de réseau pluvial ou d'un exutoire naturel (fossé ou cours d'eau), les eaux pluviales doivent être gérées totalement in situ, si possible jusqu'à la décennale selon les principes habituels appliqués en hydrologie urbaine, c'est l'objectif de la présente étude. L'infiltration étant un élément déterminant dans le dimensionnement des ouvrages, une étude de sol avec des mesures de conductivité hydraulique a été réalisée préalablement.

II CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE

La reconnaissance géologique du sol a été réalisée par Compétence Géotechnique (Réf. B 11 297 - 12 décembre 2011) sur la base de 6 sondages et 6 essais d'infiltration :

- 3 sondages à la tarière mécanique hélicoïdale Ø63 mm (notés CG.)
- et 3 sondages à la pelle mécanique (notés PM.).

Lithologies des sondages

(Source : Compétence Géotechnique)

Sondage	Profondeur du sondage m	Epaisseur des faciès			
		Terre végétale m	Argile limoneuse m	Argile marron m	Calcaire +/- altéré m
CG1	4,00	0,40	0,30	1,00	2,30
PM2	2,10	0,20	1,90		
CG3	4,00	0,20	0,60	1,10	2,10
PM4	1,80	0,30	0,80		0,70
CG5	4,00	0,20	1,10		2,70
PM6	0,60	0,10	0,50		

Mesures de conductivité hydraulique

(Source : Compétence Géotechnique)

	Horizon testé (m)	Conductivité hydraulique	
		mm/h	m/s
CG1 /3 /5	0 - 4,0	$< 4.10^{-3}$	$< 10^{-9}$
PM2	0,5 - 1,1	36,0	1,0E-05
	1,1 - 2,1	$< 4.10^{-3}$	$< 10^{-9}$
PM4	0,5 - 1,2	72,0	2,0E-05
	1,2 - 1,8	$< 4.10^{-3}$	$< 10^{-9}$
PM6	0 - 0,6	$< 4.10^{-3}$	$< 10^{-9}$
Base de calcul retenu	0 - 1,1	54,0	1,5E-05
	> 1,1	0,0	0,0

Les sondages ont permis de mettre en évidence la structure du sous-sol en 4 composantes principales :

- le sol superficiel constitué de terre végétale de 10 à 40 cm,
- une couche de limon argileux de 0,3 à 1,9 m d'épaisseur,
- parfois une strate d'argile pure marron pouvant atteindre 1 m,

- recouvrant le substratum calcaire plus ou moins altéré ou fracturé.

La conductivité hydraulique s'avère d'un niveau correcte en subsurface mais nulle en profondeur à partir de 1 m environ. Comme **base de calcul** nous avons retenu :

- **54 mm/h** ($1,5 \cdot 10^{-4}$ m/s) pour les **profondeurs inférieures à 1,1 m**.
- Et **0 mm/h au-delà**.

III MODE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES

La conductivité hydraulique du sol s'étant avérée d'un niveau intéressant (54 mm/h) dans le premier mètre du sous-sol, des ouvrages d'infiltration peuvent être envisagés à condition de les implanter le plus possible à moins de 1,1 m. Il a donc été prévu :

- **L'infiltration des eaux de toitures à la parcelle par tranchée ou tapis d'infiltration**
- Et pour la voirie et autres surfaces imperméabilisées au sol, une gestion des eaux pluviales en 3 bassins versants élémentaires :
 - **Bassin versant élémentaire amont** : un **bassin d'infiltration** implanté à l'extérieur du projet à l'aval de la réserve foncière pour personnes âgées,
 - **Bassin versant élémentaire central** (parcelles Périscolaire et Solutia et grand parking) : gestion des eaux pluviales par une tranchée d'infiltration aménagée sous la bande verte centrale du parking avec un drain de gros diamètre ($\varnothing 1000$) avec possibilité de surverse à l'aval sur le sentier piéton,
 - **Bassin versant élémentaire aval** (salle des fêtes, voirie et petit parking) : un petit **bassin d'infiltration** implanté vers l'entrée.

Comme cela se pratique habituellement en hydrologie urbaine, le dimensionnement des ouvrages sera a priori calé sur les pluies de retour 10 ans.

IV PLUVIOSITÉ

Pour déterminer les débits et volumes ruisselés, nous utilisons les courbes locales hauteur-durée-fréquence des précipitations comme cela est vivement demandé par la nouvelle instruction « La Ville et son Assainissement » éditée par le CERTU en juin 2003.

La station Météo France la plus proche où ces données sont disponibles avec un historique suffisant est celle de Besançon.

Nous donnons ci-après le tableau des pluviométries calculées :

- pour les fréquences d'apparition de 1 mois à 2 ans, à partir des coefficients de Montana issus des statistiques de 1984 à 2005,
- et pour les périodes de retour de 5 à 100 ans, à partir des ajustements de Météo

France réalisés sur les années 1975-2011.

Pour les périodes longues (20 à 100 ans), les valeurs résultent d'une extrapolation mathématique donnée par la loi statistique d'ajustement (méthode du renouvellement) et cela aboutit parfois à des croisements de tendance du fait d'un historique encore insuffisant. Pour la cohérence des résultats, nous avons dû lisser certaines valeurs fournies par Météo France en se référant à la courbe décennale bien formée pour se rapprocher de la forme théorique attendue.

Hauteurs de précipitations par durée et fréquence à Besançon

(Ajustements Météo France sur données décahoraires 1975-2011 avec lissage)

Retour	1 mois	2 mois	3 mois	6 mois	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Durée h	Précipitations en mm											
0,10	2,6	3,5	4,4	6,3	8,6	10,1	10,7	12,2	13,4	14,0	14,6	15,4
0,25	3,9	5,2	6,4	8,7	11,6	13,6	16,7	19,7	22,8	24,6	26,8	30,0
0,50	5,2	7,0	8,4	11,2	14,4	17,0	23,0	27,7	32,7	35,8	39,9	45,9
1	7,0	9,4	11,1	14,4	18,0	21,3	28,1	34,9	42,9	48,4	53,0	68,4
2	9,4	12,8	14,7	17,8	21,8	25,4	33,0	41,5	51,9	59,1	65,0	80,0
3	11,1	14,8	16,9	19,7	24,0	27,7	37,2	46,5	57,6	65,1	72,0	86,0
6	14,2	18,8	21,4	25,0	29,9	35,2	44,5	53,1	67,0	75,0	84,0	97,0
12	18,1	23,9	27,2	31,8	37,2	44,8	54,5	65,1	77,4	85,6	97,1	110,0
24	23,2	30,4	34,5	40,3	46,3	56,9	68,5	79,2	89,7	98,0	110,0	125,0
48							82,3	94,6	106,9	114,3	130,0	147,0
96							100,3	118,9	133,0	145,0	160,0	180,0

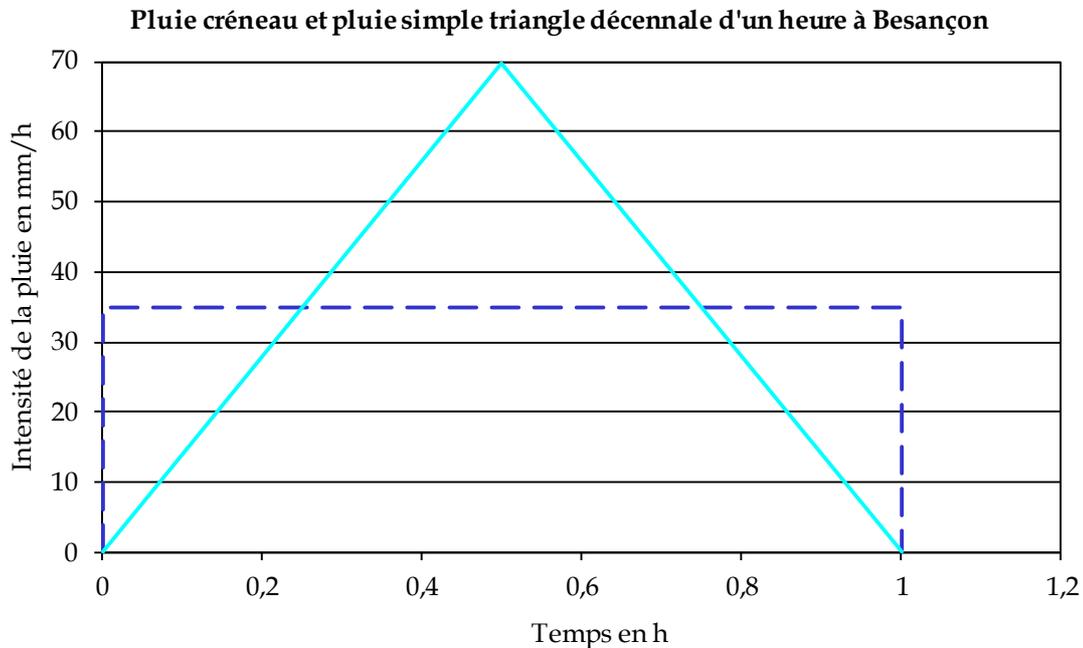
et les intensités qui en découlent :

Intensités de précipitations par durée et fréquence à Besançon

Retour	1 mois	2 mois	3 mois	6 mois	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Durée h	Intensités en mm / h											
0,10	26,3	35,2	44,4	62,6	86,4	100,6	107,0	122,0	134,0	140,0	146,0	154,0
0,25	15,5	20,8	25,6	34,9	46,3	54,3	66,8	78,8	91,2	98,4	107,2	120,0
0,50	10,4	14,0	16,9	22,4	28,8	34,0	46,0	55,4	65,4	71,6	79,8	91,8
1	7,0	9,4	11,1	14,4	18,0	21,3	28,1	34,9	42,9	48,4	53,0	68,4
2	4,7	6,4	7,3	8,9	10,9	12,7	16,5	20,8	26,0	29,6	32,5	40,0
3	3,7	4,9	5,6	6,6	8,0	9,2	12,4	15,5	19,2	21,7	24,0	28,7
6	2,4	3,1	3,6	4,2	5,0	5,9	7,4	8,9	11,2	12,5	14,0	16,2
12	1,5	2,0	2,3	2,6	3,1	3,7	4,5	5,4	6,5	7,1	8,1	9,2
24	1,0	1,3	1,4	1,7	1,9	2,4	2,9	3,3	3,7	4,1	4,6	5,2
48							1,7	2,0	2,2	2,4	2,7	3,1
96							1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9

Dans la transformation de la pluie en débit ruisselé, que nous décrivons au chapitre III, nous utilisons une pluie simple triangle plus proche de la réalité d'un épisode pluvieux que la pluie créneau d'intensité constante.

Ce profil est généré en considérant une intensité maximale double au milieu de la durée de précipitation. Nous donnons ci-dessous comme exemple, la pluie décennale d'une heure représentée graphiquement :



Du tableau précédent, nous avons tiré les coefficients de Montana calés sur les statistiques des pluies de 6 mn à 1 h utiles pour les calculs des débits ruisselés par la formule rationnelle.

V INFILTRATION À LA PARCELLE

Pour la gestion des eaux de toitures, l'approche a consisté à dimensionner une tranchée ou un tapis d'infiltration **pour 100 m² de toitures** sur la base des hypothèses suivantes :

- Fréquence de satisfaction : **décennale**
- **Grave drainante 20-40 à 40% de porosité**
- Conductivité hydraulique : **54 mm/h,**
- **Coefficient de sécurité** traduisant le colmatage des parois : **75%** (il s'agit d'eaux peu chargées)

Le ruissellement d'une toiture a été calculé à partir des statistiques de hauteurs de précipitations par durée et fréquence à Besançon (voir § IV), en considérant que la totalité de la pluie est récupérée.

Ruissellement décennal pour 100 m² de toitures

Durée de la pluie (h)	Pluie (mm)	Volume ruisselé (m ³)	Débit moyen (l/s)
0,10	12,2	1,2	3,39
0,25	19,7	2,0	2,19
0,50	27,7	2,8	1,54
1	34,9	3,5	0,97
2	41,5	4,2	0,58
3	46,5	4,7	0,43
6	53,1	5,3	0,25
12	65,1	6,5	0,15
24	79,2	7,9	0,09
48	94,6	9,5	0,05
96	118,9	11,9	0,03

On trouvera en annexe les coupes de principe d'une tranchée et d'un tapis d'infiltration pour eaux de toitures en sous-sol argilo-calcaire. Les notes de calcul ci-dessous sont basées sur la méthode des pluies :

Tranchées d'infiltration répondant à la décennale pour 100 m² de toiture

Perméabilité (mm/h) 54 Coef. sécurité (colmatage) : 75% parois verticales
 Porosité grave drainante 40% 75% fond

Diamètre du drain m	Structure réservoir			Terrassement		Volume grave m ³	Volume vide m ³	Surface absorbante		Débit infiltré l/s
	Longueur m	Largeur m	Hauteur m	Hauteur m	Volume m ³			verticale m ²	horizontale m ²	
0,20	9,4	0,80	0,80	1,0	7,5	5,7	2,58	15,0	7,5	0,25

Tapis d'infiltration répondant aux sollicitations décennales pour 100 m² de toitures

Perméabilité 54,0 mm/h Infiltration 75% surfaces verticales
 Porosité grave drainante 40% 75% surface de fond
 Diamètre du drain 0,200 m

Structure réservoir		Epaisseur sur ouvrage m	Prof. totale m	Volume terrass. m ³	Volume grave m ³	Volume vide m ³	Surface absorbante		Débit infiltré l/s
Epaisseur m	Côté m						verticale m ²	horizontale m ²	
0,40	3,97	0,20	0,60	9,5	6,3	2,6	6,3	15,8	0,25

Pour infiltrer les eaux pluviales de **100 m² de toitures** sur une parcelle privée il faut prévoir :

- Une tranchée d'infiltration de 9,4 m de longueur avec un drain de 200 pour une section de 0,64 m² (0,80 x 0,80 m)
- Ou un tapis d'infiltration de 16 m² et de 0,40 m d'épaisseur.

VI PRINCIPES DE MODÉLISATION

VI.1 TRANSFORMATION PLUIE-DÉBIT

Pour la transformation de la pluie en débit ruisselé, nous utilisons le modèle du réservoir linéaire à partir d'un schéma de pluie simple triangle tel que nous l'avons décrit au chapitre IV.

Le modèle du réservoir linéaire est le modèle le plus simple des modèles dits réservoir basés sur l'effet de stockage du bassin versant avec restitution décalé du débit de ruissellement caractérisé par une équation de vidange.

Les fondements théoriques de cette approche sont parfaitement décrits dans le Guide 2003 « La Ville et son Assainissement ». L'équation de continuité qui traduit la conservation et l'équation de stockage aboutisse à la formule de récurrence suivante que nous avons discrétisée avec un pas de temps Δt adapté à la durée de la pluie simulée :

$$Q_{si} = Q_{si-1} \cdot e^{-\Delta t/K} + Q_{ei} \cdot (1 - e^{-\Delta t/K})$$

Avec Q_e : débit de la pluie ruisselée, produit de la pluie précipitée multipliée par le coefficient de ruissellement assimilé dans notre cas au coefficient d'imperméabilisation.

Q_s : débit en sortie du bassin versant,

K : temps de réponse (ou lag-time) unique paramètre rentrant dans l'équation de résolution. Il correspond à l'intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la pluie du centre de gravité de l'hydrogramme (ou sa variante la pointe de débit). Pour cette formulation importante dans la relation pluie-débit, nous avons retenu l'équation 99 présenté dans le Guide 2003 « La Ville et son Assainissement » (p 372) et qui s'applique bien pour les bassins versants urbains.

$$K = 0,494 A^{-0,0076} C_i^{-0,512} I^{-0,401} L_c^{0,608}$$

K temps de réponse (mn)

A surface de bassin versant collecté en ha

C_i coefficient d'imperméabilisation

L_c longueur du plus long parcours hydraulique
 I pente moyenne sur ce parcours

VI.2 MODÉLISATION DU FONCTIONNEMENT D'UN OUVRAGE

Pour représenter le fonctionnement d'un ouvrage de rétention-infiltration, nous utilisons la méthode des débits recommandée par le Guide Technique 2003. La modélisation consiste donc à représenter le fonctionnement en remplissage/vidange de l'ouvrage avec les 3 flux qui entrent en jeu dans notre cas :

- **Le débit entrant des eaux pluviales** est issu d'une transformation pluie-débit.
- **Le débit d'infiltration** est le produit de la conductivité hydraulique K par la surface mouillée S_m dans la tranchée (fond et parois latérales) :

$$Q_i = K S_m$$

- **Le débit de trop-plein** a été considéré comme celui d'un **déversoir**. Pour le calculer, nous avons utilisé la formule simplifiée suivante :

$$Q_{tp} = 0,4 \sqrt{2g} h^{1,5}$$

L largeur du déversoir, h charge hydraulique

Le mode de remplissage/vidange de l'ouvrage est simulé pour chaque durée de pluie décennale avec un pas de temps adapté pour assurer une bonne convergence de l'algorithme.

Le débit infiltré étant fixé par les dimensions données à la structure réservoir, le modèle détermine le débit de trop-plein. On recherche alors les dimensions aboutissant au débit de rejet fixé, dans notre cas si possible un débit nul en décennale.

VII SURFACES EN JEU

La surface totale du projet tirée du plan de composition présenté en annexe est de 21692 m². On trouvera sur ce plan la limite des 3 bassins versants élémentaires dits amont, central et aval.

Répartition des surfaces du projet (m²)

Bassin versant	Parcelles	Voirie+parkings	Espaces verts publics	Total
Amont	10862	1798	332	12992
Central	3640	2205	195	6040
Aval	0	2366	294	2660
Ensemble	14502	6369	821	21692

Les surfaces de toitures ont été calculées proportionnellement à la surface de la parcelle en appliquant la relation linéaire suivante :

$$S_{\text{toiture lot}} = S_{\text{lot}} \times 0,0938 + 60,3$$

Les surfaces imperméabilisées au sol privées ont été comptabilisées pour moitié des surfaces de toitures.

Lots	Surfaces (m ²)		
	Lots	Toitures	Sol revêtu
1	1852	234	117
2	1350	187	94
3	1900	238	119
4	1960	244	122
5	2020	250	125
6	1780	227	114
BV amont	10862	1380	690
7	2850	328	164
8	790	134	67
BV central	3640	462	231
salle des fêtes		429	
BV aval		429	
TOTAL	17605	2373	1187

Ce qui donne la répartition suivante par type de sursol :

Répartition des surfaces par type d'occupation du sol (m²)

Bassin versant	Toitures	Surfaces imper.	Espaces verts	Total
Amont	1380	2488	9124	12992
Central	462	2436	3142	6040
Aval	429	1937	294	2660
Ensemble	2271	6861	12560	21692

VIII BASSIN VERSANT ÉLÉMENTAIRE AMONT

VIII.1 CARACTÉRISTIQUES DU RUISSELLEMENT

Pour les apports pluviaux comme cela se pratique en hydrologie urbaine, nous n'avons considéré que les **surfaces imperméabilisées collectées : sol revêtu et surface du bassin**.

Le coefficient d'imperméabilisation moyen résulte d'une pondération au prorata des surfaces de chaque type de couverture de sol :

Bassin versant élémentaire AMONT Coefficient d'imperméabilisation moyen

Nature de l'occupation du sol	Surface en ha.	Correctif de pente	Coefficient d'imperméabilisation	
			de base	appliqué
Sol revêtu	0,2488	1,00	0,90	0,90
Bassin	0,0289	1,00	1,00	1,00
TOTAL	0,2777		moyen	0,910

Les autres caractéristiques qui entrent dans les calculs de ruissellement sont :

- **le plus long parcours hydraulique** du bassin de collecte via le réseau jusqu'au bassin : **290 m**
- et sa **pente moyenne : 3,51 %** (déterminée par tronçon selon le mode de calcul de l'Instruction Technique 1977).

Chemin hydraulique et pente moyenne du bassin versant AMONT

Tronçon	Longueur (m)		Pente %	$\Sigma L_i / \sqrt{I_i}$	Pente moyenne
	Tronçon	Cumulée			
Parcelle	55	55	3,96%	276,3	3,96%
Réseau	18	73	8,33%	338,6	4,65%
Réseau	35	108	7,14%	469,6	5,29%
Réseau	26	134	3,85%	602,1	4,95%
Réseau	61	195	3,26%	939,9	4,30%
Réseau	95	290	2,44%	1548,2	3,51%

Sur la base de ces caractéristiques du ruissellement on peut calculer le **temps de réponse** selon la formule décrite au chapitre VI.1 : **6,0 mn** et déterminer les débits ruisselés collectés par la méthode du réservoir linéaire.

VIII.2 DÉBITS RUISSELÉS

Les débits ruisselés sont calculés par la méthode du réservoir linéaire sur la base des coefficients précédents. Ce qui donne pour les pluies décennales, référence de dimensionnement de l'ouvrage d'infiltration :

Bassin versant élémentaire AMONT
Débits de pointe ruisselés en décennale
calculés par la méthode du réservoir linéaire

Durée de la pluie h.	Intensité pluie retour 10 ans (mm/h)		Débit de pointe l/s
	moyenne sur la durée	pointe pluie triangle	
0,10	122,0	244,0	57,9
0,25	78,8	157,6	62,3
0,50	55,4	110,8	57,7
1	34,9	69,8	42,3
2	20,8	41,5	27,1
3	15,5	31,0	20,7
6	8,9	17,7	12,1
12	5,4	10,9	7,5
24	3,3	6,6	4,6
48	2,0	3,9	2,8
96	1,2	2,5	1,7

Pour la suite de l'étude, la transformation pluie-débit est ainsi appliquée à toutes les durées de pluies décennales présentées au chapitre IV.

VIII.3 CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN AMONT

Les caractéristiques prédéfinies du bassin amont sont :

- **Profondeur utile : 0,30 m**
- **Fruit des berges 3H/1V**
- **Conductivité hydraulique : 54 mm/h**
- **Volume (i.e surface d'emprise intérieure) à déterminer pour un non débordement jusqu'en décennale**

VIII.4 DIMENSIONNEMENT DÉCENNAL

Le tableau ci-après représente le résultat de la simulation du fonctionnement du bassin d'infiltration amont pour les pluies de retour 10 ans sans débordement :

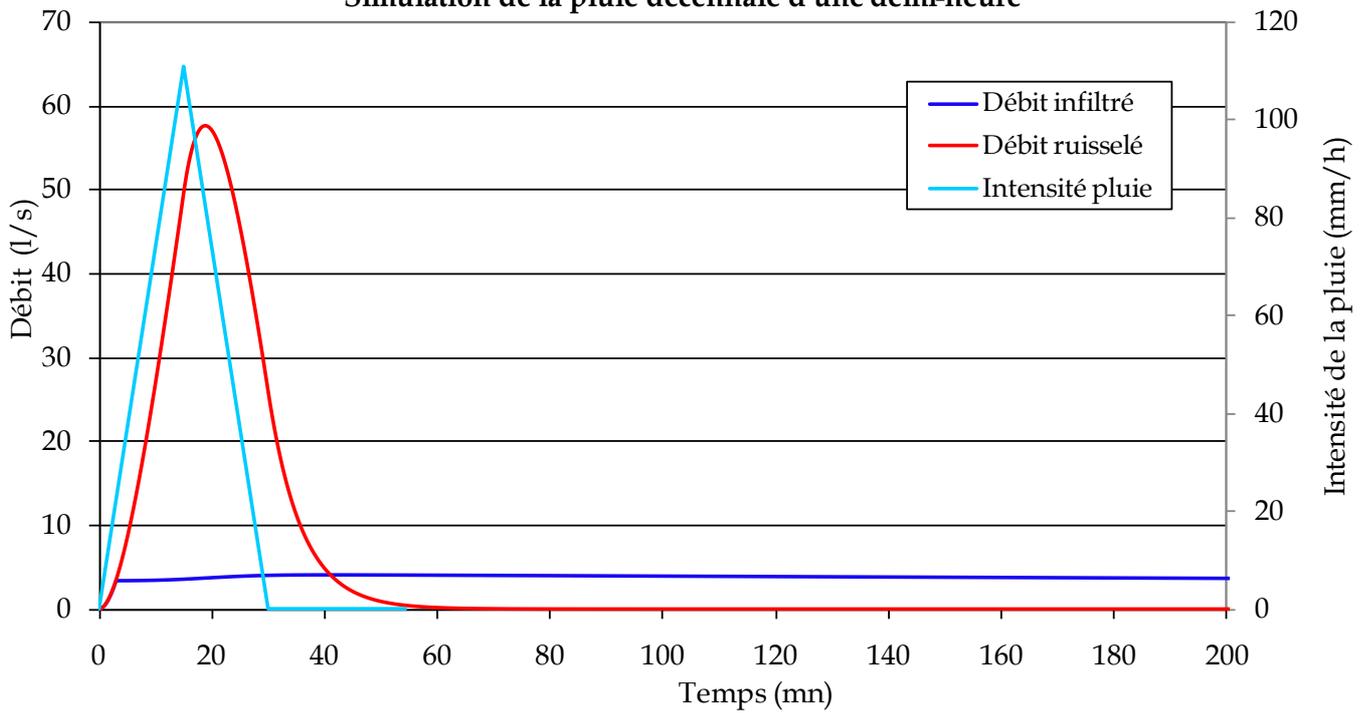
Bassin versant élémentaire AMONT : Fonctionnement du bassin d'infiltration en décennale

Durée pluie h.	Débit de pointe ruisselé l/s	Débits de sortie			Débit net l/s	Volume stocké m ³	Hauteur d'eau m	Q maxi rejeté l/s
		infiltration Q _i l/s	trop-plein Q _{tp} l/s	TOTAL l/s				
0,10	57,9	3,8	0,0	3,8	54,4	24,8	0,103	0,0
0,25	62,3	4,0	0,0	4,0	58,6	41,0	0,166	0,0
0,50	57,7	4,2	0,0	4,2	53,9	59,6	0,235	0,0
1	42,3	4,3	0,0	4,3	38,4	72,5	0,281	0,0
2	27,1	4,4	0,0	4,4	23,2	77,6	0,299	0,0
3	20,7	4,4	0,0	4,4	16,8	78,0	0,300	0,0
6	12,1	4,2	0,0	4,2	8,3	63,4	0,249	0,0
12	7,5	4,0	0,0	4,0	3,8	42,7	0,173	0,0
24	4,6	3,6	0,0	3,6	1,1	11,1	0,047	0,0
48	2,8	2,8	0,0	2,8	0,0	0,0	0,000	0,0
96	1,7	1,7	0,0	1,7	0,0	0,0	0,000	0,0
Maxima	62,3	4,4	0,0	4,4	58,6	78,0	0,300	0,0

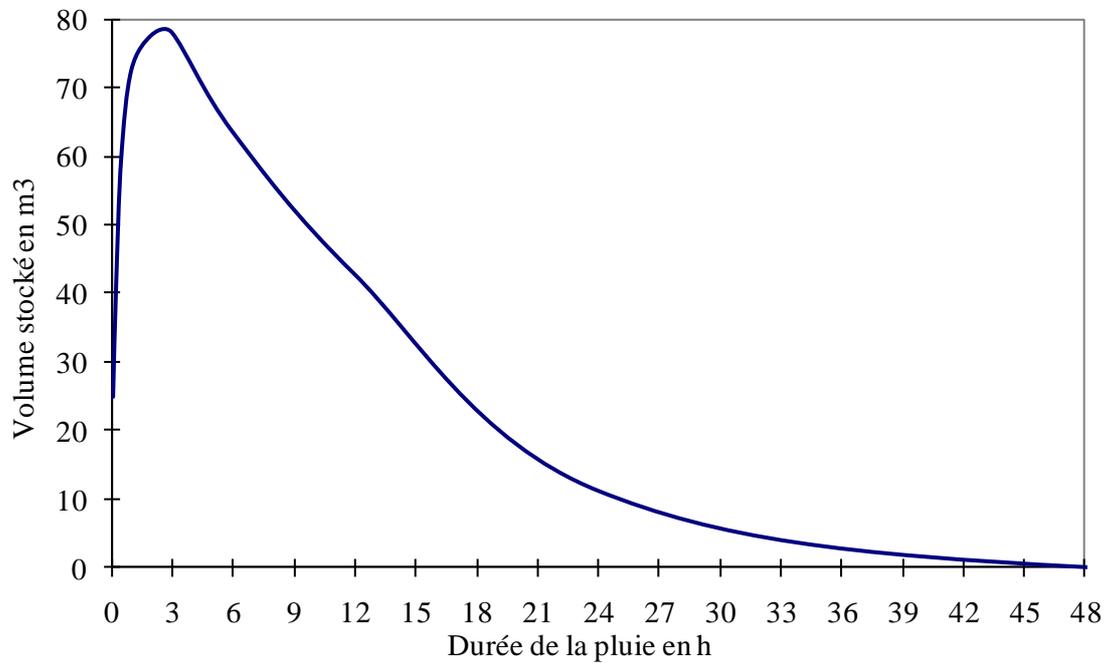
Le non débordement en décennale a été obtenu sur la base des caractéristiques définies en VIII.3 avec

**un bassin de 78 m³, soit pour une profondeur de 0,30 m
et des berges inclinées à 3 / 1 une surface au miroir de 289 m² (17,0 x 17,0)**

**Fonctionnement du bassin d'infiltration AMONT
Simulation de la pluie décennale d'une demi-heure**



Volume retenu dans le bassin AMONT pour les pluies décennales



IX BASSIN VERSANT ÉLÉMENTAIRE CENTRAL

IX.1 CARACTÉRISTIQUES DU RUISSELLEMENT

Pour les apports pluviaux comme cela se pratique en hydrologie urbaine, nous n'avons considéré que les **surfaces imperméabilisées collectées : voirie et parking, soit 2436 m²** pour lesquels nous avons appliqué un **coefficient d'imperméabilisation de 0,90**.

Les autres caractéristiques qui entrent dans les calculs de ruissellement sont :

- **le plus long parcours hydraulique** du bassin de collecte : **138 m**
- et sa **pente moyenne : 1,00 %** (déterminée par tronçon selon le mode de calcul de l'Instruction Technique 1977).

Chemin hydraulique et pente moyenne du bassin versant CENTRAL

Tronçon	Longueur (m)		Pente %	$\Sigma L_i / \sqrt{I_i}$	Pente moyenne
	Tronçon	Cumulée			
Aire de jeux	50,0	50	10,0%	158,1	10,00%
Aire de jeux	20,4	70	4,90%	250,3	7,91%
Parking	16,7	87	0,54%	477,7	3,32%

Sur la base de ces caractéristiques du ruissellement on peut calculer le **temps de réponse** selon la formule décrite au chapitre VI.1 : **3,0 mn** et déterminer les débits ruisselés collectés par la méthode du réservoir linéaire.

IX.2 DÉBITS RUISSELÉS

Les débits ruisselés sont calculés par la méthode du réservoir linéaire sur la base des coefficients précédents. Ce qui donne pour les pluies décennales, référence de dimensionnement des ouvrages d'infiltration :

Bassin versant élémentaire CENTRAL
Débits de pointe ruisselés en décennale
calculés par la méthode du réservoir linéaire

Durée de la pluie h.	Intensité pluie retour 10 ans (mm/h)		Débit de pointe l/s
	moyenne sur la durée	pointe pluie triangle	
0,10	122,0	244,0	76,4
0,25	78,8	157,6	70,4
0,50	55,4	110,8	58,3
1	34,9	69,8	39,6
2	20,8	41,5	24,4
3	15,5	31,0	18,4
6	8,9	17,7	10,6
12	5,4	10,9	6,6
24	3,3	6,6	4,0
48	2,0	3,9	2,4
96	1,2	2,5	1,5

Pour la suite de l'étude, la transformation pluie-débit est ainsi appliquée à toutes les durées de pluies décennales présentées au chapitre IV.

IX.3 CARACTÉRISTIQUES DE LA TRANCHÉE D'INFILTRATION

Les caractéristiques de la tranchée d'infiltration ont été imposées par le projet d'urbanisme :

- **Longueur : 41 m**
- **Largeur : 1,50 m – Hauteur : 0,80 m**
- **Pente du radier : 0%**
- **Drain pluvial : Ø 1000**
- **Conductivité hydraulique : 54 mm/h**
- **Grave 20-40 enrobé d'un géotextile**
- **Porosité de la grave drainante : 40%**
- **Coefficients de sécurité 75% pour les parois verticales et le fond de fouille**

IX.4 DIMENSIONNEMENT DÉCENNAL

Le tableau ci-après représente le résultat de la simulation du fonctionnement de la tranchée d'infiltration telle qu'elle a été définie précédemment :

Bassin versant élémentaire CENTRAL : Fonctionnement de la tranchée Ø1000 en décennale

Durée pluie h.	Débit de pointe ruisselé l/s	Débits de sortie			Débit net l/s	Volume stocké m ³	Hauteur d'eau m	Qrejeté/ Qruisselé %
		infiltration Q _i l/s	trop-plein Q _{tp} l/s	TOTAL l/s				
0,10	76,4	1,19	0,0	1,2	75,7	25,5	0,647	0%
0,25	70,4	1,60	0,0	1,6	69,4	40,4	1,025	0%
0,50	58,3	1,92	23,4	25,3	57,1	52,3	1,324	40%
1	39,6	1,92	28,2	30,1	38,2	52,4	1,327	71%
2	24,4	1,91	19,5	21,4	22,8	52,1	1,321	80%
3	18,4	1,91	15,2	17,1	16,7	52,0	1,318	83%
6	10,6	1,90	8,3	10,2	8,9	51,8	1,312	78%
12	6,6	1,90	4,6	6,5	4,7	51,6	1,308	71%
24	4,0	1,90	2,2	4,1	2,2	51,5	1,305	54%
48	2,4	1,77	0,0	1,8	0,9	47,0	1,190	0%
96	1,5	1,29	0,0	1,3	0,3	29,2	0,740	0%
Maxima	76,4	1,9	28,2	30,1	75,7	52,4	1,327	37%

On constate que la tranchée d'infiltration conduit à une surverse maximale de 28 l/s en décennale qui se produit pour la pluie d'une heure (typiquement l'orage d'été).

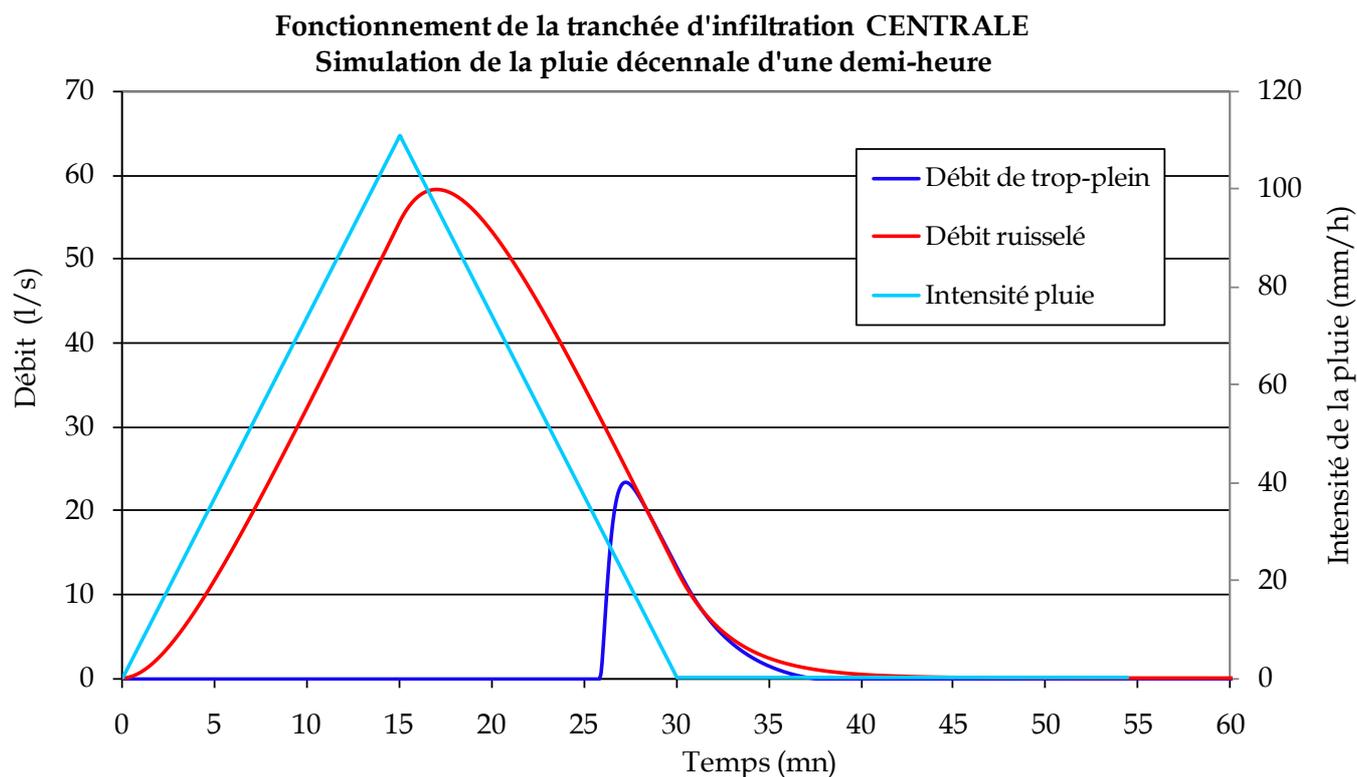
Comme le montre le tableau ci-dessous cette **surverse** ne se produirait en moyenne qu'**une fois tous les 2 ans**, de plus pour un faible débit (1 l/s) et **de manière significative qu'une fois tous les 5 ans**.

Débit de surverse de la tranchée centrale

Retour	3 mois	6 mois	1 an	2 ans	5 ans	10 ans
Qsurverse (l/s)	0,0	0,0	0,0	1,1	12,3	28,2

Pour gérer cette surverse il existe 2 possibilités :

- **Relier la tranchée d'infiltration à une grille de débordement placée sur le chemin piéton avec écoulement sans risque vers l'aval**
- **Ou admettre un volume d'inondation d'une partie du parking, ce volume serait alors de 43 m³ en décennale, soit par exemple une hauteur d'eau de 12 cm sur les 28 places de la partie centrale du parking.**



Le graphique, représentant le fonctionnement de la tranchée pour la pluie décennale d'une demi-heure, montre que le débordement de l'ouvrage ne se produit que sur 10 mn en fin de pluie.

X BASSIN VERSANT ÉLÉMENTAIRE AVAL

X.1 CARACTÉRISTIQUES DU RUISSELLEMENT

Pour les apports pluviaux comme cela se pratique en hydrologie urbaine, nous n'avons considéré que les **surfaces imperméabilisées collectées : sol revêtu et surface du bassin**.

Le coefficient d'imperméabilisation moyen résulte d'une pondération au prorata des surfaces de chaque type de couverture de sol :

Bassin versant élémentaire AVAL
Coefficient d'imperméabilisation moyen

Nature de l'occupation du sol	Surface en ha.	Correctif de pente	Coefficient d'imperméabilisation	
			de base	appliqué
Sol revêtu	0,1937	1,00	0,90	0,90
Bassin	0,0229	1,00	1,00	1,00
TOTAL	0,2166		moyen	0,911

Les autres caractéristiques qui entrent dans les calculs de ruissellement sont :

- **le plus long parcours hydraulique** du bassin de collecte via le réseau : **138 m**
- et sa **pente moyenne : 1,00 %** (déterminée par tronçon selon le mode de calcul de l'Instruction Technique 1977).

Chemin hydraulique et pente moyenne du bassin versant AVAL

Tronçon	Longueur (m)		Pente %	$\Sigma L_i / \sqrt{I_i}$	Pente moyenne
	Tronçon	Cumulée			
Réseau	73	73	2,17%	494,0	2,17%
Réseau	12	85	0,82%	626,2	1,83%
Réseau	53	138	0,50%	1381,8	1,00%

Sur la base de ces caractéristiques du ruissellement on peut calculer le **temps de réponse** selon la formule décrite au chapitre VI.1 : **6,3 mn** et déterminer les débits ruisselés collectés par la méthode du réservoir linéaire.

X.2 DÉBITS RUISSELÉS

Les débits ruisselés sont calculés par la méthode du réservoir linéaire sur la base des coefficients précédents. Ce qui donne pour les pluies décennales, référence de dimensionnement de l'ouvrage de régulation :

Bassin versant élémentaire AVAL
Débits de pointe ruisselés en décennale
calculés par la méthode du réservoir linéaire

Durée de la pluie h.	Intensité pluie retour 10 ans (mm/h)		Débit de pointe l/s
	moyenne sur la durée	pointe pluie triangle	
0,10	122,0	244,0	43,5
0,25	78,8	157,6	47,3
0,50	55,4	110,8	44,2
1	34,9	69,8	32,7
2	20,8	41,5	21,1
3	15,5	31,0	16,1
6	8,9	17,7	9,4
12	5,4	10,9	5,9
24	3,3	6,6	3,6
48	2,0	3,9	2,2
96	1,2	2,5	1,4

Pour la suite de l'étude, la transformation pluie-débit est ainsi appliquée à toutes les durées de pluies décennales présentées au chapitre IV.

X.3 CARACTÉRISTIQUES DU BASSIN AVAL

Les caractéristiques prédéfinies du bassin aval sont :

- **Profondeur utile : 0,30 m**
- **Fruit des berges 3H/1V**
- **Conductivité hydraulique : 54 mm/h**
- **Volume (i.e surface d'emprise intérieure) à déterminer pour un non débordement jusqu'en décennale**

X.4 DIMENSIONNEMENT DÉCENNAL

Le tableau ci-après représente le résultat de la simulation du fonctionnement du bassin d'infiltration amont pour les pluies de retour 10 ans sans débordement :

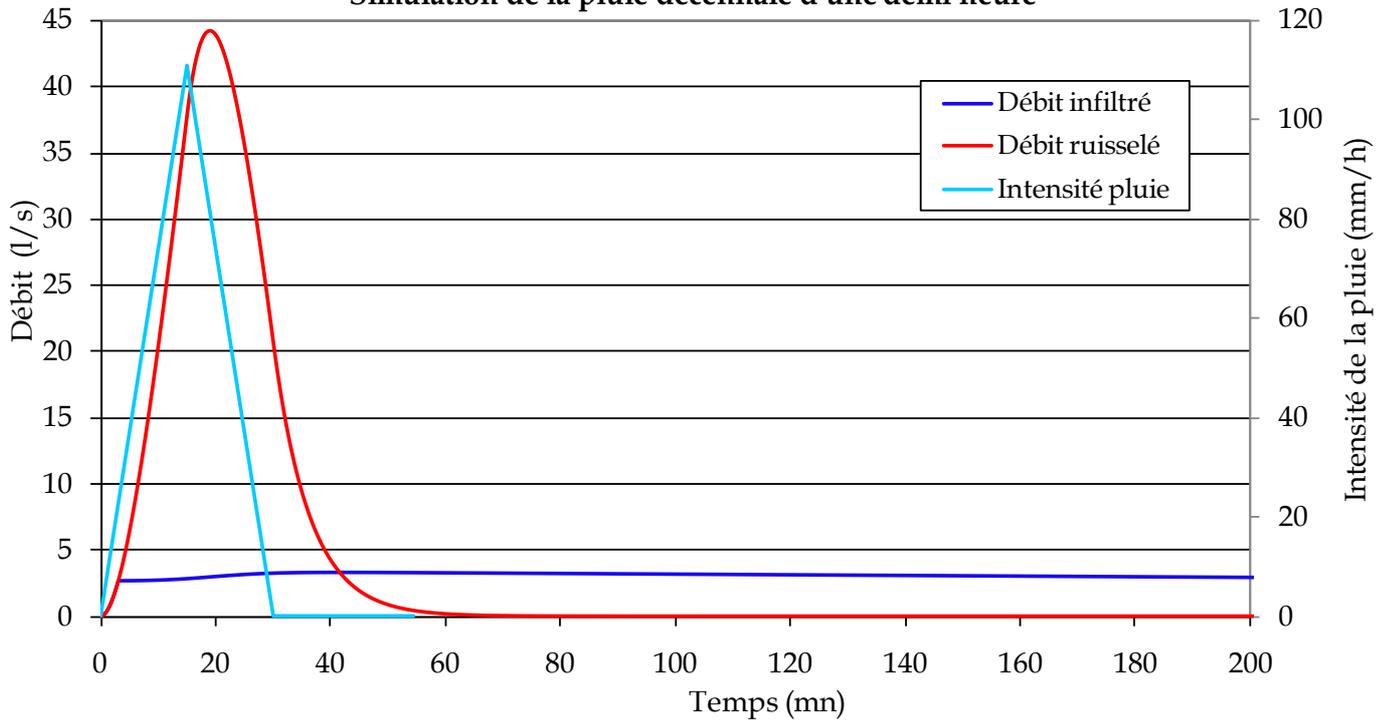
Bassin versant élémentaire AVAL : Fonctionnement du bassin d'infiltration en décennale

Durée pluie h.	Débit de pointe ruisselé l/s	Débits de sortie			Débit net l/s	Volume stocké m ³	Hauteur d'eau m	Q maxi rejeté l/s
		infiltration Q _i l/s	trop-plein Q _{tp} l/s	TOTAL l/s				
0,10	43,5	2,9	0,0	2,9	40,8	19,2	0,103	0,0
0,25	47,3	3,1	0,0	3,1	44,5	31,8	0,167	0,0
0,50	44,2	3,3	0,0	3,3	41,3	46,3	0,235	0,0
1	32,7	3,4	0,0	3,4	29,7	56,4	0,281	0,0
2	21,1	3,5	0,0	3,5	18,0	60,4	0,299	0,0
3	16,1	3,5	0,0	3,5	13,0	60,7	0,300	0,0
6	9,4	3,3	0,0	3,3	6,4	49,5	0,250	0,0
12	5,9	3,1	0,0	3,1	3,0	33,6	0,175	0,0
24	3,6	2,8	0,0	2,8	0,9	9,4	0,052	0,0
48	2,2	2,2	0,0	2,2	0,0	0,0	0,000	0,0
96	1,4	1,4	0,0	1,4	0,0	0,0	0,000	0,0
Maxima	47,3	3,5	0,0	3,5	44,5	60,7	0,300	0,0

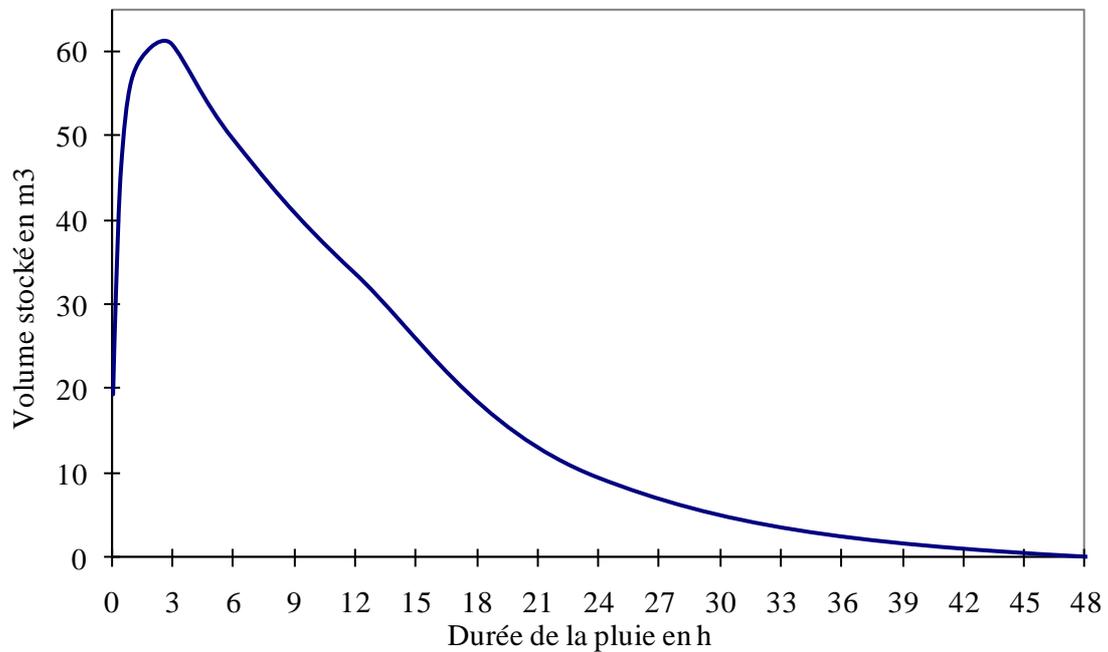
Le non débordement en décennale a été obtenu sur la base des caractéristiques définies en X.3 avec

**un bassin de 61 m³, soit pour une profondeur de 0,30 m
et des berges inclinées à 3/1, une surface au miroir de 229 m² (15,1 x 15,1)**

**Fonctionnement du bassin d'infiltration AVAL
Simulation de la pluie décennale d'une demi-heure**



Volume retenu dans le bassin AVAL pour les pluies décennales



XI TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES

Pour la propreté des bassins, la pérennité de la tranchée d'infiltration (colmatage) et pour répondre à la Loi sur l'Eau en matière de protection des eaux souterraines, un traitement minimum des eaux pluviales est à prévoir.

Nous préconisons la mise en place de **bouches à décantation siphoniques** qui assurent 3 fonctions de traitement :

- décantation des matières en suspension
- rétention des flottants
- et confinement d'une pollution accidentelle limitée d'hydrocarbures.

Les bouches à décantation permettent de piéger à la source les matières en suspension dont la teneur en produits minéraux oscille entre 92 et 96%, le reste étant des matières organiques (Valiron, Tabuchi).

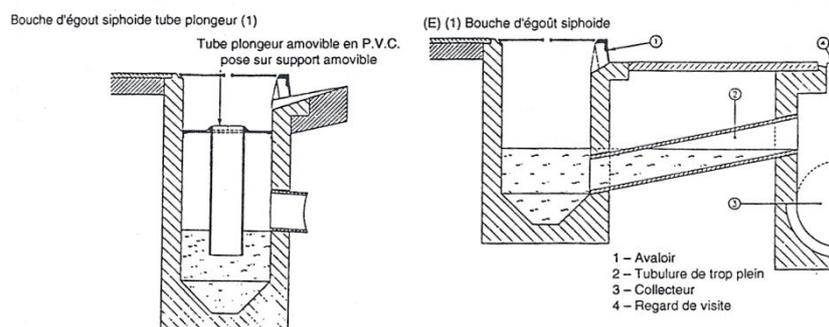


Figure II-13 A Figure II-13 B
 Bouche d'égout siphonique (1) Bouche d'égout siphonique tube plongeur (1)
 (1) Ce type permet la transformation d'une bouche à décantation ou une bouche siphonique.

(d'après Valiron et Tabuchi)

ANNEXES

**SAINTE MARIE - Nouveau quartier « La Chauillère »
Position des sondages – Compétence Géotechnique**

**SAINTE MARIE - Nouveau quartier « La Chauillère »
PLAN DE COMPOSITION ET OUVRAGES PLUVIAUX**

**TRANCHÉE D'INFILTRATION POUR EAUX DE TOITURES
EN TERRAIN ARGILO-CALCAIRE
Schéma de principe**

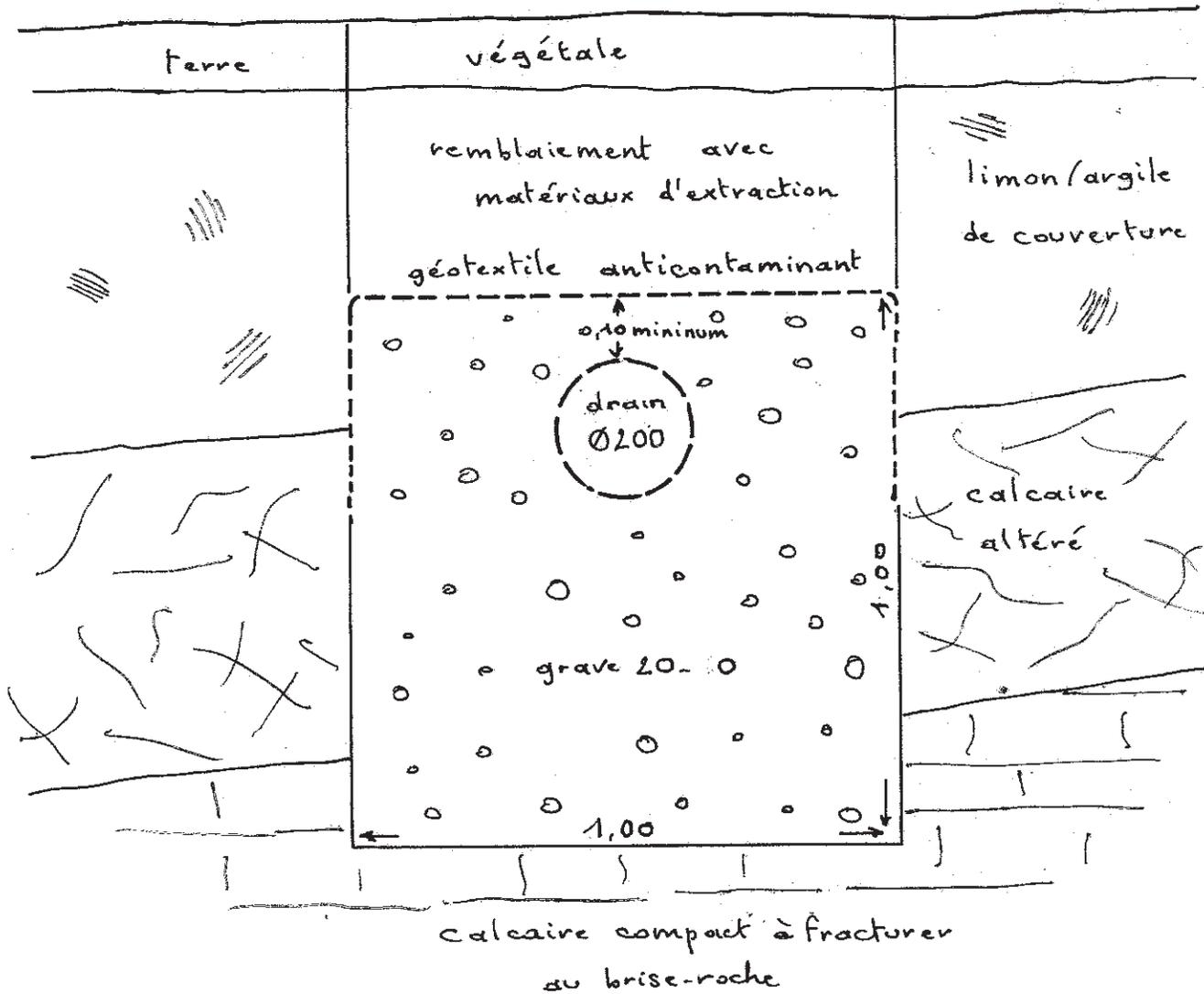
**TAPIS D'INFILTRATION POUR EAUX DE TOITURES
Coupe de principe**

**GRAND PARKING CENTRAL - TRANCHEE D'INFILTRATION
Coupe transversale de principe**

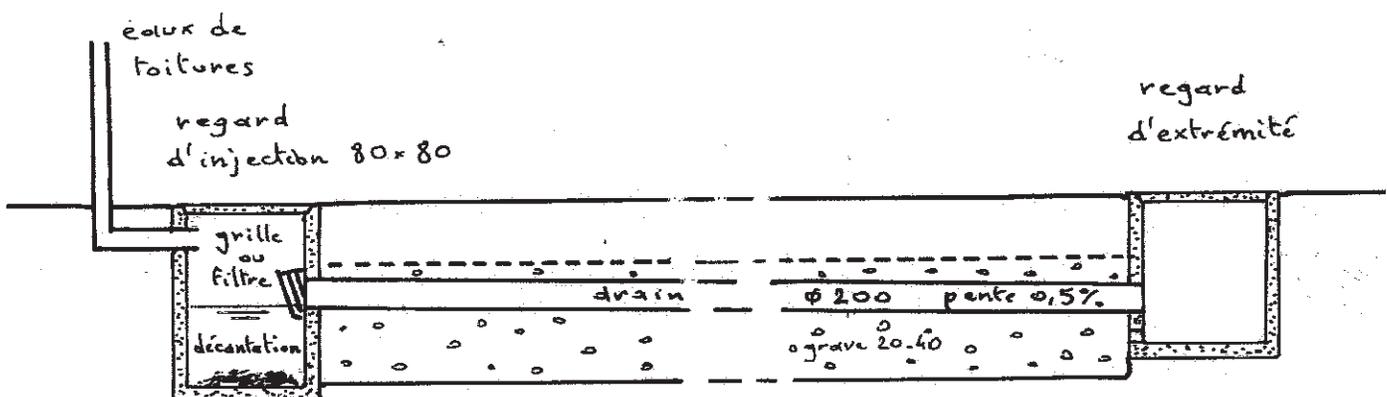
TRANCHÉE D'INFILTRATION POUR EAUX DE TOITURES EN SOUS-SOL ARGILO-CALCAIRE

COUPE TRANSVERSALE DE PRINCIPE

Echelle 1/20



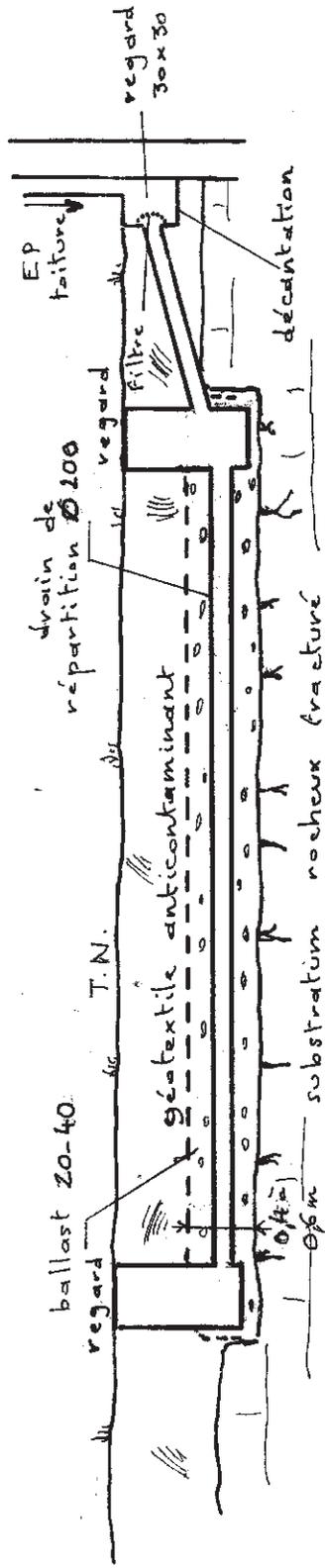
COUPE LONGITUDINALE DE PRINCIPE



HYDRAULICANA
Moulin d'Amans
25530 BREMONDANS

TAPIS D'INFILTRATION POUR EAUX DE TOITURES

Schéma de principe



HYDRAULICANA
33 rue de la Fruitière
25530 BREMONDANS

GRAND PARKING CENTRAL
TRANCHÉE D'INFILTRATION
Coupe transversale de principe

Echelle 1 / 10

