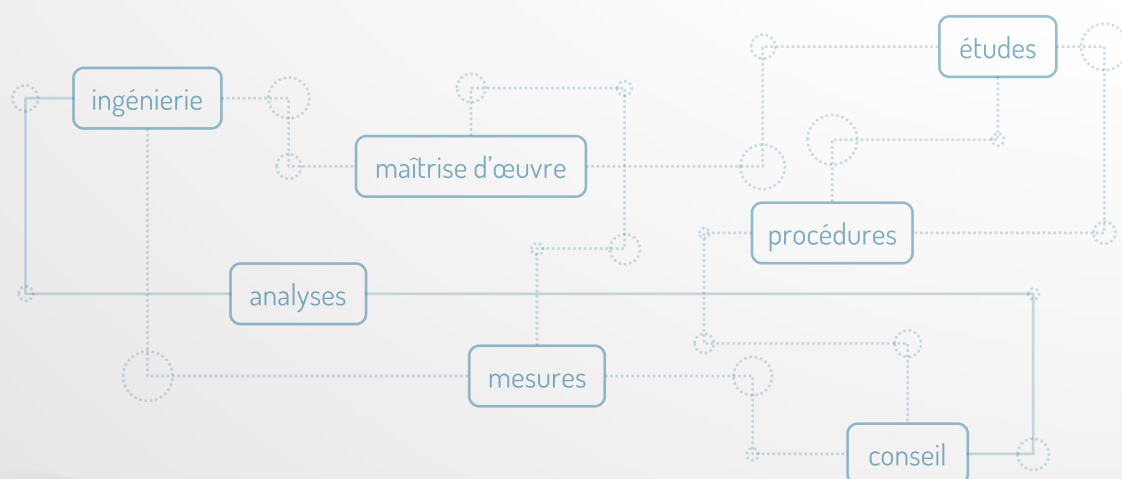


# La Haute-Savoie Arena - La Roche-Sur-Foron

## Etude hydraulique du ruisseau du Merle



décembre 2023



12 Avenue du Pré de Challes - Parc des Glaisins  
ANNECY LE VIEUX - 74 940 ANNECY  
☎ 04 50 64 06 14 ☎ 04 50 64 08 73  
@ : [sage.annecy@sage-environnement.fr](mailto:sage.annecy@sage-environnement.fr)  
🌐 : [www.sage-environnement.com](http://www.sage-environnement.com)

# Fiche document :

## Informations :

<b>Client / Maître d'ouvrage :</b>	Département de la Haute-Savoie
<b>Contact – Coordonnées :</b>	Pierrick Chevassus Chargé d'Opération Routière et Cyclable Direction Adjointe Ingénierie Direction route Tél. +33 (0)4 50 33 21 70 – P. /F. +33 (0)6 24 27 81 31
<b>Numéro dossier SAGE :</b>	23.141
<b>Responsable :</b>	fabienne lefevre
<b>Assistant(e)s :</b>	
<b>Relecteur :</b>	
<b>Titre :</b>	La Haute-Savoie Arena - La Roche-Sur-Foron
<b>Sous titre – objet :</b>	Etude hydraulique du ruisseau du Merle
<b>Catégorie document :</b>	Rapport technique
<b>Mots clés :</b>	[Mots clés ]
<b>Statut document :</b>	Provisoire
<b>Indice de révision :</b>	V1
<b>Référence document :</b>	FL/23141/1/V1
<b>Confidentialité :</b>	
<b>Fichier :</b>	23188 Arena ruisseau du Merle_etude hydrau.docx
<b>Date :</b>	18/12/2023
<b>Nombre de pages (hors annexes) :</b>	22

## Historique des versions et révisions :

Indice révision	Date	Détails – modifications	Resp.
0	18/12/2023	Version initiale	fabienne lefevre

## Avertissement :

Ce document, les données, informations, analyses et conclusions qu'il contient sont la propriété exclusive du maître d'ouvrage. Toute reproduction, diffusion, publication, mise en ligne, même partielle, ne peut être effectuée sans son accord préalable mentionné par écrit. Le cas échéant, citation doit être faite de la source des éléments reproduits.

SAGE Environnement ne communiquera aucune information, document ou fichier en dehors de ce cadre strict.



12 Avenue du Pré de Challes – Parc des Glaisins  
ANNECY LE VIEUX – 74 940 ANNECY  
☎ 04 50 64 06 14 📠 04 50 64 08 73  
@ : [sage.annecy@sage-environnement.fr](mailto:sage.annecy@sage-environnement.fr)  
🌐 : [www.sage-environnement.com](http://www.sage-environnement.com)

# PRÉAMBULE

Le projet Haute-Savoie Arena doit s'implanter sur les parkings situés à proximité de Rochexpo en rive droite du ruisseau du Merle. Dans le cadre de ce projet, le Département de la Haute-Savoie, le département a demandé la réalisation d'une étude hydraulique de la zone et notamment du ruisseau du Merle qui borde la zone projet.

Cette étude est réalisée en phase préalable. En l'absence de projet, elle ne porte que sur l'étude de l'état actuel afin de faire un diagnostic des sensibilités du site vis-à-vis des inondations. Elle comporte une étude hydrologique et une modélisation des écoulements.



## TABLE DES MATIERES

<b>PRÉAMBULE .....</b>	<b>3</b>
<b>I. Etude hydrologique du ruisseau du Merle .....</b>	<b>5</b>
I.1 présentation du ruisseau du merle .....	5
I.2 Le temps de concentration .....	6
I.3 Les données météorologiques .....	6
I.4 Débit décennal .....	8
I.5 Débit centennal .....	9
<b>II. Modélisation des écoulements .....</b>	<b>11</b>
II.1 Reportage photographique – ruisseau du merle .....	11
II.2 Présentation du secteur du parking .....	13
II.3 Construction du modèle .....	14
II.3.1 Etendue du modèle .....	14
II.3.2 Conditions aux limites .....	15
II.3.3 Débits utilisés – scénarios modélisés .....	15
II.3.4 Calage du modèle .....	15
II.4 Résultats de la modélisation .....	16

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : le bassin versant du ruisseau du Merle au droit du projet .....	5
Figure 2 : Graphiques des courbes IDF pour la période 1982 - 2018 en fonction de la durée de pluie .....	8
Figure 3 : emplacement du projet d'Arena .....	14
Figure 4 : le modèle 2D .....	15
Figure 5 : crue centennale – hauteur d'eau - fond de plan MNT .....	17
Figure 6 : crue centennale – hauteur d'eau - fond de plan photo aérienne .....	18
Figure 7 : crue centennale – vitesse - fond de plan MNT .....	19
Figure 8 : crue centennale – carte des aléas - fond de plan photographie aérienne .....	20
Figure 9 : crue centennale – emplacement du projet d'Aréna et hauteur d'eau .....	21



# I. Etude hydrologique du ruisseau du Merle

## I.1 PRESENTATION DU RUISSEAU DU MERLE

La délimitation du bassin versant, ainsi que la pente moyenne, la longueur hydraulique ont été déterminées grâce aux mesures effectuées sur Géoportail et aux investigations de terrain.

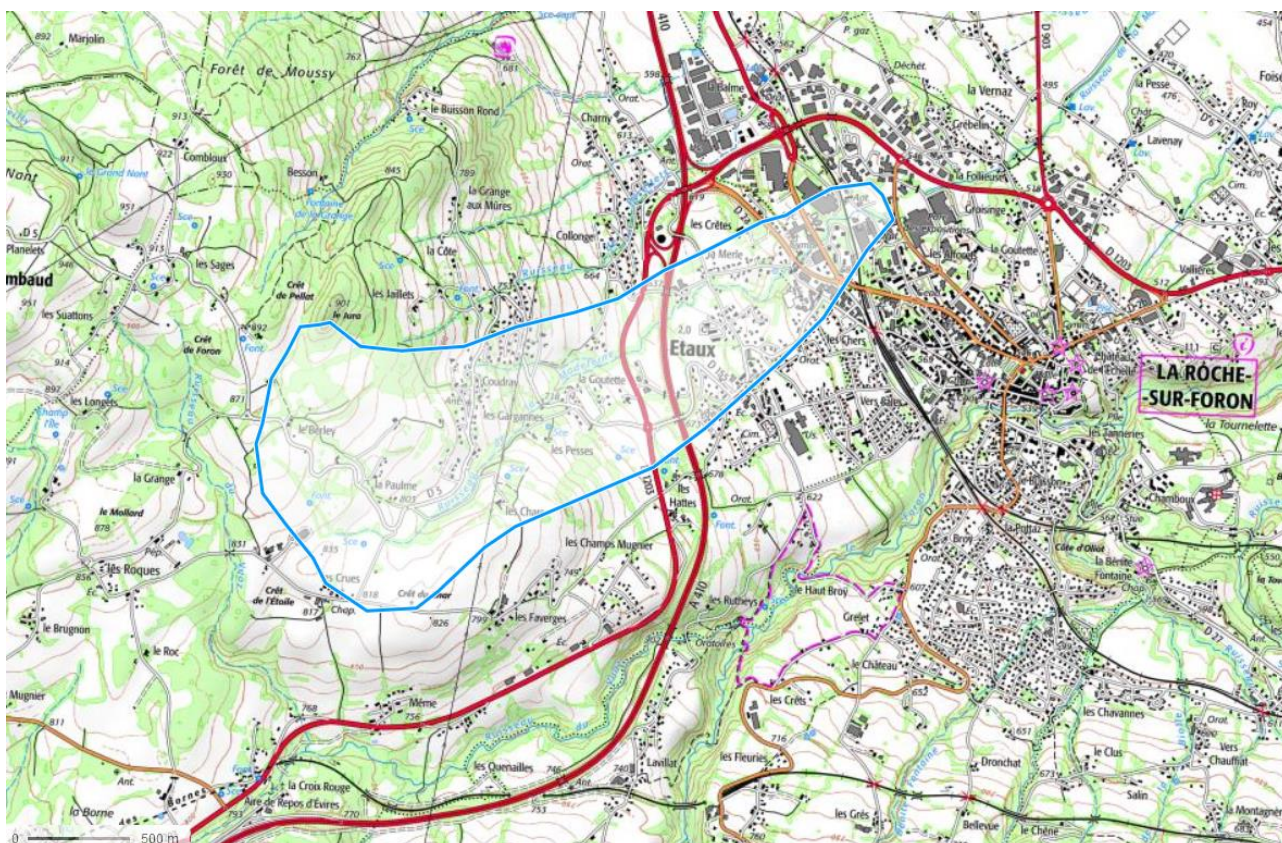


Figure 1 : le bassin versant du ruisseau du Merle au droit du projet

Les caractéristiques morphologiques du bassin versant sont les suivantes :

Bassin versant : 2.78 km<sup>2</sup>

Point haut : 900m

Point bas : 558 m

Plus long parcours hydraulique : 4.18 km

## I.2 LE TEMPS DE CONCENTRATION

Les coefficients de ruissellement ont été calculés, dans le cas d'occupations du sol variées à l'intérieur d'un sous bassin versant, en calculant une moyenne pondérée en fonction de l'occupation du sol et de la surface. Les temps de Concentration résultent d'une moyenne calculée à partir des formules de :

- Giandotti
- Kirpich
- Ventura
- Sogreah
- Méthode des Vitesses
- Richards

	Surf tot (km²)	Pente (%)	Long. hydr. (km)	Cr	Ventura	Passini	Giandotti	Kirpich	Sogreah	Richards	GTAR conc	GTAR nappe	MOY toutes valeurs
<b>Le Merle</b>	2.788	9.1%	4.18	0.17	42	49	50	30	40	181	15	165	71

Le temps de concentration retenu est de 63 minutes, valeur qui sera par la suite arrondie à 60 minutes.

## I.3 LES DONNEES METEOROLOGIQUES

Les données présentées dans les tableaux ci-dessous ont été tirées des fiches d'analyse des valeurs extrêmes fournies par Météo Suisse à Genève – Cointrin respectivement sur la période 1982 – 2018. Ces résultats sont fiables, le niveau de retour estimé étant situé dans un intervalle de confiance à 95 %.

Les données étant présentées sous forme de cumul, une fois extraites, il fallut les convertir en mm/h afin de faciliter les calculs des intensités moyennes de pluie par la suite. Le cumul a été effectué de 10 min à 24 h.

Année (1982-2018) Genève-Cointrin	Cumul des précipitations en 10 min	Cumul des précipitations en 20 min	Cumul des précipitations en 30 min	Cumul des précipitations en 1 h	Cumul des précipitations en 2 h	Cumul des précipitations en 3 h
Période de retour (années)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)
<b>2,33</b>	55,20	42,30	33,40	17,60	11,75	9,00
<b>5</b>	74,40	55,50	43,60	22,60	14,45	10,70
<b>10</b>	91,20	66,90	51,60	26,50	16,40	12,00
<b>20</b>	109,20	77,70	59,00	30,10	18,10	13,10
<b>30</b>	120,00	84,30	63,00	32,30	19,05	13,73
<b>50</b>	134,40	93,00	68,20	35,00	20,30	14,60
<b>100</b>	155,40	104,70	75,40	38,90	21,85	15,73

Année (1982-2018) Genève-Cointrin	Cumul des précipitations en 4 h	Cumul des précipitations en 6 h	Cumul des précipitations en 8 h	Cumul des précipitations en 12 h	Cumul des précipitations en 16 h	Cumul des précipitations en 24 h
Période de retour (années)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)	niveau de retour (mm/h)
<b>2,33</b>	7,60	5,93	4,89	3,70	3,11	2,02
<b>5</b>	9,05	7,13	5,90	4,50	3,82	2,48
<b>10</b>	10,15	8,15	6,75	5,18	4,41	2,90
<b>20</b>	11,30	9,28	7,63	5,87	5,00	3,32
<b>30</b>	12,05	10,00	8,18	6,29	5,35	3,59
<b>50</b>	13,10	11,02	8,91	6,88	5,83	3,93
<b>100</b>	14,78	12,57	9,98	7,71	6,53	4,44

Une fois les tableaux créés, l'objectif fut alors de convertir graphiquement ces données sous la forme de courbes IDF<sup>1</sup> afin d'obtenir les coefficients de Montana. Les courbes, visibles ci-après, ont été construites pour des durées de précipitation comprises entre 10 min et 1 h, 1 h et 6 h et 6 h et 24 h.

Enfin, pour chaque période de retour de chaque courbe, une courbe de « tendance » de type « Puissance » fut retenue, les coefficients de Montana sont déterminés grâce à l'équation de ces courbes dites de « tendance ».

L'intensité de pluie est déterminée par la formule suivante :

$$I = a * t^{-b}$$

avec :

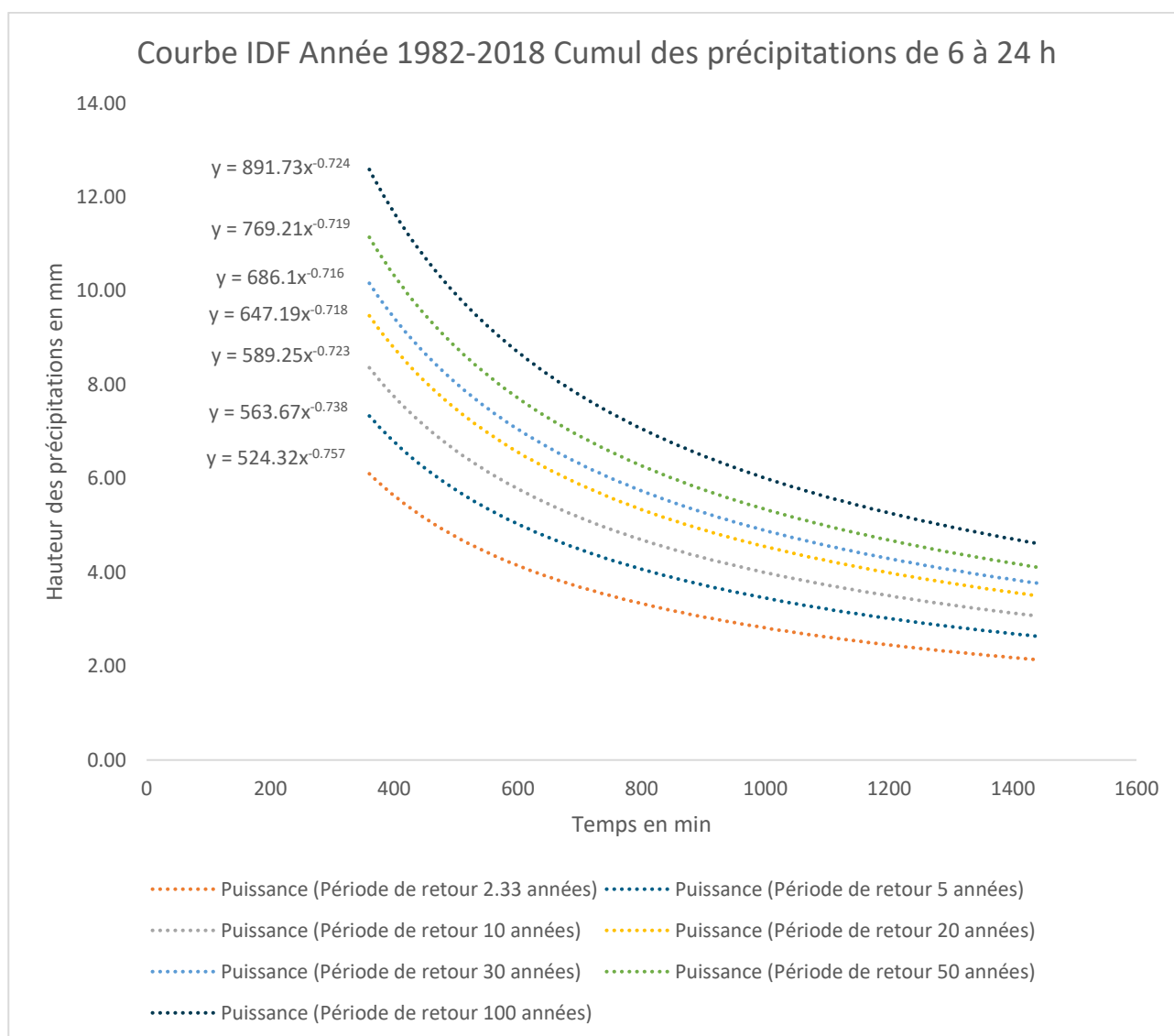
- I : Intensité de pluie (mm/h)
- t : durée de l'épisode pluvieux (minutes)
- a et b : coefficients de Montana, calculés pour différentes périodes de retour et pour plusieurs classes de durée d'épisodes (de quelques minutes à plusieurs heures).

Les coefficients de Montana ci-dessous ont été calculés par un ajustement statistique, entre les durées, quantités et période de retour des épisodes pluvieux, à partir des données de la station météorologique de Genève-Cointrin, sur la période 1982/2018.

Durée de l'épisode → Période de retour ↓	10 min à 1 h		1 h à 6 h		6 h à 24 h	
	a	b	a	b	a	b
<b>2,33 ans</b>	261,1	0,635	214,51	0,609	524,32	0,757
<b>5 ans</b>	372,71	0,662	322,17	0,65	563,67	0,738
<b>10 ans</b>	484,33	0,687	401,06	0,668	589,25	0,723
<b>20 ans</b>	617,78	0,717	449,17	0,669	647,19	0,718
<b>30 ans</b>	699,67	0,732	472,55	0,667	686,1	0,716
<b>50 ans</b>	817,94	0,752	486,78	0,657	769,21	0,719
<b>100 ans</b>	990,6	0,775	492,71	0,64	891,73	0,724

**Tableau 1 : Coefficients de Montana - station de Genève Cointrin - période de calcul : 1982/2018**

<sup>1</sup> Courbe Intensité – Durée – Fréquence, donne la période de retour au cours du cours d'un événement pluvieux d'une intensité maximale moyenne pendant une certaine durée.



**Figure 2 : Graphiques des courbes IDF pour la période 1982 - 2018 en fonction de la durée de pluie**  
 (Source : Office Fédéral de météorologie et de climatologie Météo Suisse)

## I.4 DEBIT DECENNAL

Les méthodes sommaires sont des méthodes qui ont été obtenues par traitement statistique. Elles permettent de calculer le débit de pointe de la crue décennale à partir de paramètres de terrain et de la pluie journalière décennale. La méthode Crupedix est valable pour des bassins versants dont la superficie est supérieure à 1 km<sup>2</sup>.

Les méthodes déterministes (Rationnelle) sont fondées sur le phénomène de transformation de la pluie en débit.

L'intensité de la pluie de fréquence de retour 10 ans est calculée avec la formule de Montana, à l'aide des coefficients  $a_{10}$  et  $b_{10}$  de même fréquence de retour.

$$I_{10} = a_{10} T_c^{-b_{10}}$$

avec :  $I_{10}$  intensité de la pluie de fréquence de retour 10 ans en mm/heure  
 $T_c$  temps de concentration du bassin versant en heure  
 $a_{10}$  et  $b_{10}$  les coefficients de Montana de fréquence de retour 10 ans



Formule rationnelle :  $Q = \frac{1}{3600} \times C \times i \times A$

avec : Q : débit (l/s),

C : coefficient de ruissellement du bassin versant,

i : intensité de la pluie (mm/h), calculée à partir des coefficients de Montana

A : superficie du bassin versant (m<sup>2</sup>).

La méthode de transition est une interpolation des formules rationnelles et de Crupédix en fonction de la surface du bassin versant.

La méthode Cemagref Sud-Est est également utilisées pour les petits cours d'eau.

Méthode :		Rationnelle	Crupédix	Socose	Transition	Myer
BV	Surface totale (km <sup>2</sup> )	Qi10 (l/s)	Qi10 (l/s)	Qi10 (l/s)	Qi10 (l/s)	Qi10 (l/s)
Merle	2.788	3,886	1,714	2,364	3,454	1,513

Bilan	Moyenne des Qi10 (l/s)	Moyenne des Qi10 hors extrema	Ecart-type	Coef. variation	Intervalle inf 90% (Crupédix)	Intervalle sup 90% (Crupédix)	Qi10 (l/s) retenu
Merle	2,586	2,511	1,049	41%	1,143	2,571	3.45

Le débit décennal fourni par la méthode rationnelle est plus de 2 fois supérieur au débit fourni par la méthode de Crupédix. La formule de transition est justifiée dans la mesure elle fait le lien entre ces deux méthodologies et permet de prendre en compte les domaines de validité de ces deux formules pour des bassin versant dont la surface est comprise entre 1 et 10 km<sup>2</sup>.

Le débit décennal retenu correspondant à la formule de transition est de 3.45 m<sup>3</sup>/s.

Il est à noter que le débit a été calculé à partir de méthodes empiriques, chacune d'elle ayant son propre domaine d'application strict. D'autres méthodes de calcul peuvent permettre l'obtention de résultats avec un ordre de grandeur pouvant varier de manière significative. Il est donc nécessaire d'être toujours critique quant aux résultats obtenus, étant impossible de correspondre avec certitude à la réalité, l'objectif est de s'en rapprocher le plus possible.

## I.5 DEBIT CENTENNAL

De même que pour le débit décennal, plusieurs méthodologie ont été testée pour estimer au mieux le débit centennal.

Les résultats sont repris dans le tableau suivant.

BASSIN VERSANT	Surface totale (km <sup>2</sup> )	Qi10 (l/s) retenu (l/s)	Empirique Méthode routière		Qi100 Gradex (l/s)	Qi100 Gradex progressif (l/s)	Qi100 Rationnelle (l/s)	Qi100 Transition (l/s)	Myer (l/s)	VALEUR RETENUE Qi100 (l/s)
			Qi30 (l/s)	Qi100 (l/s)						
BV1 (ruisseau du merle)	2.780	3 450	4 730	6 910	12 600	8 360	15 175	8 040	2 184	8 360

Le débit retenu est celui calculé par la formule du gradex progressif. Les données fournies par les méthodes du gradex et la formule rationnelle sont très élevés avec des rapports  $Q_{100}/Q_{10}$  proches ou supérieurs à 4. Ces valeurs ont été écartées.

## II. Modélisation des écoulements

### II.1 REPORTAGE PHOTOGRAPHIQUE – RUISSEAU DU MERLE

Amont OH1



OH1



Aval OH1

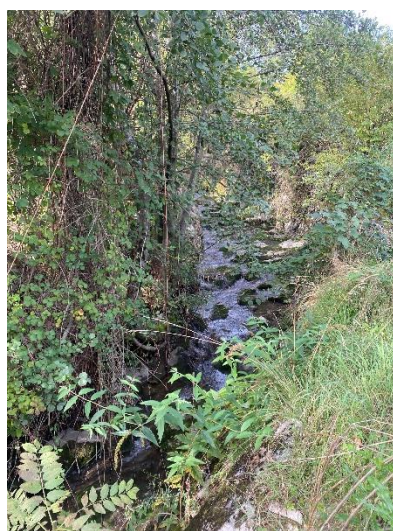




OH2



Aval OH2



Amont OH3



OH3



Amont OH4



Aval OH4





Amont OH5



Amont OH6



## II.2 PRESENTATION DU SECTEUR DU PARKING

Le secteur sur lequel le projet de l'Arena est prévu est le parking de Rochexpo.





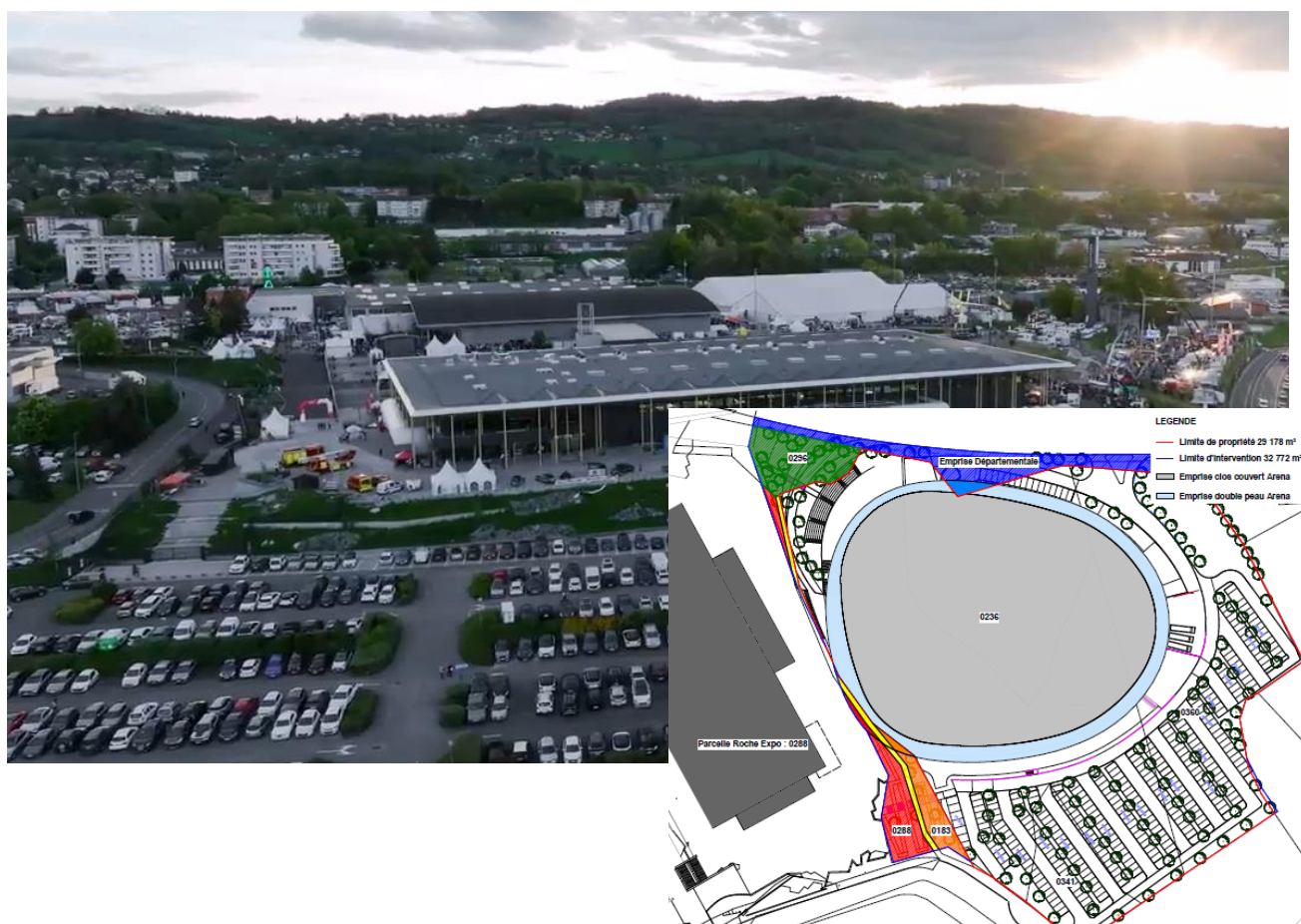


Figure 3 : emplacement du projet d'Arena

## II.3 CONSTRUCTION DU MODELE

### II.3.1 Etendue du modèle

La topographie a été extraite du site IGN. Il s'agit d'un levé LIDAR (télédétection par LASER) avec un maillage de 1m.

Le Lidar est complété par le lever topographique du cours d'eau et du site.

Les profils en travers du lit mineur et le profil en long ont été utilisés pour construire le MNT du lit mineur. Ces données sont plus précises que le Lidar qui prend en compte la surface en eau et non pas le fond de la rivière.

Pour construire le MNT servant à la modélisation, on a utilisé le LIDAR sur lequel on a superposé le MNT de la rivière.

Les éléments « particuliers » (ouvrages, ...) rencontrés sur le secteur modélisé ont été représentés. Ils sont au nombre de 6 : le pont au niveau de la voie ferrée (OH1), les ouvrages sous les rues Adhemar FABRI et Rue des Combattants d'AFN, le busage sous Rochexpo (OH4), le pont entre les parking de Rochexpo (OH5) et le dalot sous la RD1203 (OH6).

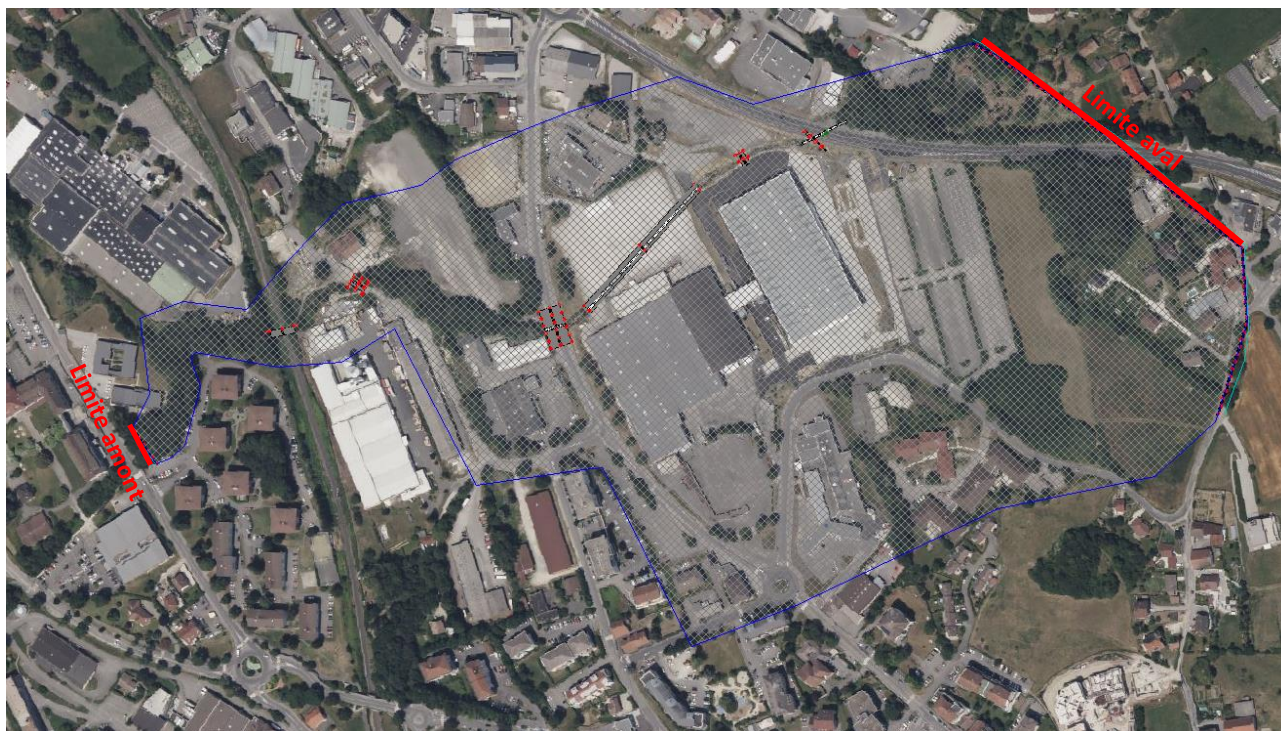


Figure 4 : le modèle 2D

### II.3.2 Conditions aux limites

Les conditions aux limites du modèle ont été fixées comme suit :

- A l'amont : introduction de l'hydrogramme de crue correspondant à la crue centennale. La modélisation est réalisée en régime transitoire.
- A l'aval : écoulement « normal » avec la pente du lit égal à 5.1%.

### II.3.3 Débits utilisés – scénarios modélisés

La modélisation a été réalisée pour l'occurrence 100 ans avec un hydrogramme de crue triangulaire. La durée de montée de la crue est de 60 minutes avec un débit de pointe de  $8.36 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### II.3.4 Calage du modèle

Le modèle hydraulique permet de calculer, à partir des données en entrée (géométrie, débits de référence), les hauteurs et vitesses d'eau moyennes section par section. Le calage du modèle est une phase importante dans la construction de celui-ci, il s'agit par des essais successifs d'affiner les coefficients de rugosité du lit (donnés par la littérature) pour que le modèle reproduise des conditions « réelles » d'écoulement, observées par le passé par exemple (utilisation des repères de crue, ...).

Les conditions d'écoulement en lit mineur sont dépendantes de la typologie du lit mineur. Celui-ci est assez encombrés jusqu'à l'OH3 avec beaucoup de végétation assez peu entretenue. Ensuite, entre l'OH3 et l'OH4, le lit ne présente plus de ripisylve et la rugosité est plus faible. Il est en de même jusqu'au franchissement de la RD1203. Les coefficients de Manning suivants ont été retenus :

Emplacement	Description	Valeur de n
Lit mineur	Lit rectiligne avec une rugosité assez faible sur la partie en aval de l'OH3 et rugosité plus élevée dans la partie amont	0,033 à 0,05
Lit majeur	Lit majeur avec une urbanisation type zone d'activités	0,06
Lit majeur parking	Faible rugosité, surface goudronnée	0,02

**Tableau 2 : Valeurs du coefficient de Manning utilisé**

En effet, plus un sol est rugueux, plus il provoquera une élévation de la ligne d'eau et un ralentissement de l'écoulement, toutes choses étant égales par ailleurs (débit, pente...).

## II.4 RESULTATS DE LA MODELISATION

Les résultats de la modélisation sont repris ci-après sous la forme de carte des hauteurs d'eau, carte des vitesses et carte des aléas inondation.

Les cartes montrent les hauteurs et vitesses maximums calculées lors de la modélisation.

La capacité du lit mineur est globalement suffisante pour permettre l'écoulement de la crue centennale du ruisseau du Merle. On note par contre des débordements en rive droite au niveau du pont rue Adhemar FABRI (OH2). L'eau débordée s'écoule le long de cette rue, part en direction des deux entreprises situées en contre-bas et rejoint la rue des Combattants d'AFN. L'eau s'écoule sur cette rue en direction du ruisseau et vers le sud.

Une partie du débit entre au niveau de Rochexepo et contourne le bâtiment. Une autre s'écoule sur les parkings en contre-bas où le projet de l'Aréna est prévu. Les hauteurs d'eau et vitesses à ce niveau restent faibles.

Les hauteurs d'eau sont centimétriques et les vitesses restent inférieures à 30 cm/s.

L'aléa au niveau du parking où est prévu l'Aréna est très faible.

Cette modélisation ne prend pas en compte les éventuels embâcles susceptibles de se produire compte tenu de la nature boisées des berges.



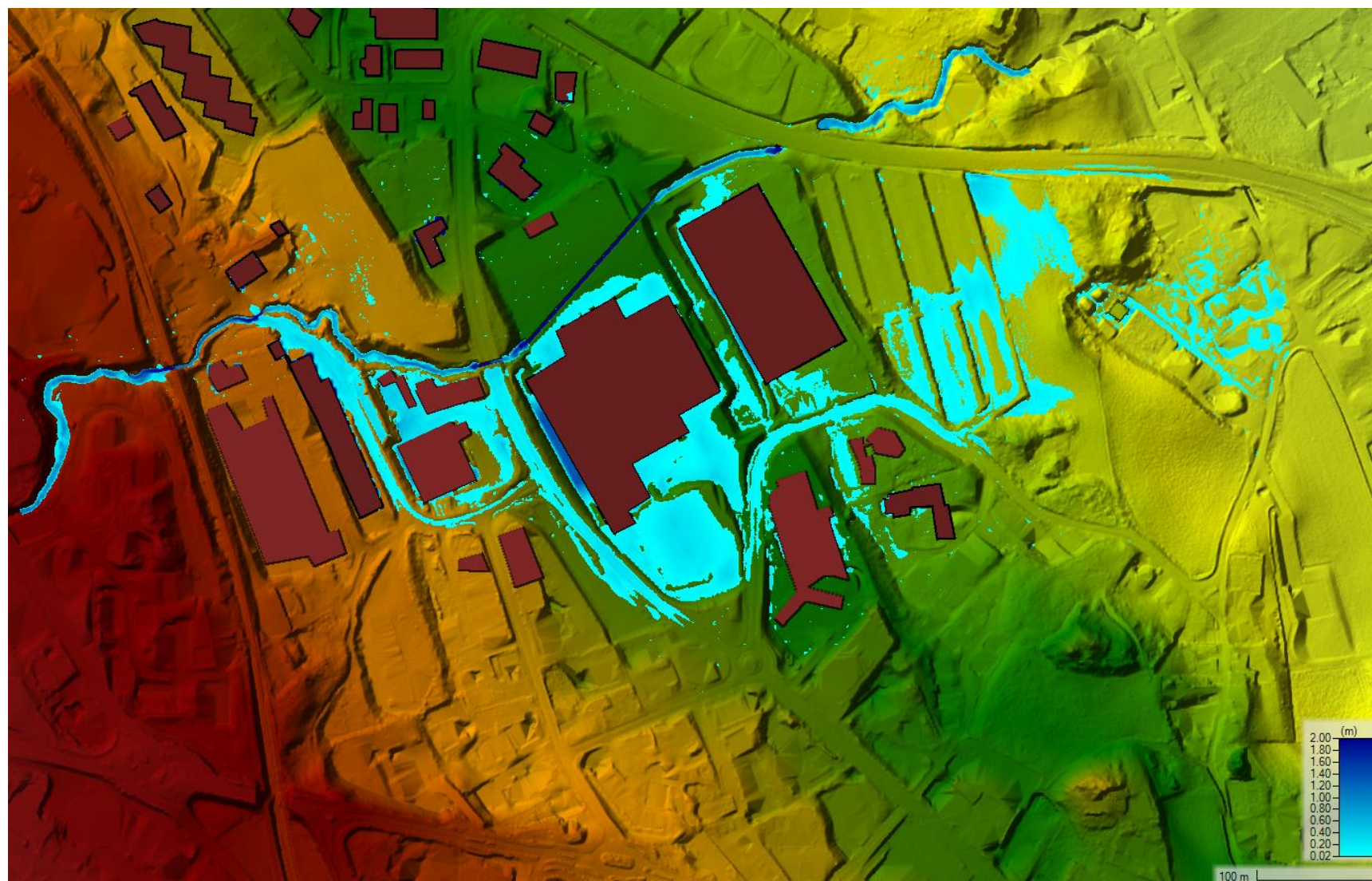


Figure 5 : crue centennale – hauteur d'eau - fond de plan MNT





Figure 6 : crue centennale – hauteur d'eau - fond de plan photo aérienne





Figure 7 : crue centennale – vitesse - fond de plan MNT



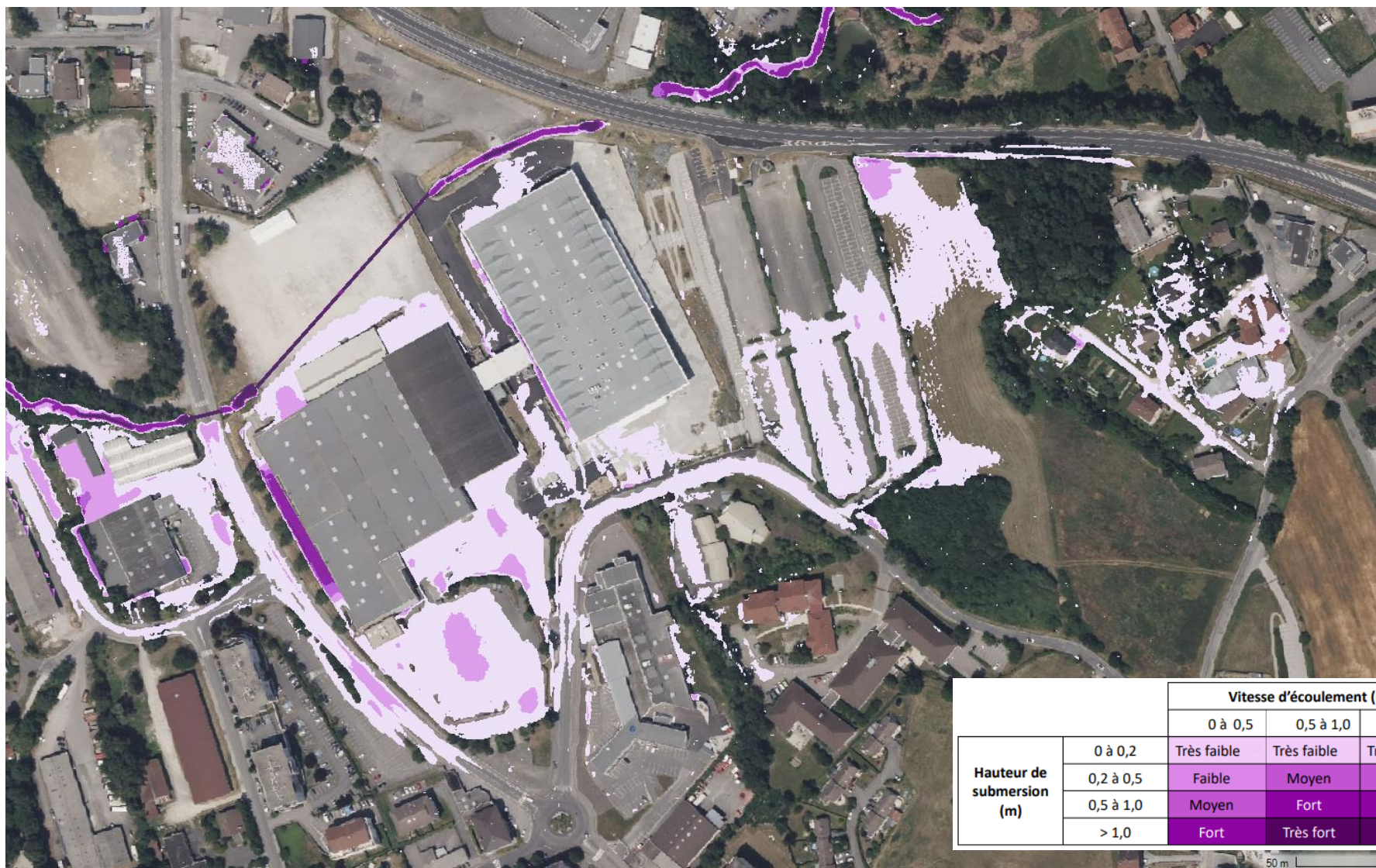


Figure 8 : crue centennale –carte des aléas - fond de plan photographie aérienne

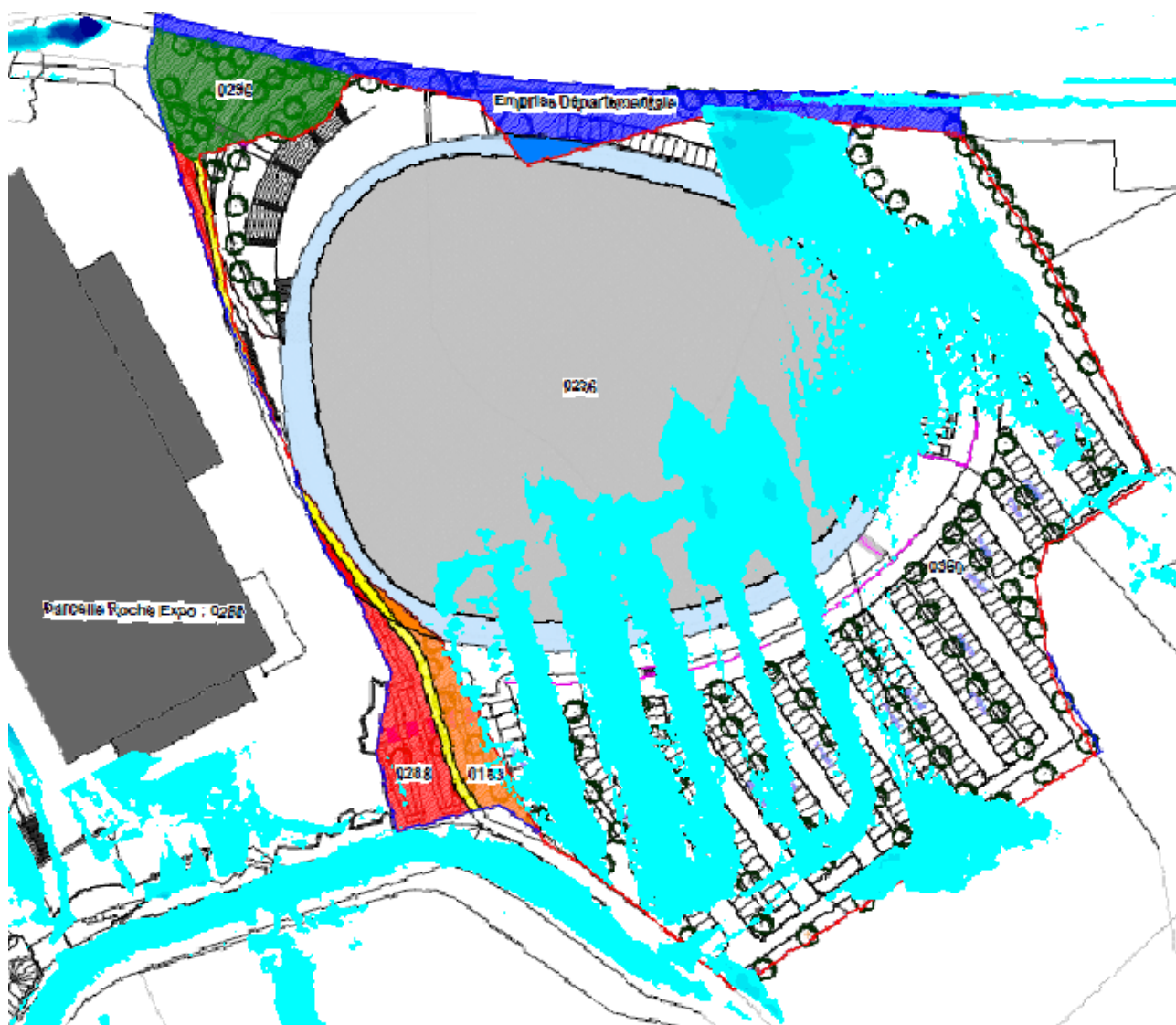


Figure 9 : crue centennale – emplacement du projet d'Aréna et hauteur d'eau





# Annexe 1 : Formules employées dans le cadre de l'étude

## Formules des temps de concentration

### Giandotti

$$tc = 60 \times ((4A^{0,5} + 1,5L) / (0,8H^{0,5}))$$

Avec :

- tc : Temps de concentration en min.
- A : Surface drainée du BV en Km<sup>2</sup>.
- L : Longueur totale du thalweg le plus long en m.
- H : Dénivelée en m.

### Kirpich

$$tc = 0,01947 \times ((1000L)^{0,77}) \times i^{(-0,385)}$$

Avec :

- tc : Temps de concentration en min.
- L : Longueur totale du thalweg le plus long en m.
- i : Pente moyenne du BV en m/m.

### Ventura

$$tc = 7,63 \times ((A/i)^{0,5})$$

Avec :

- tc : Temps de concentration en min.
- A : Surface drainée du BV en Km<sup>2</sup>.
- i : Pente moyenne du BV en m/m.

### Sogreah

$$tc = 0,90 \times ((100A)^{0,35}) \times C(T)^{(-0,35)} \times i^{(-0,50)}$$

Avec :

- tc : Temps de concentration en min.
- A : Surface drainée du BV en Km<sup>2</sup>.
- C (T) : Coefficient de ruissellement pondéré pour la période de retour T.
- i : Pente moyenne du BV en m/m.



## Méthode des Vitesses

$$t_c = L / (V \times 60)$$

Avec :

- $t_c$  : Temps de concentration en min.
- $L$  : Longueur totale du thalweg le plus long en m.
- $V$  : Vitesse moyenne de l'écoulement en m/s : Si  $i < 1\%$  :  $V = 1$  m/s  
Si  $1\% < i < 10\%$  :  $V = 1 + (i - 1) / 9$  m/s  
Si  $i > 10\%$  :  $V = 2$  m/s

## Richards

$$t_c^3 / (t_c + 1) = 9,81 \times (m / (C(T) \times R)) \times (L^2 / (i \times K))$$

Avec :

- $t_c$  : Temps de concentration en h.
- $m = \alpha \times (C \times R)^{(-\beta)}$  et  $R = I(T) \times (t_c + 1)$ .
- $L$  : Longueur totale du thalweg le plus long en m.
- $i$  : Pente moyenne du BV en m/m.
- $K$  : Abattement spatial de l'averse dépendant de la région étudiée, ici  $K = 1$  [11].
- $I$  : Intensité de pluie moyenne en mm/h pour la période de retour  $T$  de durée  $t_c$ .
- $C(T)$  : Coefficient de ruissellement pondéré pour la période de retour  $T$ .
- Si  $0 < C(T) \times R < 200$  alors  $\alpha = 0,112$  et  $\beta = 0,53$ .
- Si  $55 < C(T) \times R < 200$  alors  $\alpha = 0,26$  et  $\beta = 0,72$ .

## Temps de concentration pour une période de retour $T > 10$ ans

$$t_c(T) = t_{c10} \times (((P(T) - P_0) / (P_{10} - P_0))^{(-0,23)})$$

Avec :

- $t_c$  : Temps de concentration pour la période de retour  $T$  en min.
- $t_{c10}$  : Temps de concentration décennal en min.
- $P(T)$  : Pluie journalière de période de retour  $T$  en mm.
- $P_{10}$  : Pluie journalière décennale en mm.
- $P_0$  : Rétention initiale en mm.

## Coefficient de ruissellement pour une période de retour $T > 10$ ans

$$C(T) = 0,8 \times (1 - (P_0 / P(T)))$$

Avec :

- $C(T)$  : Coefficient de ruissellement pondéré pour la période de retour  $T$ .
- $P(T)$  : Pluie journalière de période de retour  $T$  en mm.
- $P_0$  : Rétention initiale en mm.
- Si  $C(T = 10) < 0,8$  :  $P_0 = (1 - (C(T = 10) / 0,8)) \times P_{10}$ .
- Si  $C(T = 10) > 0,8$ , on admettra généralement  $P_0 = 0$  et  $C(T) = C(T = 10)$ .

- $P_{10}$  : Pluie journalière décennale en mm.

## Formules de détermination des débits de projet

### Formule Rationnelle (Domaine de Validité jusqu'à 1 Km<sup>2</sup>)

$$Q(T) = (C(T) \times I(T) \times A) / 3,6$$

Avec :

- $Q(T)$  : Débit de projet de période de retour  $T$  en m<sup>3</sup>/s.
- $C(T)$  : Coefficient de ruissellement pondéré pour la période de retour  $T$ .
- $I(T)$  : Intensité de pluie moyenne en mm/h pour la période de retour  $T$  de durée  $t_c$ .
- $A$  : Surface drainée du BV en Km<sup>2</sup>.

### Formule de Transition (Domaine de Validité compris entre 1 et 10 Km<sup>2</sup>)

$$Q(T) = \alpha \times Q_R(T) + \beta \times Q_C(T)$$

Avec :

- $Q(T)$  : Débit de projet de période de retour  $T$  en m<sup>3</sup>/s.
- $Q_R(T)$  : Débit fourni par la formule rationnelle pour une période de retour  $T$  en m<sup>3</sup>/s.
- $Q_C(T)$  : Débit fourni par la formule Crupédix pour une période de retour  $T$  en m<sup>3</sup>/s.
- $\alpha, \beta$  : Coefficients de pondération :

$\alpha$  varie linéairement de 1 à 0 lorsque la superficie ( $S$ ) croît de 1 à 10 Km<sup>2</sup>, d'où :

- $\alpha = (10 - A) / 9$  en France, sauf Façade méditerranéenne.
- $\beta = 1 - \alpha$ .
- $A$  : Surface drainée du BV en Km<sup>2</sup>.

## Méthode routière

$$Q_{i100} = 2 \times Q_{i10}$$

## Méthode du Gradex

$$Q_{100}^{moy} = Q_{10}^{moy} + 2,35 \times ((g_{mm/h}^{tc} \times A) / 3,6)$$

Avec :

- $Q_{100}^{moy}$  : Débit centennal moyen (m<sup>3</sup>/s).
- $Q_{10}^{moy}$  : Débit décennal moyen (m<sup>3</sup>/s).
- 2,35 : Variation de la variable de Gumbel entre les fréquences décennale et centennale.
- $g_{mm/h}^{tc}$  : Gradex des pluies calculées en mm/h, pour le temps de concentration du bassin versant.
- $A$  : Surface drainée du BV en Km<sup>2</sup>.