



COMMUNE DE CLERMONT-L'HÉRAULT
COMMUNAUTÉ DE COMMUNES DU CLERMONTAIS

PLAN LOCAL D'URBANISME

Pièce n°4 : Annexes

4.11 – Secteurs à risque d'inondation

4.11.2 – Étude hydraulique du Rhonel et du Garel, CCE&C, 2018

Révision générale approuvée le 6 mars 2024





ÉTUDE HYDRAULIQUE DU RONEL ET DU GAREL

RAPPORT D'ÉTUDE

Janvier 2018

Sommaire

I. Contexte	2
I.1. Localisation géographique	2
I.2. Recueil de données	3
I.3. Expertise de site	3
II. Données topographiques	4
II.1.1. Levé LIDAR	4
II.1.2. Levé des ouvrages de franchissement	6
III. Etude hydraulique du Ronel	7
III.1. Hydrologie	7
III.1.1. Caractéristiques des bassins versants	7
III.1.2. Débits de pointe	9
III.2. Modélisation hydraulique	11
III.2.1. Présentation du code de calcul	11
III.2.2. Emprise du modèle	11
III.2.3. Construction du maillage	12
III.2.4. Paramètres hydrauliques	14
III.2.5. Résultats	14
III.2.6. Impact sur le réseau pluvial	29
IV. Etude hydraulique du Garel	30
IV.1. Hydrologie	31
IV.2. Modélisation hydraulique	32
IV.2.1. Présentation du modèle	32
IV.2.2. Paramètres hydrauliques	33
IV.2.3. Résultats	33

Liste des illustrations

Figure 1 : Localisation du site d'étude (source : fond de carte IGN)	2
Figure 2 : Les affluents du Ronel (source : fond de carte IGN).....	3
Figure 3 : Levé LIDAR.....	5
Figure 4 : Aperçu de l'acquisition LIDAR.....	5
Figure 5 : Emprise du modèle (source : Géoportail)	12
Figure 6 : Maillage de la zone d'étude.....	13
Figure 7 : Topographie du maillage.....	13
Figure 8 : rue de l'Arnet.....	15
Figure 9 : confluence Ronel/Fontenay.....	16
Figure 10 : Secteur de la cave coopérative	17
Figure 11 : Pont de la rue Voltaire.....	18
Figure 12 : Secteur pont de la gare routière.....	19
Figure 13 : Centre hospitalier (rive droite) et zone d'activités (rive gauche).....	20
Figure 14 : aval de la RD609.....	21
Figure 15 : écoulements sur l'avenue Gambetta	22
Figure 16 : écoulements dans la zone d'activités provenant de l'avenue de Montpellier.....	23
Figure 17 : écoulements sur voirie entre le Ronel et le parking de la gare.....	24
Figure 18 : pont de la rue Fulcrand	25
Figure 19 : secteur du parking de la gare.....	26
Figure 20 : écoulements de part et d'autre de la RD609	27
Figure 21 : Localisation des profils en travers	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques géométriques des ouvrages de franchissement.....	6
Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants du Ronel	7
Tableau 3 : Coefficients de ruissellement pour les surfaces naturelles.....	8
Tableau 4 : Coefficients de ruissellement des bassins versants du Ronel.....	8
Tableau 5 : Coefficients de Montana.....	9
Tableau 6 : Intensités de pluie retenues pour le Ronel.....	10
Tableau 7 : Débits de pointe - Ronel.....	10
Tableau 8 : Densité des lignes de structure	12
Tableau 9 : Récapitulatif des débordements	28
Tableau 10 : Caractéristiques des bassins versants du Garel.....	31
Tableau 11 : Coefficients de ruissellement des bassins versants du Garel	31
Tableau 12 : Intensités de pluie retenues pour le Garel	31
Tableau 13 : Débits de pointe - Garel.....	31
Tableau 14 : Résultats de la modélisation 1D	33

Liste des planches graphiques

- Planche 1 : Localisation des ouvrages6
- Planche 2 : Bassins versants7

Liste des annexes

Annexe 1 : Planches graphiques

Annexe 2 : Photographies des ouvrages hydrauliques

Annexe 3 : Formule de Caquot

Annexe 4 : Cartographie des modélisations hydrauliques

Annexe 5 : Résultats de la modélisation 1D

Avant-propos

La commune de Clermont l'Hérault souhaite disposer d'une étude sur le fonctionnement hydraulique du cours d'eau principal traversant la commune, le Ronel.

Le Ronel, qui est un affluent de la Lergue, présente un linéaire d'environ 9 km. Lors de la traversée du centre-ville (selon un axe Ouest-Est), ce cours d'eau se retrouve fortement anthropisé : son lit est artificialisé (section rectangulaire en béton). De plus, de nombreux ouvrages de franchissement sont présents.

L'objectif de cette étude est de définir les zones inondables de ce cours d'eau ainsi que les niveaux atteints pour différentes crues afin d'appréhender l'impact qu'il peut avoir sur le fonctionnement des réseaux d'eaux pluviales.

D'autre part, cette étude s'intéressera également au Garel, un autre cours d'eau situé sur la commune. L'objectif ici est de déterminer l'inondabilité par ce ruisseau, des parcelles en amont de la zone d'activités des Tannes basses, celles-ci étant destinées à être urbanisées.

Le présent document constitue le rapport de l'étude hydraulique réalisée par CCE&C. Pour chaque cours d'eau, le rapport se décompose en plusieurs parties :

- Un travail préliminaire comprenant visite de site et recueil de données ;
- Une analyse hydrologique visant à déterminer les débits de pointe ;
- Une modélisation hydraulique permettant de définir les zones inondables.

I. Contexte

I.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE

Les deux cours d'eau étudiés sont :

- Le Ronel : ce cours d'eau qui prend sa source à l'Ouest de Clermont l'Hérault, traverse le centre-ville selon un axe Ouest-Est et est un affluent rive droite de la Lergue. En amont du centre-ville, il est alimenté par deux petits affluents : le Fontenay et l'Arnet ;
- Le Garel : ce ruisseau longe la RD2 entre Clermont l'Hérault et Canet, et se jette dans l'Hérault à Canet. Il présente un linéaire de 3.5 km. Le tronçon étudié est compris entre le centre-ville de Clermont et la zone artisanale « les Tannes Basses », adossée à l'A75.

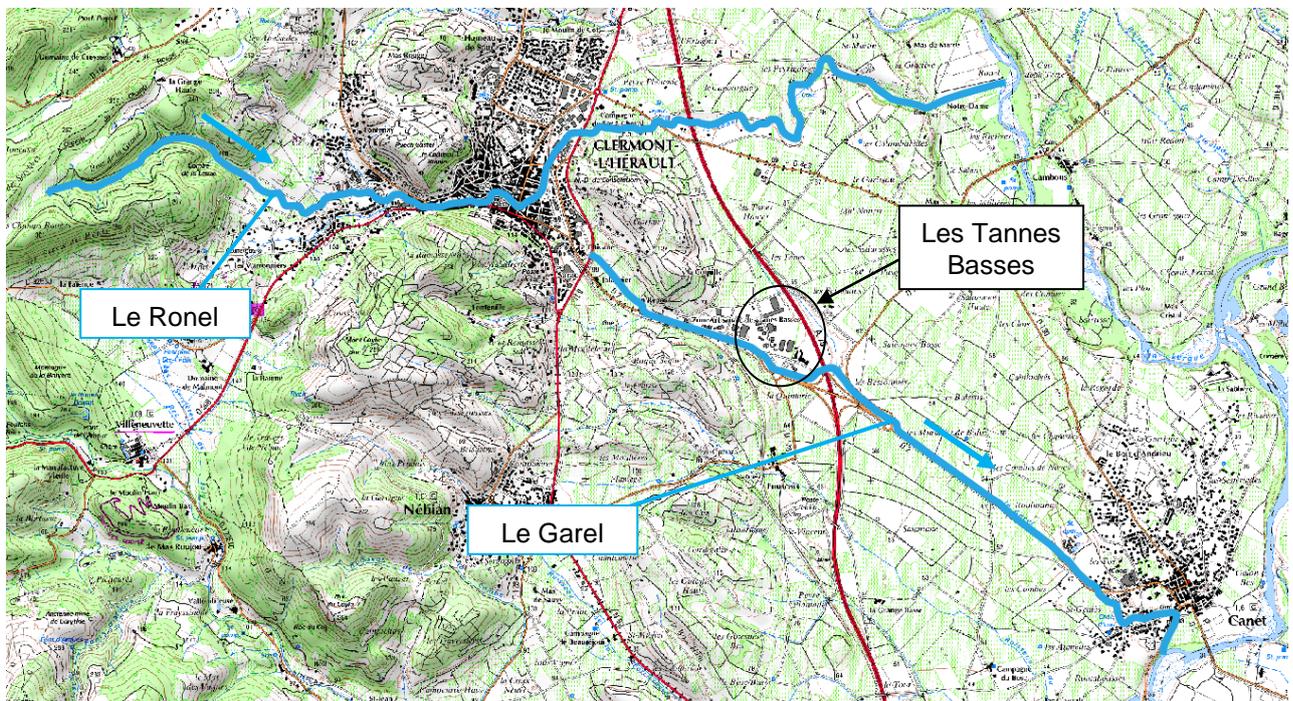


Figure 1 : Localisation du site d'étude (source : fond de carte IGN)

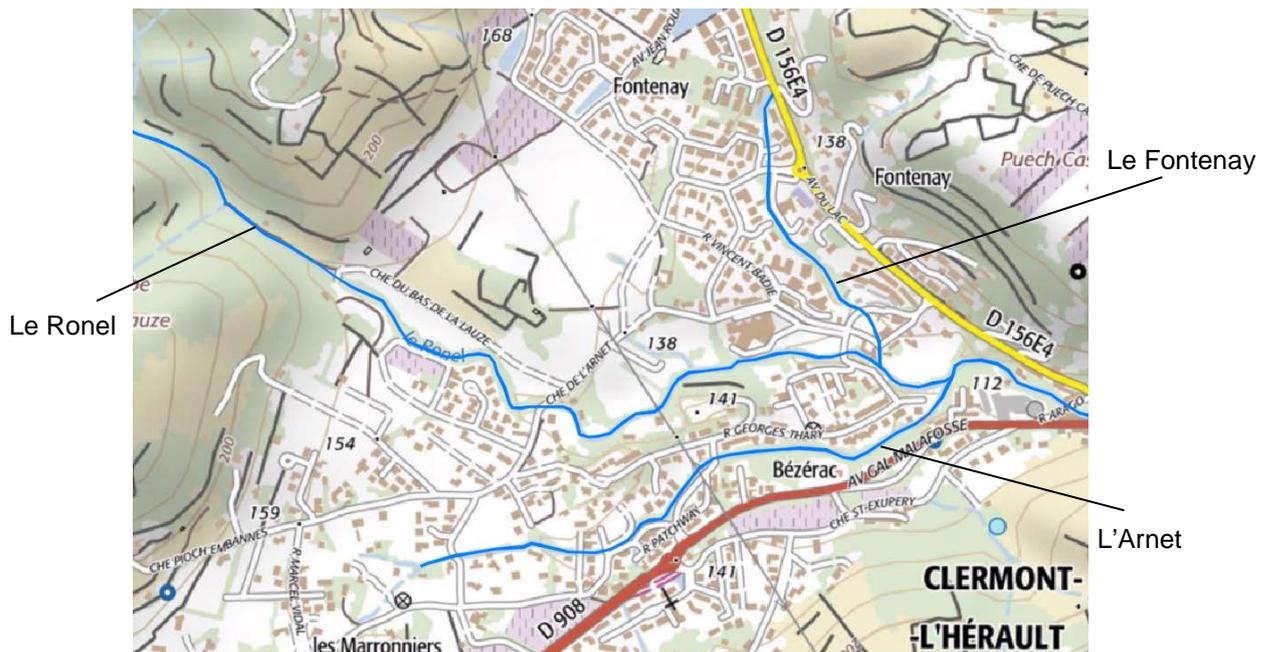


Figure 2 : Les affluents du Ronel (source : fond de carte IGN)

I.2. RECUEIL DE DONNEES

En début de mission, il a été effectué un recueil de données auprès de la maîtrise d'ouvrage et des acteurs locaux. Le présent paragraphe liste les documents récoltés et les informations qui en ont été extraites :

- **Etude des zones inondables du Ronel et du Garel, SIEE, mars 2000.**
- **Etude des zones inondables critiques du Ronel, SIEE, mars 2001.**
 - Cette étude, commandée par la commune, fournit des scénarios d'aménagements sur deux tronçons du Ronel identifiés comme très étant fortement débordants : le pont de l'hôpital, l'aval de la RN9 (RD609). Par ailleurs, le secteur avenue de Montpellier/cimetière a été identifié comme fortement inondable par ruissellement pluvial.

I.3. EXPERTISE DE SITE

Plusieurs visites de site ont été réalisées par CCE&C à l'été 2017 :

- Une première visite a été effectuée afin de déterminer les bassins versants drainés par la zone d'étude. Ainsi, l'ensemble du territoire communal a été parcouru à pied et en voiture afin d'identifier les principaux thalwegs, axes d'écoulement, ligne de crête, etc.
- Une seconde visite a eu et les lits mineurs du Ronel et de ses affluents ont été parcourus à pied par le chef de projet afin de déterminer la nature du lit, l'état des berges, les caractéristiques des ouvrages hydrauliques.

La zone d'étude peut-être divisée en trois secteurs dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous.

- Amont du centre-ville : en amont du centre-ville, le Ronel se situe dans un contexte faiblement urbanisé. Son lit présente une section naturelle peu marquée et des matériaux naturels. Cependant, plusieurs facteurs favorisant les débordements peuvent être identifiés : la présence d'ouvrages hydrauliques (buses, arches de faibles dimensions) limitants, les faibles dimensions des ruisseaux.
- Centre-ville : le lit du Ronel est entièrement anthropisé. Il présente une section rectangulaire en béton, d'une largeur de l'ordre de 10-15m et d'une hauteur de l'ordre de 5-10m. Des nombreux ouvrages de franchissement de type tablier ont été observés. Ces derniers constituent des points de débordements privilégiés. En effet, hormis au droit de ces ouvrages, le risque de débordement est faible puisque le ruisseau présente une section importante et la nature du lit (béton) associée à la pente moyenne (entre 1% et 2%) favorise des vitesses d'écoulement relativement importantes.
- Aval du centre-ville : en aval du centre-ville (après la RD609), le Ronel retrouve un lit naturel, constitué de matériaux fins/grossiers (sable/cailloux). Les berges sont fortement végétalisées (ripisylve dense constituée d'arbres et arbustes). Le tracé du Ronel est fortement méandreux ce qui s'explique par la pente faible (de l'ordre de 1%). Dans ce secteur, le risque de débordement est important en raison de la section d'écoulement réduite par endroits et de la pente. Cependant, les enjeux sont très faibles car il s'agit d'une zone très peu urbanisée.

II. Données topographiques

II.1.1. Levé LIDAR

La réalisation du modèle hydraulique 2D nécessite de disposer de données topographiques précises. Un levé LIDAR (Light Detection and Ranging) permet de répondre à ce besoin. Il s'agit d'une technologie de mesure optique permettant la réalisation de semis de points au sol sur de grandes surfaces avec une densité élevée. La précision des points est équivalente à celle des levés traditionnels, mais avec un temps d'acquisition et de traitement nettement plus faible que les méthodes aériennes classiques (photogrammétrie).



Figure 3 : Levé LIDAR

Cette prestation a été réalisée par la société OPSIA et les données ont été remises aux Services techniques de la commune.

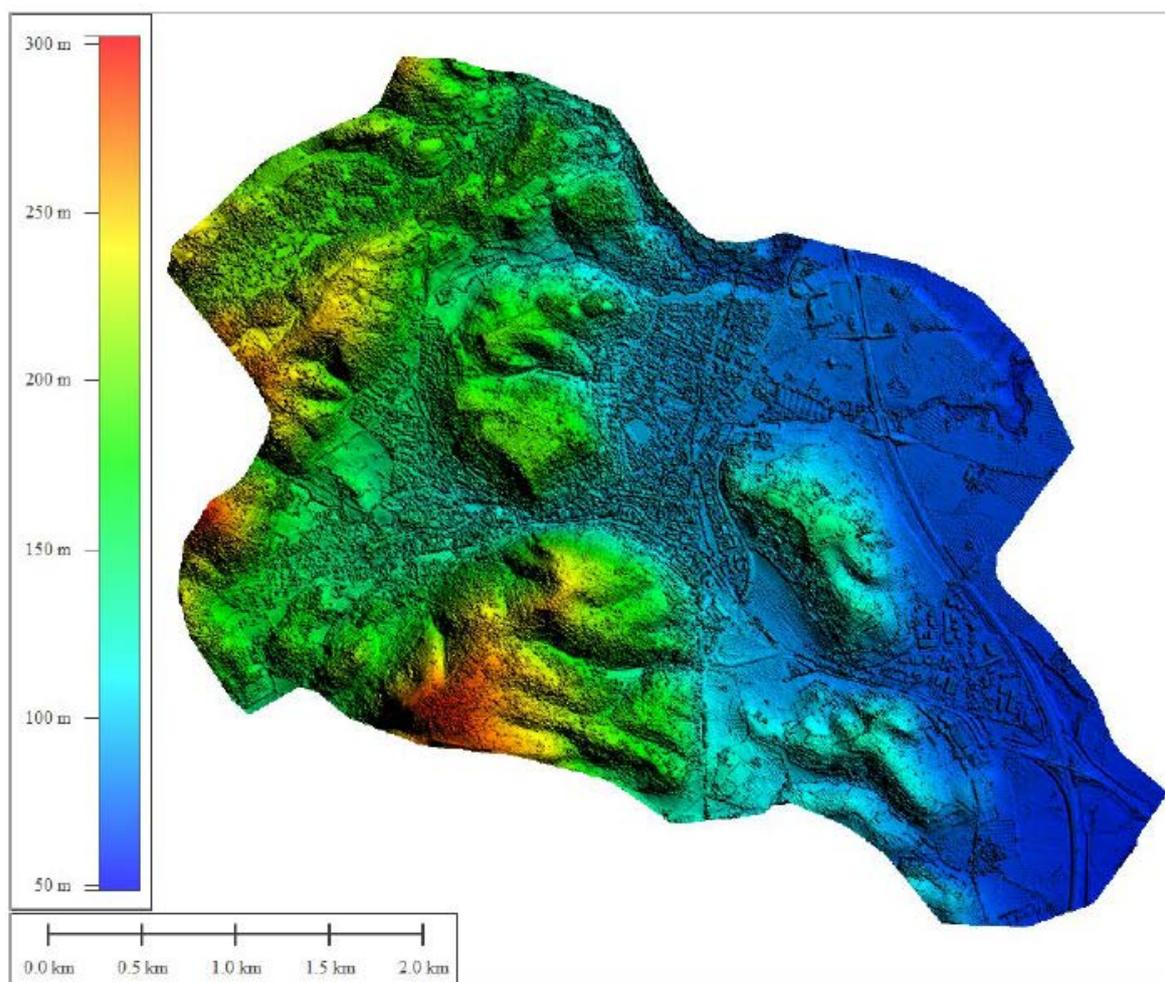


Figure 4 : Aperçu de l'acquisition LIDAR

II.1.2. Levé des ouvrages de franchissement

- *Planche 1 : Localisation des ouvrages*

Par ailleurs, les modélisations nécessitent de lever avec précision l'ensemble des ouvrages de franchissement du Ronel. Ainsi, 23 ouvrages hydrauliques ont été levés sur site par CCE&C. Ces ouvrages sont localisés sur la planche n°1 et leurs caractéristiques sont détaillées dans le tableau ci-après.

N°OH	Type	Hauteur (m)	Epaisseur tablier (m)	Largeur (m)	Longueur (m)
1	cadre	non levé	non levé	8.00	25.00
2	arche	2.90	1.60	7.20	6.15
3	cadre	3.25	0.85	8.90	13.25
4	cadre (x5)	1.40	0.40	2.15	14.5 (rive gauche) 20 (rive droite)
5	cadre	3.10	0.40	10.50	24.00
6	cadre	3.35	1.00	10.05	7.00
7	cadre	3.05	0.35	10.25	8.50
8	cadre	3.50	0.50	7.50	9.80
9	cadre	3.60	0.80	7.90	7.25
10	cadre	2.45	0.95	8.00	35.00
11	cadre	3.73	0.65	7.95	6.60
12	cadre	5.80	0.55	7.00	5.00
13	arche	5.30	2.40	5.70	9.75
14	arche	4.30	2.70	7.80	4.40
15	cadre	1.45	0.15	2.60	3.50
16	arche	2.20	0.80	3.75	12.50
17	cadre	1.90	0.40	4.00	1.90
18	cadre	0.80	0.35	2.45	12.80
19	cadre	1.00	0.70	2.00	15.25
20	arche	1.50	1.00	4.25	17.80
21	buse	∅2200	1.00	-	10.00
23	cadre	0.70	0.20	1.10	9.40
24	buse	∅1500	1.10	-	5.50

Tableau 1 : Caractéristiques géométriques des ouvrages de franchissement

Les photographies des ouvrages sont par ailleurs disponibles en annexe.

III. Etude hydraulique du Ronel

III.1. HYDROLOGIE

III.1.1. Caractéristiques des bassins versants

- *Planche 2 : Bassins versants*

La zone d'étude draine un bassin versant global de 654 ha. Celui-ci peut-être subdivisé en 10 sous-bassins versants. Le découpage de ces sous-bassins a été réalisé sur fond de carte IGN et a été affiné lors des visites de terrain. Ont été identifiés les thalwegs et axes d'écoulement principaux drainant de grandes surfaces de bassins versants. En ce qui concerne les zones urbanisées, CCE&C a pu s'appuyer sur sa connaissance du réseau pluvial de la commune afin de déterminer les principaux réseaux et axes d'écoulement et ainsi réaliser un découpage pertinent des bassins versants.

Le tableau ci-dessous détaille les caractéristiques de chacun des sous-bassins.

	Surface (ha)	Surface imperméabilisées (ha)	Chemin hydraulique (m)	Pente moyenne	Temps de concentration	Taux d'imperméabilisation
BV1	36.0	4.5	1028	2%	30 min	13%
BV2	59.5	29.6	1152	15%	15 min	50%
BV3	90.1	18.8	934	19%	15 min	21%
BV4	37.2	6.4	911	16%	11 min	17%
BV5	160.2	6.6	3039	7%	39 min	4%
BV6	82.7	32.5	1415	9%	22 min	39%
BV7	18.8	5.3	995	6%	12 min	28%
BV8	79.4	41.8	1502	7%	25 min	53%
BV9	53.1	41.4	1515	7%	21 min	78%
BV10	37.0	5.4	792	1%	51 min	15%
Total	654.0	192.3	5700	4%	80 min	29%

Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants du Ronel

Remarques :

- Le temps de concentration a été obtenu en faisant la moyenne des valeurs calculées par les formules de Passini et Ventura, adaptées aux caractéristiques géométriques du bassin versant.
- Les bassins versant 2, 8 et 9 présentent un taux d'imperméabilisation supérieure à 50%. Ces bassins versants sont à dominante urbaine, tandis que les autres bassins sont de type rural. Il en sera tenu compte lors du calcul des débits de pointe, pour lequel des formules adaptées à chaque type de bassin, seront appliquées.

Les coefficients de ruissellement pour les zones naturelles ont été définis ainsi :

C _{10 ans}	C _{30ans}	C _{100 ans}
0.45	0.55	0.70

Tableau 3 : Coefficients de ruissellement pour les surfaces naturelles

Ces coefficients ont été déterminés par la méthode fournie dans le « Guide méthodologique pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement » (Tome 2), publié par la DDTM 34 en Février 2014.

Il en est déduit les coefficients de ruissellement de chaque sous bassin, ces derniers tenant compte de la surface imperméabilisée (pour laquelle un coefficient égal à 1 est appliqué).

	Cr ₁₀	Cr ₃₀	Cr ₁₀₀
BV1	0.52	0.61	0.74
BV2	0.72	0.77	0.85
BV3	0.56	0.64	0.76
BV4	0.54	0.63	0.75
BV5	0.47	0.57	0.71
BV6	0.67	0.73	0.82
BV7	0.61	0.68	0.78
BV8	0.74	0.79	0.86
BV9	0.88	0.90	0.93
BV10	0.53	0.62	0.74
Total	0.61	0.69	0.79

Tableau 4 : Coefficients de ruissellement des bassins versants du Ronel

III.1.2. Débits de pointe

- **Coefficients de Montana**

La pluviométrie utilisée pour le calcul des débits est celle de la station de Montpellier Fréjorgues sur la période 1960-2012, cette station étant la plus représentative, les IDF (courbes Intensité – Durée – Fréquence) ont été calculées sur une longue période.

Pour une durée de pluie comprise entre 6 minutes et 1 heure, les coefficients de Montana sont les suivants :

Coefficients de Montana	Période de retour		
	10 ans	30 ans	100 ans
a	5.248	6.234	7.279
b	0.403	0.388	0.373

Tableau 5 : Coefficients de Montana

Pour une durée de pluie comprise entre 1 heure et 6 heures, les coefficients de Montana sont les suivants :

Coefficients de Montana	Période de retour		
	10 ans	30 ans	100 ans
a	14.573	13.183	10.439
b	0.654	0.569	0.456

Les intensités de pluie utilisées sont calculées comme suit :

$$i = a \cdot t^b$$

où : | a et b sont les coefficients de Montana
 | i est l'intensité de pluie (mm/h)
 | t est la durée de la pluie (min)

- **Méthode rationnelle**

Les débits sont calculés pour les occurrences 10, 30 et 100 ans par la méthode rationnelle selon la formule :

$$Q = C \cdot i \cdot A / 360$$

où : | Q : débit (m³/s)
 | C : coefficient de ruissellement
 | i : intensité de la pluie (mm/h)
 | A : superficie de l'opération (ha).

- **Méthode de Caquot**

Pour les bassins versant 2, 8 et 9, la formule de Caquot a été appliquée. Cette méthode est plus adaptée aux bassins versants urbains. Elle est donnée par la formule suivante :

$$Q = K \cdot C^{\mu} \cdot i^{\alpha} \cdot A^{\beta} \cdot m$$

où :

- K, μ , α , b sont des paramètres qui dépendent des coefficients de Montana
- C : coefficient de ruissellement
- m est un coefficient de correction de débit
- i : intensité de la pluie (mm/h)
- A : superficie de l'opération (ha).

Le détail de cette formule est fourni en annexe.

- **Débits de pointe**

Les intensités de pluie ont été déterminées en prenant en compte la durée critique du bassin versant total qui est de 85 minutes. En effet, déterminer les intensités de pluie pour la durée critique de chaque sous bassin versant aurait pour effet de surestimer le débit global. Le tableau ci-dessous fournit les intensités de pluie pour chaque période de retour.

Durée critique	i 10ans (mm/h)	i 30ans (mm/h)	i 100ans (mm/h)
85 min	48	63	83

Tableau 6 : Intensités de pluie retenues pour le Ronel

Le tableau ci-dessous détaille les débits de pointe retenus pour chaque sous bassin versant.

Débit de pointe (m ³ /s)				
Période de retour	10 ans	30 ans	100 ans	Méthode utilisée
BV1	2.48	3.83	6.09	Méthode rationnelle
BV2	6.54	9.23	13.25	Formule de Caquot
BV3	6.76	10.18	15.77	Méthode rationnelle
BV4	2.69	4.09	6.42	Méthode rationnelle
BV5	10.06	15.98	26.19	Méthode rationnelle
BV6	7.32	10.54	15.52	Méthode rationnelle
BV7	1.51	2.23	3.38	Méthode rationnelle
BV8	8.47	11.90	16.97	Formule de Caquot
BV9	6.16	8.34	11.30	Formule de Caquot
BV10	2.61	4.00	6.31	Méthode rationnelle

Tableau 7 : Débits de pointe - Ronel

III.2. MODELISATION HYDRAULIQUE

III.2.1. Présentation du code de calcul

Le logiciel de modélisation utilisé pour déterminer le fonctionnement hydraulique sur le secteur d'étude est TELEMAC2D. Il est développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE) de la Direction des Recherches et Développement d'EDF.

Ce code de calcul permet la modélisation bidimensionnelle des écoulements à surface libre. Il est basé sur la résolution des équations de Barré de Saint-Venant en utilisant la méthode des volumes finis, ou des éléments finis. La topographie du terrain naturel est discrétisée sous forme de maillage triangulaire et en tout point le programme calcule les hauteurs et la vitesse moyenne sur la verticale.

Ce logiciel intègre les ouvrages particuliers tels que les digues, seuils, déversoirs, etc. Pour chacun d'eux, le modélisateur a le choix des paramètres et du type de formule de manière à optimiser la représentativité du modèle.

III.2.2. Emprise du modèle

Le modèle couvre un linéaire d'environ 4 km et son emprise a été définie de manière à respecter les contraintes suivantes :

- Assurer l'absence d'impact de la condition aval sur le fonctionnement global ;
- Couvrir la bande susceptible d'être inondée de part et d'autre du Ronel. Le secteur étudié étant très encaissé (présence de nombreuses collines), la bande modélisée est relativement étroite (largeur inférieure à 600 m), notamment dans la traversée du centre urbain.

L'illustration ci-après présente l'emprise retenue pour le modèle.

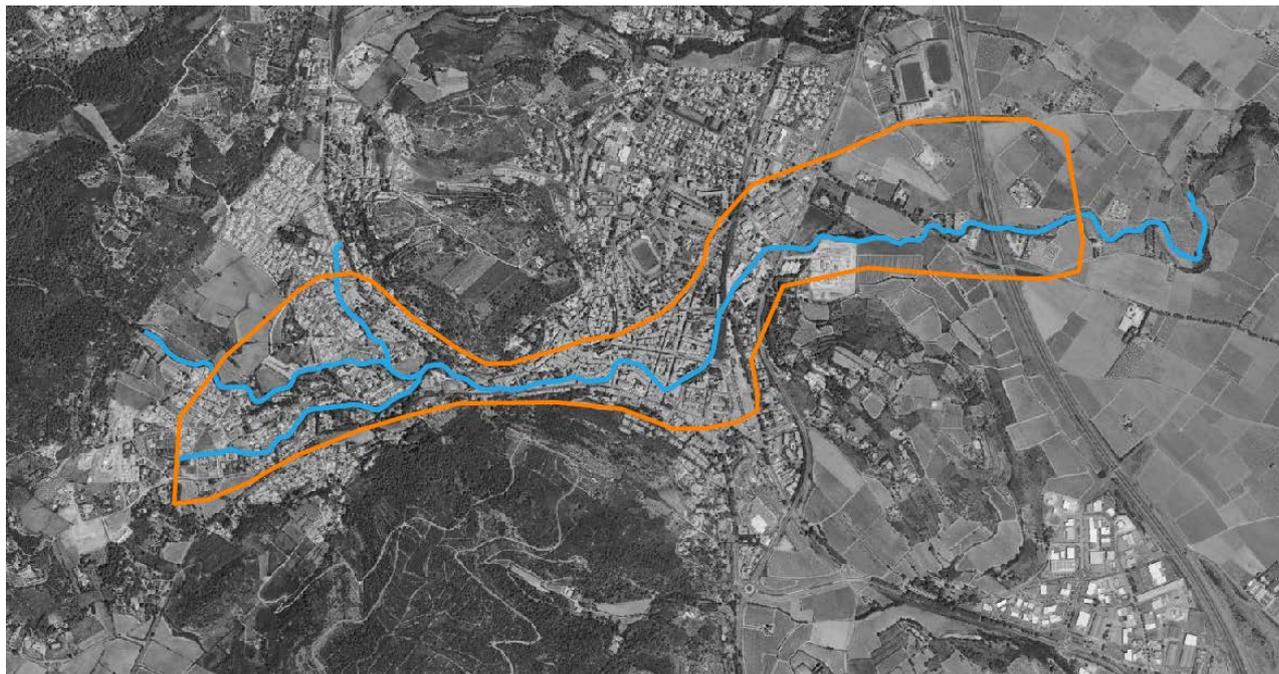


Figure 5 : Emprise du modèle (source : Géoportail)

III.2.3. Construction du maillage

Le maillage a été construit par une résolution des algorithmes de la Triangulation de Delaunay. Cette méthode permet d'obtenir une bonne représentation du terrain naturel et de ses irrégularités.

Des lignes de contraintes permettent de forcer la discrétisation des mailles avec une densité donnée et ainsi de s'assurer de la représentativité du maillage au droit des éléments structurants. Ces lignes de structure ont été appliquées :

- Dans le lit mineur du Ronel et de ses deux affluents ;
- Pour tous les éléments constituant une rupture en termes de topographie : voie ferrée, autoroute, talus, fossés, etc.

Les densités de points suivants, correspondants ensuite à la taille des mailles, ont été appliquées comme suit :

Secteur	Taille des mailles
Lit mineur du Ronel et des affluents, bâtis à proximité directe de ces ruisseaux	2 m
Bâtis et lignes de structures en lit majeur, limite du modèle	4 m
Reste du modèle	15 m

Tableau 8 : Densité des lignes de structure

Le modèle présente un total d'environ 140 000 mailles. Un aperçu du maillage est présenté sur l'illustration ci-après.

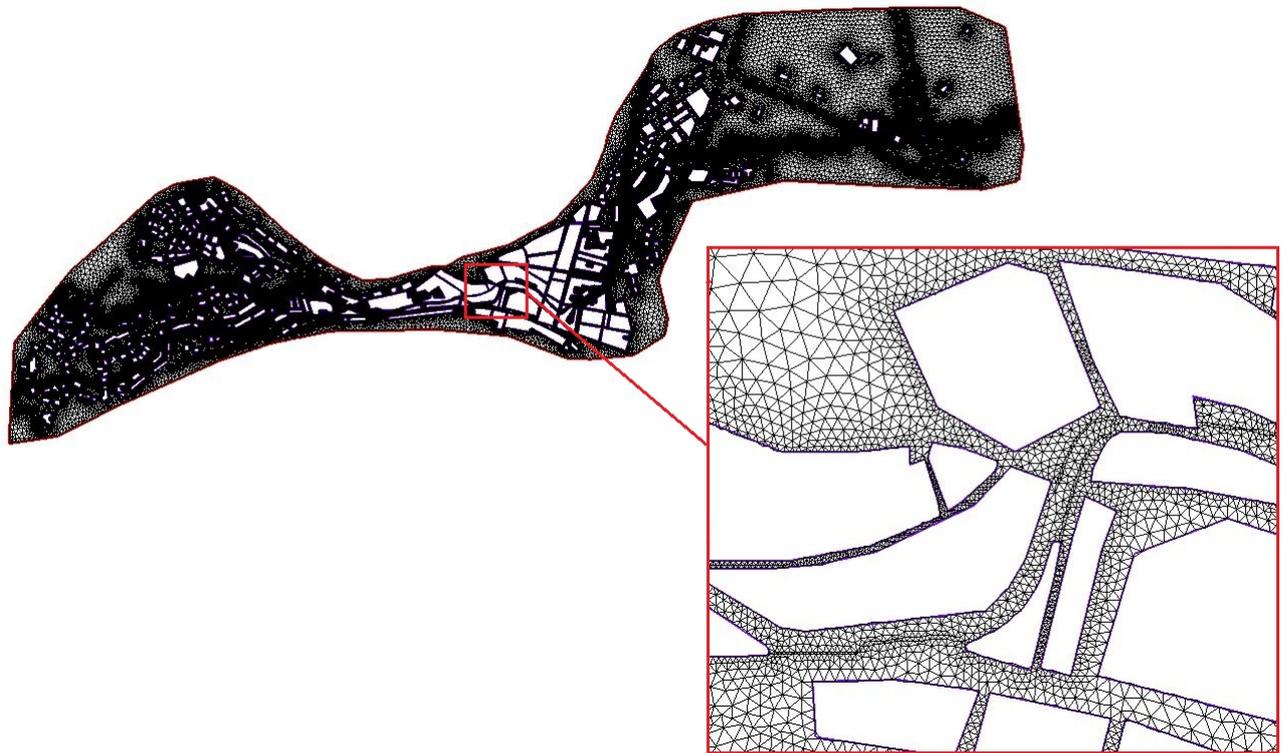


Figure 6 : Maillage de la zone d'étude

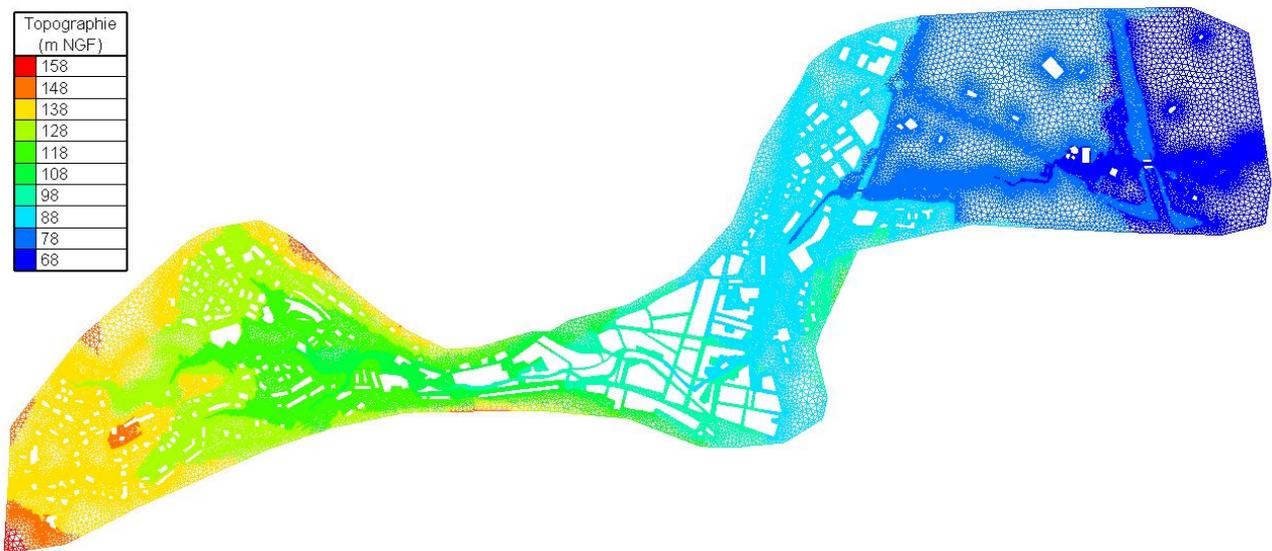


Figure 7 : Topographie du maillage

III.2.4. Paramètres hydrauliques

Les coefficients de Strickler suivants ont été appliqués au modèle hydraulique :

- Zones naturelles : 25 (lit du Ronel et champ majeur naturel)
- Zones urbaines : 55 (il s'agit essentiellement du centre-ville, des voiries et de la partie anthropisée du Ronel).

En règle générale, le coefficient de Strickler est le paramètre qui permet le calage du modèle à partir d'évènements historiques pour lesquels on dispose de données de débit et de hauteurs d'eau. Ici, en l'absence de telles données, il n'a pas été effectué de calage.

Néanmoins, le retour d'expérience de CCE&C permet d'affirmer que le choix des valeurs citées précédemment s'avère pertinent car :

- Il s'agit de valeurs communément admises pour ce type d'occupation du sol ;
- Le modèle présente une faible sensibilité au coefficient de Strickler sur la gamme considérée (entre 20 et 60).

III.2.5. Résultats

Les cartographies des résultats des modélisations (hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement sont présentées en annexe.

De façon générale, deux mécanismes de débordement peuvent être relevés :

- En amont et en aval du centre-ville, la section d'écoulement du Ronel est relativement réduite, ce qui cause des débordements, soit ponctuels (amont du centre), soit généralisés (aval du centre).
- Dans la traversée du centre-ville, le Ronel présente une section d'écoulement très importante. Cependant, certains ouvrages sont limitants et génère une augmentation de la ligne d'eau, voire des débordements en leur amont. Il en résulte des écoulements dont les axes suivent le réseau de voirie.

i. Crue décennale

Les principales zones de débordement sont les suivantes :

- En rive gauche du ruisseau de l'Arnet (rue de l'Arnet) : cela s'explique par les faibles dimensions du ruisseau, voire l'absence de lit mineur marqué en amont. Les eaux s'écoulent parallèlement au ruisseau sur un linéaire de 300 m puis réintègrent ce ruisseau. Les hauteurs de submersion sont inférieures à 30 cm. Des légers débordements sont également observés en rive droite, les hauteurs d'eau étant toutefois inférieures à 10 cm.

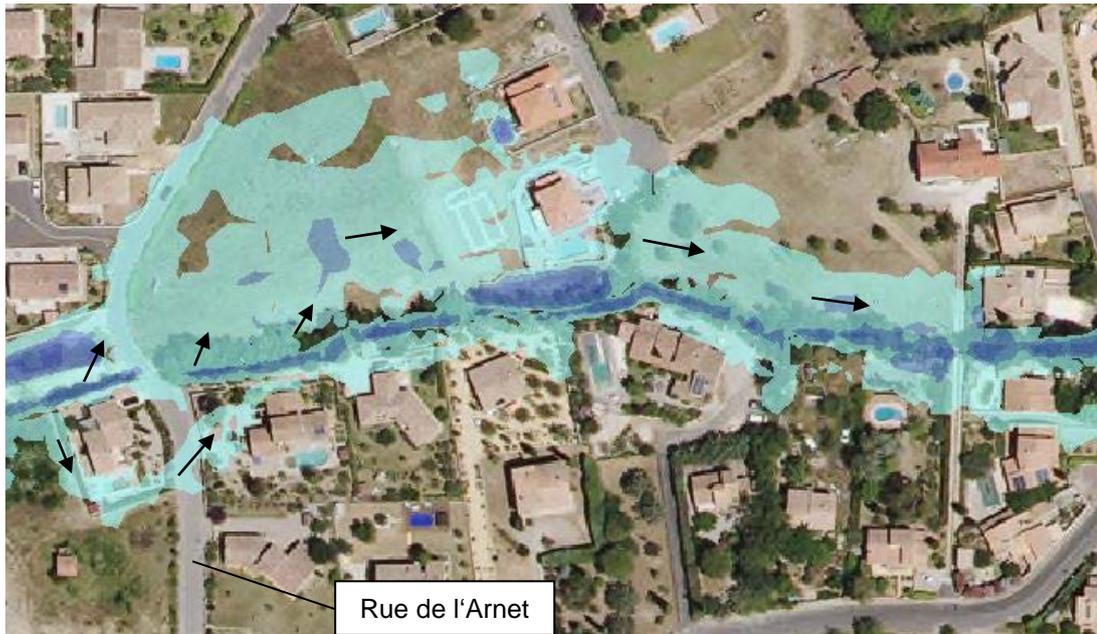


Figure 8 : rue de l'Arnet

- En amont de la confluence Ronel/Fontenay : des débordements sur la rue Hector Berlioz sont causés par l'insuffisance des deux ouvrages de franchissement. Il en résulte des écoulements importants sur voirie (rue Berlioz et chemin de Bezerac) qui se prolongent sur une bande naturelle en rive gauche du Ronel avant de réintégrer celui-ci. Les hauteurs d'eau sont de l'ordre de 10-15cm.



Figure 9 : confluence Ronel/Fontenay

- Au droit de la cave coopérative, l'ouvrage de franchissement (arche de faibles dimensions) est insuffisant est génère des débordements en amont, principalement rive gauche où tous les bâtis sur une longueur de 100 m sont concernés.



Figure 10 : Secteur de la cave coopérative

- Dans le centre-ville, plusieurs ouvrages sont insuffisants et provoquent des écoulements sur voirie :
 - Au pont de la rue Voltaire : des débordements aussi bien en rive gauche qu'en rive droite sont observés (hauteurs d'eau allant jusqu'à 1 m). Les eaux transitent sur la rue Victor Hugo vers l'Est avant de rejoindre le Ronel au boulevard Gambetta.

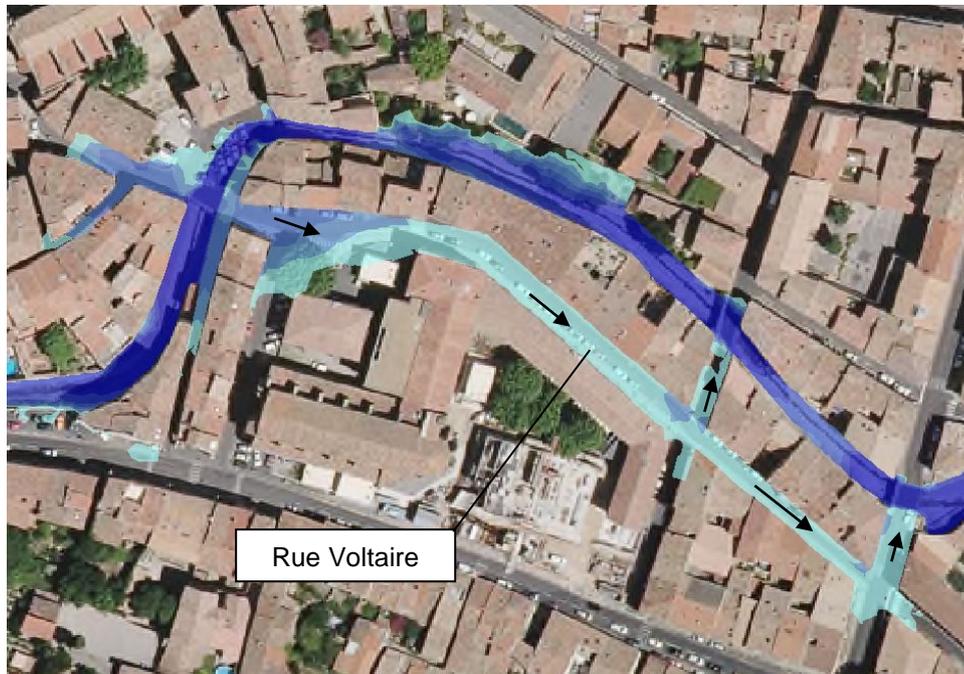


Figure 11 : Pont de la rue Voltaire

- Au pont de la gare routière : cet ouvrage est limitant et génère une augmentation de la ligne d'eau amont du Ronel, ce qui a pour effet l'inondation de la berge gauche (hauteur de submersion : 45 cm environ). Par ailleurs des écoulements se produisent au droit de l'office de Tourisme (h < 15 cm) et rejoignent l'allée Frédéric Mistral, le long du Ronel en berge droite. Les hauteurs d'eau y sont faibles (moins de 3 cm).



Figure 12 : Secteur pont de la gare routière

- Au droit du centre hospitalier, le Ronel présente une section insuffisante, ce qui a pour conséquence des inondations importantes avec des hauteurs d'eau qui atteignent 1.05 m. Des débordements sont également observés dans la zone commerciale (et services techniques) en rive gauche avec des hauteurs d'eau inférieures à 30 cm.

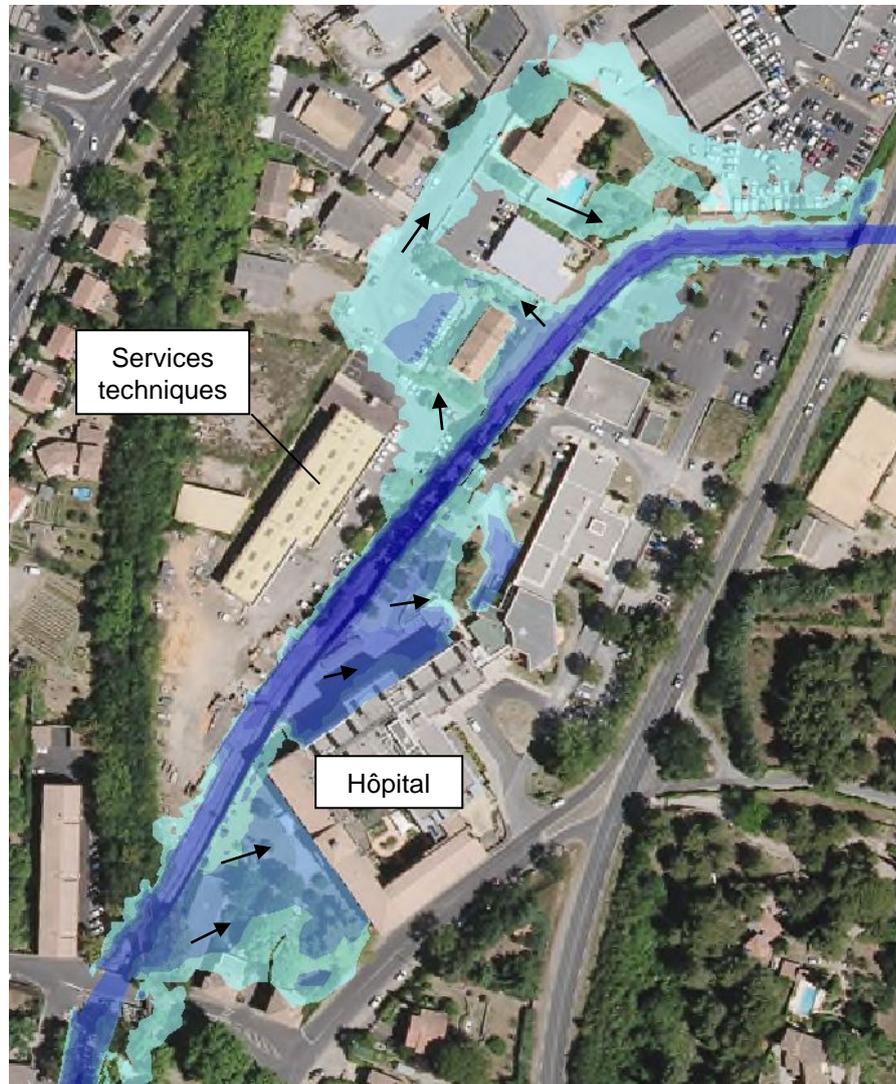


Figure 13 : Centre hospitalier (rive droite) et zone d'activités (rive gauche)

- En aval de la RD609, le Ronel retrouve un lit naturel avec une section d'écoulement réduite et une rugosité plus importante. On observe alors des débordements quasi généralisés en rive gauche entre cette RD et le pont de l'A75. Ce secteur étant très peu urbanisé, seule la déchetterie est impactée par ces débordements.



Figure 14 : aval de la RD609

ii. Crue trentennale

Pour cette crue, en plus des débordements précédemment détaillés, les phénomènes suivants sont observés :

- Dans le centre-ville, les débordements au droit des ouvrages de franchissement génèrent des écoulements sur de nombreuses voiries. Citons notamment :
 - l'avenue Gambetta : les écoulements rejoignent l'avenue de Montpellier et réintègrent le Ronel en amont de la RD609, en traversant la zone d'activités et commerciale. Les hauteurs sont toutefois faibles (de l'ordre de 3 cm, 10 cm au maximum).

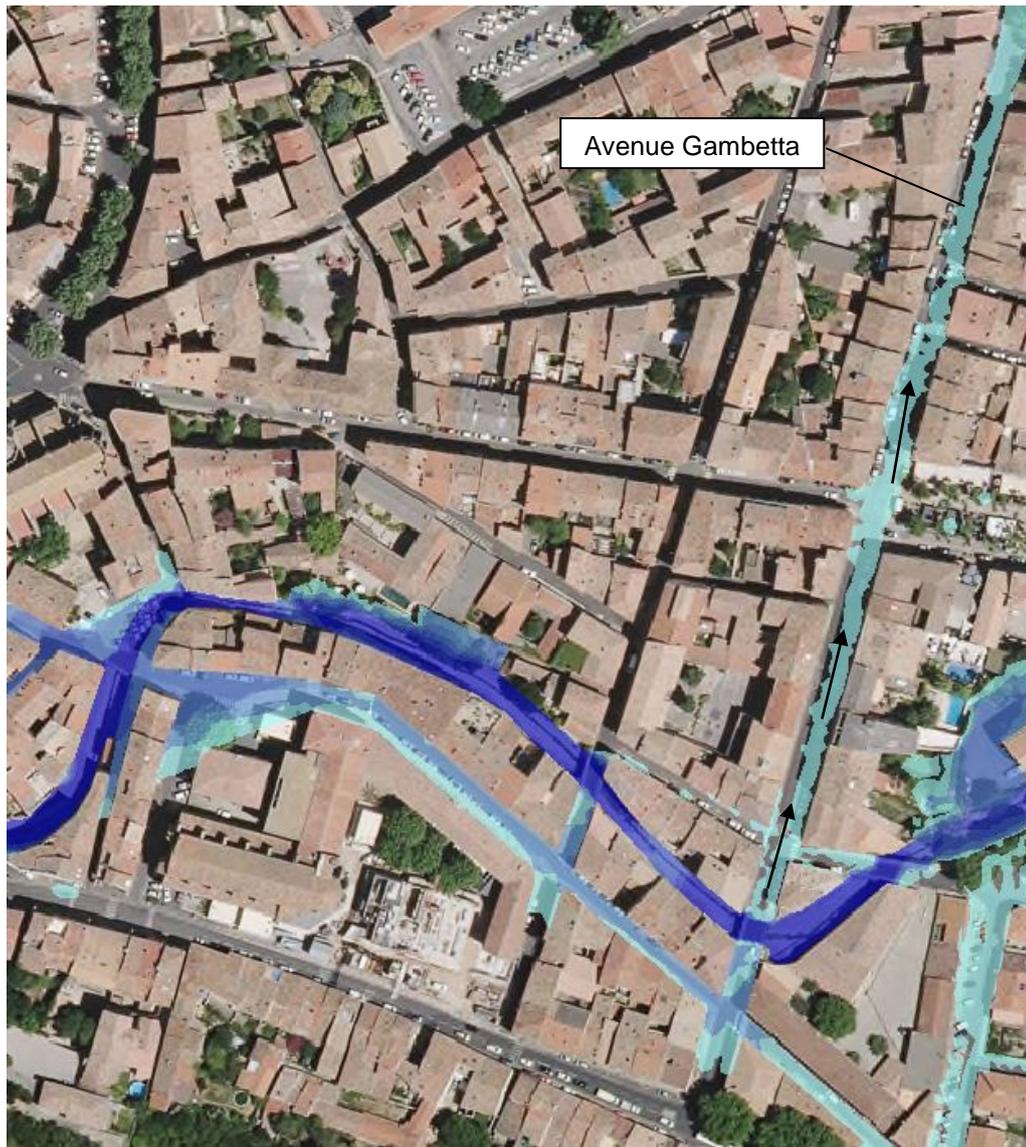


Figure 15 : écoulements sur l'avenue Gambetta

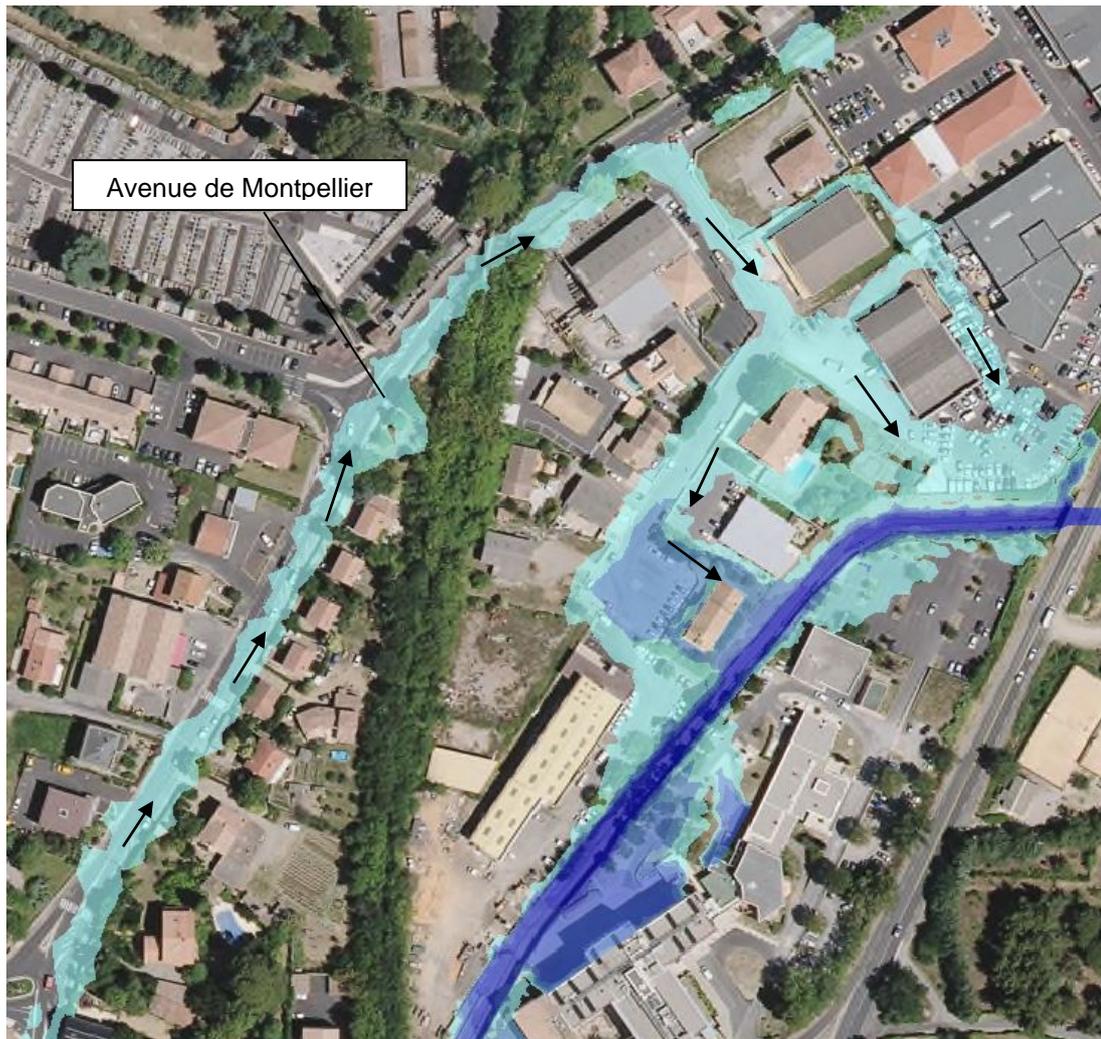


Figure 16 : écoulements dans la zone d'activités provenant de l'avenue de Montpellier

- De nombreuses voiries sont également inondées entre le Ronel et le parking de la gare. Sur ce parking, les hauteurs d'eau atteignent 20 cm.



Figure 17 : écoulements sur voirie entre le Ronel et le parking de la gare

- Au droit de la déchetterie, une partie des débordements s'échappe vers le Sud (débit faible : 10 l/s pour la crue trentennale, 40 l/s pour la crue centennale).

iii. Crue centennale

Pour cette crue, en plus des débordements précédemment détaillés, les phénomènes suivants sont observés :

- Des débordements se produisent au droit du pont de la rue Fulcrand. Les eaux s'écoulent en rive gauche jusqu'à une dent creuse d'où elles ne peuvent s'échapper. Les hauteurs d'eau y atteignent 1 m.



Figure 18 : pont de la rue Fulcrand

- Les écoulements sur voirie s'intensifient, et les secteurs mentionnés précédemment sont fortement inondés : boulevard Gambetta et avenue de Montpellier ($h < 15\text{cm}$), secteur du parking de la gare ($h < 30\text{cm}$), zone commerciale en rive gauche du Ronel ($h < 60\text{cm}$).
- Pour cette crue, une partie des eaux inondant le parking de la gare s'écoule vers le Sud (environ $0.9\text{ m}^3/\text{s}$).

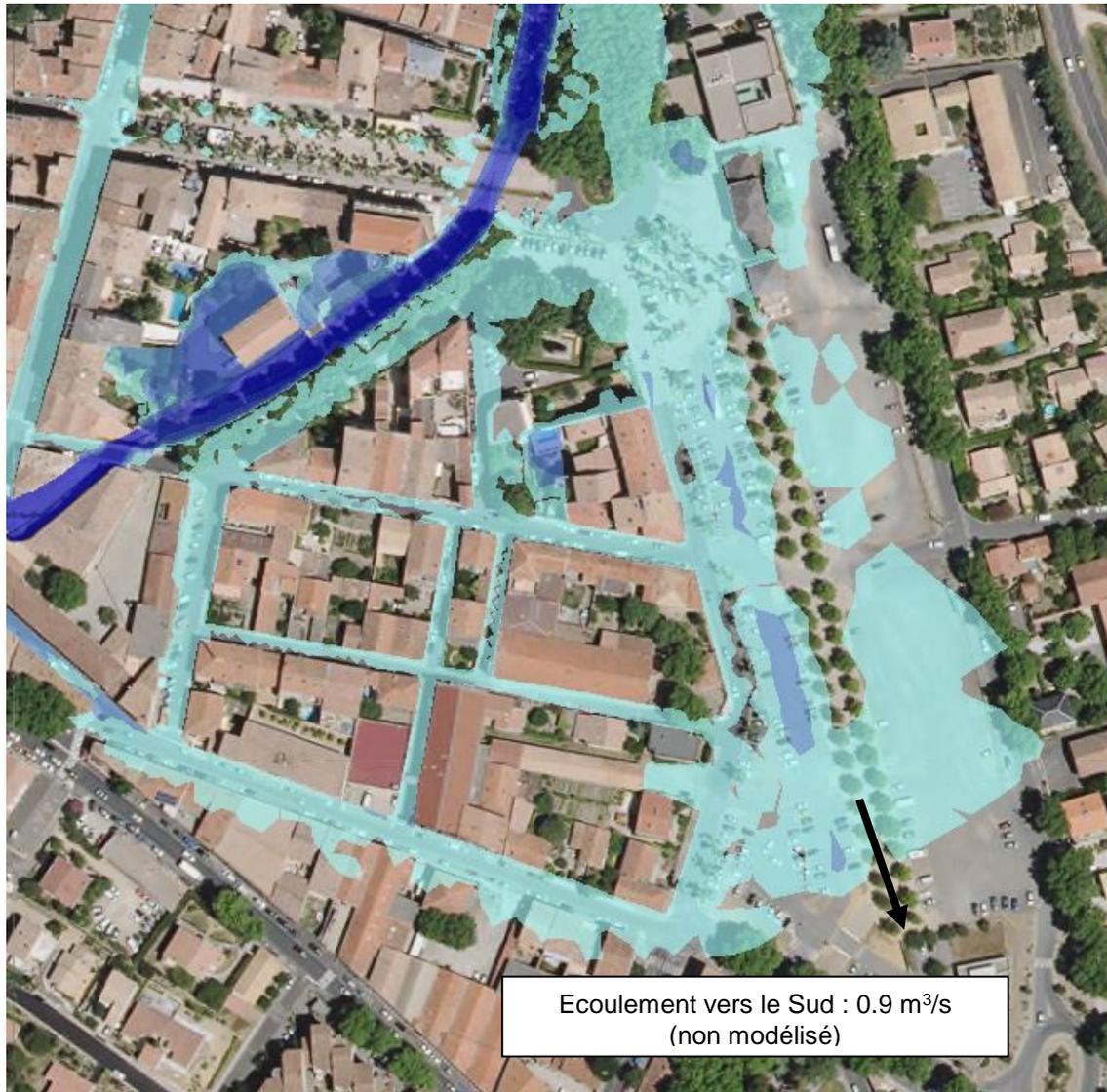


Figure 19 : secteur du parking de la gare

- Les eaux inondant la zone commerciale franchissent la RD609 et s'écoulent en partie dans les champs avant de rejoindre le Ronel et sur la route de Brignac.



Figure 20 : écoulements de part et d'autre de la RD609

iv. Tableau récapitulatif des débordements

Le tableau ci-dessous récapitule les principales zones de débordement du Ronel ou de ses affluents et fournit les hauteurs d'eau et vitesses associées pour chaque période de retour.

Secteur inondé	Crue décennale		Crue trentennale		Crue centennale	
	H max	V max	H max	V max	H max	V max
Rue de l'Arnet	0.30 m	1.1 m/s	0.35 m	1.2 m/s	0.45 m	1.5 m/s
Confluence Ronel/Fontenay	0.15 m	1.0 m/s	0.20 m	1.3 m/s	0.40 m	2.5 m/s
Cave coopérative	0.80 m	0.4 m/s	1.00 m	0.3 m/s	2.20 m	0.2 m/s
Pont de la rue Fulcrand	x	x	x	x	1.00 m	0.2 m/s
Pont de la rue Voltaire	1.00 m	1.7 m/s	1.30 m	2.5 m/s	1.85 m	3.5 m/s
Avenue Gambetta	x	x	0.10 m	0.4 m/s	0.15 m	1.7 m/s
Amont pont de la gare routière	0.45 m	1.2 m/s	0.50 m	1.8 m/s	0.55 m	2.8 m/s
Parking de la gare	x	x	0.20 m	0.3 m/s	0.30 m	0.4 m/s
Centre hospitalier	1.05 m	0.9 m/s	1.10 m	1.0 m/s	1.20 m	1.3 m/s
Zone commerciale	0.30 m	1.5 m/s	0.45 m	2.3 m/s	0.65 m	3.0 m/s
Déchetterie	0.65 m	1.5 m/s	0.95 m	1.8 m/s	1.20 m	2.1 m/s

Tableau 9 : Récapitulatif des débordements

Ainsi les secteurs les plus impactés sont :

- Le pont de la rue Voltaire et les ruissellements sur voirie qui en découlent (hauteurs d'eau et vitesse élevées pour les trois occurrences) ;
- Le centre hospitalier (hauteurs d'eau importantes pour les trois crues) ;
- La déchetterie (30 ans et 100 ans) ;
- La zone commerciale (vitesses d'écoulement élevées pour 30 ans et 100 ans) ;
- Le Ronel au droit de la cave coopérative (hauteurs d'eau importantes pour les crues trentennale et centennale)

III.2.6. Impact sur le réseau pluvial

CCE&C est également en charge de la réalisation du Schéma Directeur d'Assainissement Pluvial (SDAP) de la commune.

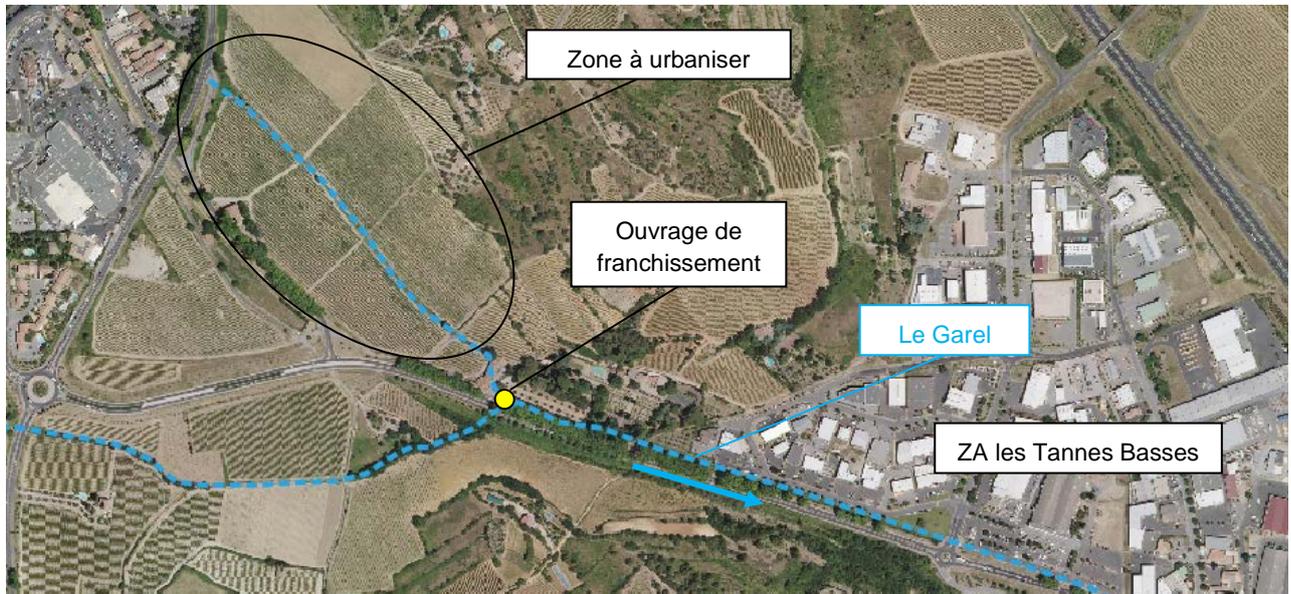
À ce jour, la phase 1 de cette étude, qui consiste en un état des lieux comprenant visite de site, découpage des bassins versants, repérage des éléments du réseau à lever, a été réalisé. Le levé du réseau est actuellement réalisé par le bureau d'études CENEAU.

Les résultats de la présente modélisation fourniront des informations utiles quant au fonctionnement du réseau pluvial. Les niveaux d'eau dans le Ronel seront recoupés avec les caractéristiques du réseau (cote fil d'eau à l'exutoire notamment) afin de déterminer les secteurs où celui-ci est saturé et les périodes de retour des évènements pour lesquelles celui-ci arrive à saturation.

Cette analyse pourra être effectuée dans un second temps, suite à la modélisation hydraulique du réseau pluvial.

IV. Etude hydraulique du Garel

La mairie souhaite urbaniser la zone naturelle située entre le centre-ville et la ZA les Tannes Basses. Ce projet nécessite d'évaluer son caractère inondable par le Garel.



Ainsi, l'approche utilisée est la suivante :

- Une modélisation 1D des écoulements sur la partie amont du Garel (jusqu'aux Tannes Basses) a été effectuée afin de caractériser les débordements éventuels (période de retour notamment) de celui-ci ;
- Pour la zone d'activités des Tannes Basses, dont le fonctionnement hydraulique est davantage caractérisé par du ruissellement urbain, une analyse sera réalisée dans le cadre du schéma directeur d'assainissement pluvial.

IV.1. HYDROLOGIE

La méthodologie développée pour déterminer les bassins versant du Garel et les débits de pointe associés est la même que celle présentée dans le paragraphe III.1.

Ainsi, le présent paragraphe fournit uniquement les données suivantes :

- Caractéristiques des bassins versants (cf. planche n°2) ;
- Coefficients de ruissellement ;
- Débits de pointe 10 ans, 30 ans et 100 ans.

Surface (ha)	Surface imperméabilisées (ha)	Chemin hydraulique (m)	Pente moyenne	Temps de concentration	Taux d'imperméabilisation
61	16	1800	10%	20 min	26%

Tableau 10 : Caractéristiques des bassins versants du Garel

	Cr ₁₀	Cr ₃₀	Cr ₁₀₀
BVA	0.59	0.67	0.78

Tableau 11 : Coefficients de ruissellement des bassins versants du Garel

i 10ans (mm/h)	i 30ans (mm/h)	i 100ans (mm/h)
94	117	143

Tableau 12 : Intensités de pluie retenues pour le Garel

Le tableau ci-après détaille les débits de pointe retenus pour chaque sous bassin versant.

Débit de pointe (m ³ /s)			
10 ans	30 ans	100 ans	Méthode utilisée
9.48	13.24	18.85	Rationnelle

Tableau 13 : Débits de pointe - Garel

IV.2. MODELISATION HYDRAULIQUE

IV.2.1. Présentation du modèle

Le secteur est caractérisé par des ruissellements diffus vers un axe d'écoulement principal qui est le ruisseau du Garel. De plus, l'objectif de la modélisation est de caractériser l'aléa inondation lié au débordement de ce ruisseau. Le choix d'un modèle unidimensionnel apparaît donc judicieux.

Le logiciel utilisé est HEC-RAS, de l'US Army Corps of Engineers. Ce code de calcul permet la modélisation unidimensionnelle et à casiers des écoulements en régime permanent ou transitoire, il est basé sur la résolution des équations de Barré de Saint-Venant. Pour une crue donnée, le logiciel fournit les différentes grandeurs hydrauliques permettant de caractériser les écoulements, notamment la ligne d'eau, la charge ainsi que les vitesses moyennes, les cotes aux casiers, etc... Il intègre les ouvrages particuliers tels que les digues, ouvrages de franchissement, déversoirs, etc. Pour chacun d'eux, le modélisateur a le choix des paramètres et du type de formule de manière à optimiser la représentativité du modèle.

Dans le cas présent, le modèle a été monté à partir des profils en travers et des levés détaillés de l'ouvrage de franchissement réalisés par CENEAU.



Figure 21 : Localisation des profils en travers

IV.2.2. Paramètres hydrauliques

- Les coefficients de Strickler sont fixés à 30. Cette valeur est réaliste au regard de la nature de l'occupation du sol (ruisseau en terre et enherbé, lit majeur constitué de terres agricoles) ;
- La contrainte aval choisie est la hauteur normale. Des tests de sensibilité ont été effectués afin de s'assurer de l'absence d'influence de cette contrainte sur les hauteurs d'eau.

IV.2.3. Résultats

Le tableau suivant fournit les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement pour chaque profil. Sont également indiquées en bleu, pour chaque profil, les périodes de retour à partir desquelles des débordements sont observés.

Les rendus graphiques issus de HEC-RAS (profils en travers et profils en long) sont présentés en annexe.

N° profil	10 ans		30 ans		100 ans		Remarque
	hauteur (m NGF)	vitesse (m/s)	hauteur (m NGF)	vitesse (m/s)	hauteur (m NGF)	vitesse (m/s)	
1	81.20	1.35	81.29	1.47	81.39	1.67	Pas de débordement
2	81.97	1.88	82.21	2.05	82.48	2.22	Débordements en rive droite
3	84.75	0.49	84.78	0.63	84.85	0.73	Débordements en rive droite
4	85.48	1.12	85.54	1.21	85.59	1.44	Débordements en rive droite
5	86.63	1.05	86.81	1.10	86.88	1.14	Débordements en rive droite
6	88.09	1.09	88.13	0.88	88.18	0.97	Débordements RG et RD
7	88.32	0.75	88.47	0.81	88.51	0.91	Débordements RG et RD
8	89.27	0.57	89.27	0.78	89.31	0.93	Débordements RG et RD
9	90.13	0.84	90.15	1.00	90.18	1.12	Débordements RD
10	90.31	0.63	90.31	0.84	90.34	0.98	Débordements RD
11	90.67	0.42	90.67	0.57	90.67	0.77	Débordements RD
12	91.17	1.05	91.25	1.15	91.24	1.88	Débordements RG et RD

Tableau 14 : Résultats de la modélisation 1D

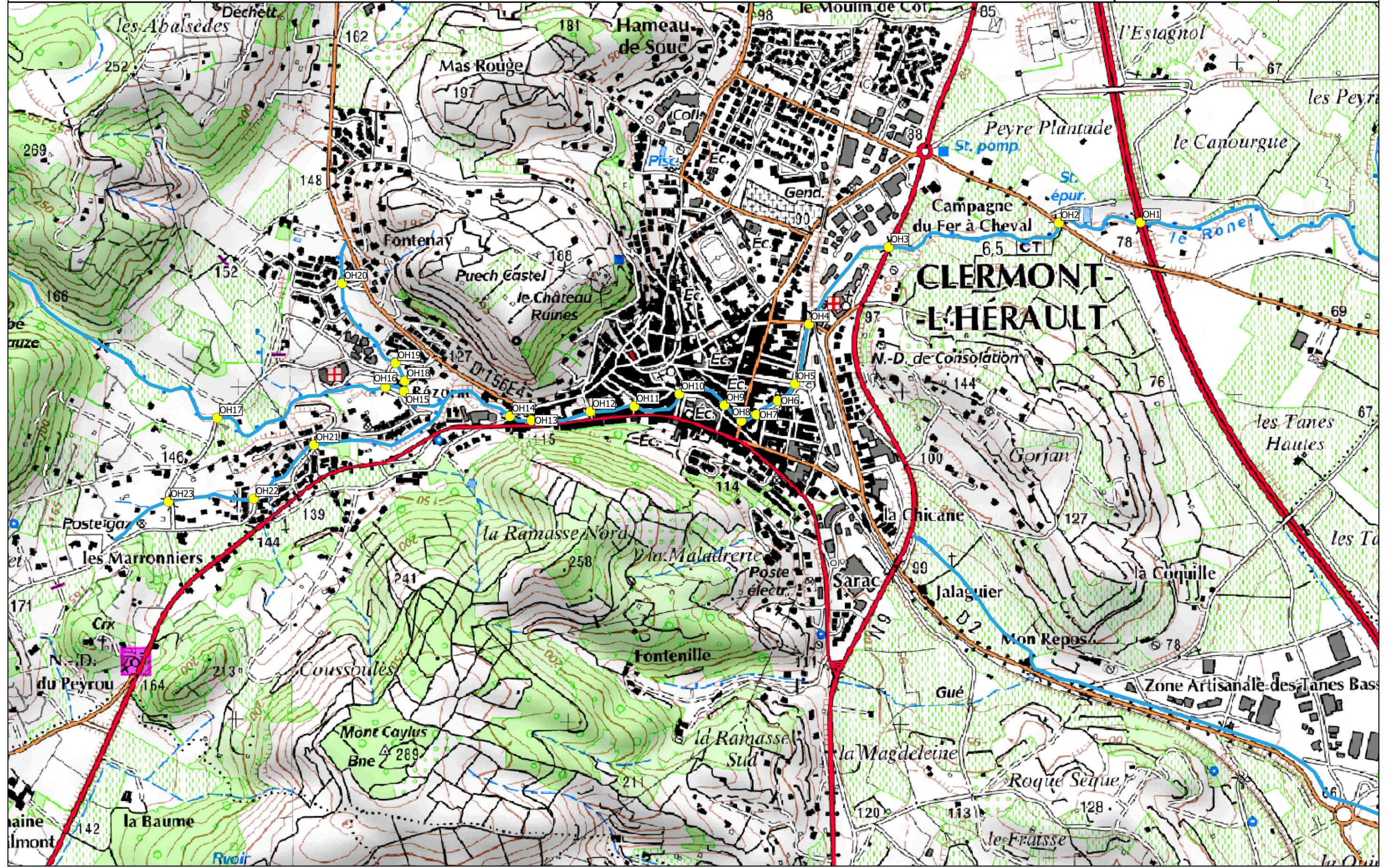
Remarques :

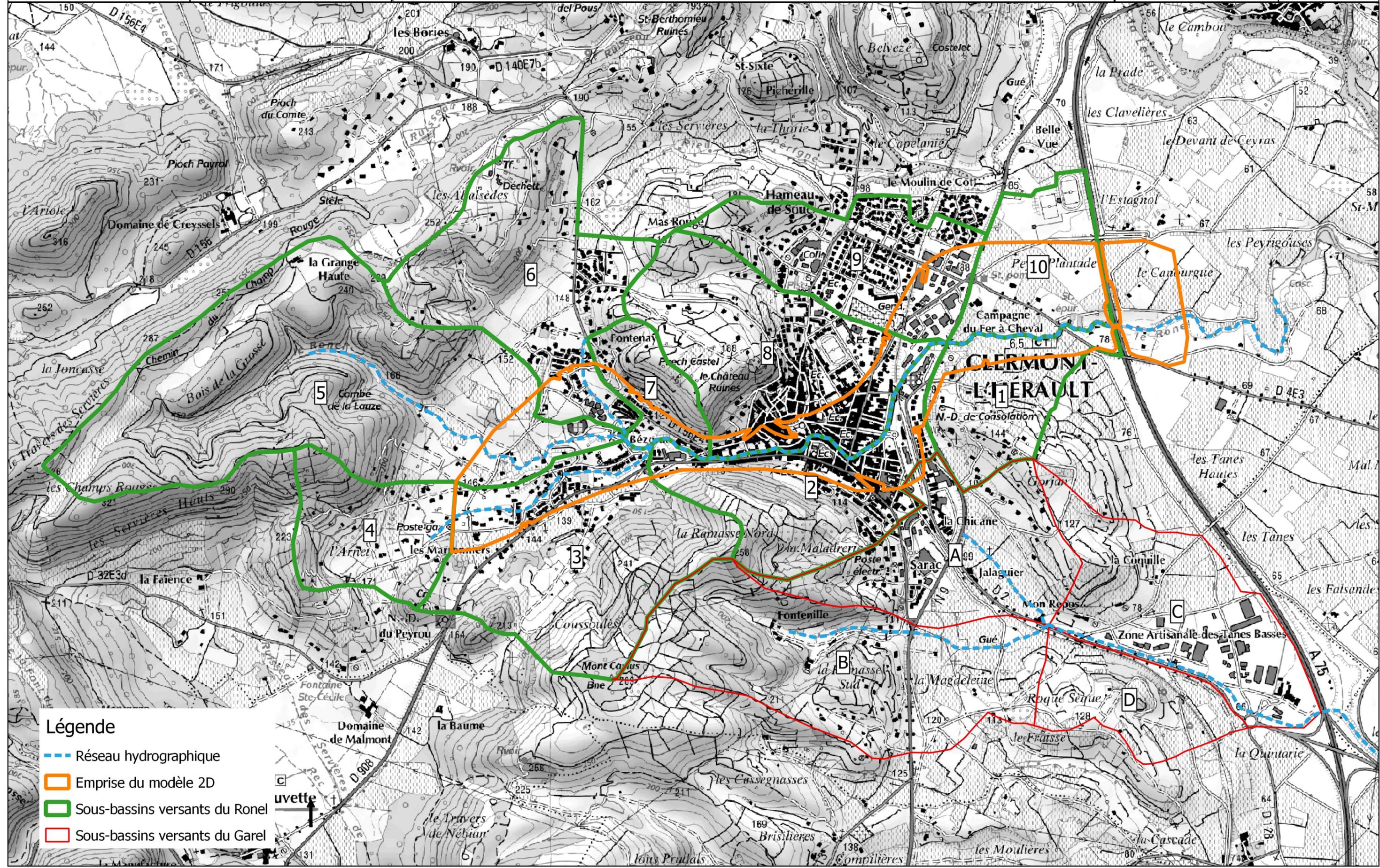
- Dans ce secteur, le Garel est globalement débordant dès l'occurrence décennale ;
- Les débordements se produisent majoritairement en rive droite, les parcelles à aménager formant une cuvette (profils 6 à 12). Les hauteurs de submersion atteignent 45 cm en crue centennale ;
- Pour la crue centennale, les vitesses atteignent 2.22 m/s, ce qui est susceptible de générer des problèmes d'érosion étant donnée la nature du ruisseau (lit mineur en terre).

En conclusion, les modélisations font état d'un risque d'inondation important par débordement de cours d'eau dès l'occurrence décennale. Dans le cas où l'aménagement des parcelles est envisagé, il sera nécessaire de mettre en place des solutions permettant de supprimer ces débordements : recalibrage du ruisseau, ouvrages de compensation, etc.

Annexe 1 : Planches graphiques

Localisation des ouvrages hydrauliques





Légende

- Réseau hydrographique
- Emprise du modèle 2D
- Sous-bassins versants du Ronel
- Sous-bassins versants du Gareil

U **uvette**

Annexe 2 : Photographies des ouvrages hydrauliques

OH1 : non photographié



OH2



OH3



OH4



OH5



OH6



OH7



OH8



OH9



OH10



OH11



OH12



OH13



OH14



OH15



OH16



OH17



OH18

OH19 : non photographié



OH20



OH21



OH22



OH23

Annexe 3 : Formule de Caquot

Formule De Caquot

- $Q = K * C^\mu * I^\alpha * A^\beta$ (pour le Débit brut)
- $Q_p = K * C^\mu * I^\alpha * A^\beta * m$ (pour le Débit corrigé)

✚ Avec

- $\mu = 1 \div (1 + 0.287 * b)$
- $\alpha = (-0.41 * b) \div (1 + 0.287 * b)$
- $\beta = (0.507 * b + 0.95) \div (1 + 0.287 * b)$
- $K = ((a \div 6.6) + 0.5^b)^\mu$
- $m = (M \div 2)^{[(0.84 * b) \div (1 + 0.287 * b)]}$
- $M = L \div v(A_j)$

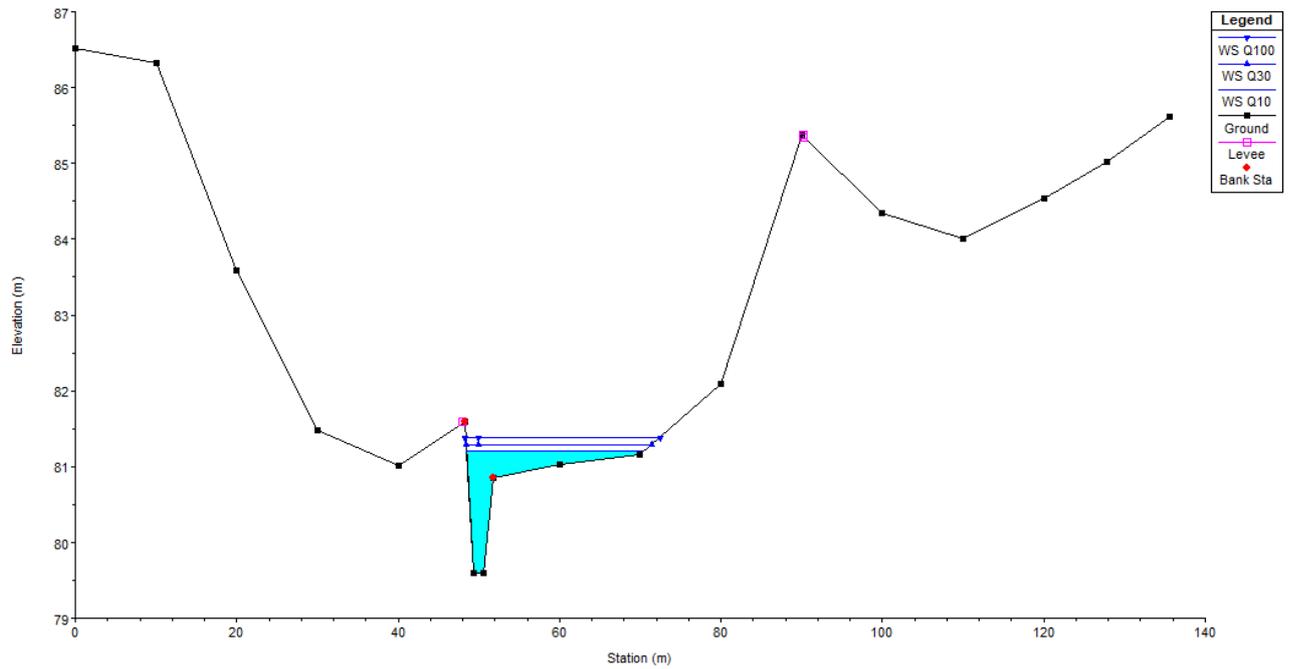
✚ Et

- Q: Débit de pointe brut (m³/s)
- Q_p: Débit de pointe corrigé (m³/s)
- C: Coefficient de ruissellement
- I: Pente moyenne du BV (m/m)
- A: Surface du BV (ha)
- m: Coefficient de la correction de débit
- M: Coefficient d'allongement
- L : Longueur hydraulique du bassin (hm)
- K, μ , α , β : sont des coefficients qui dépendent des coefficients de MONTANA a et b.

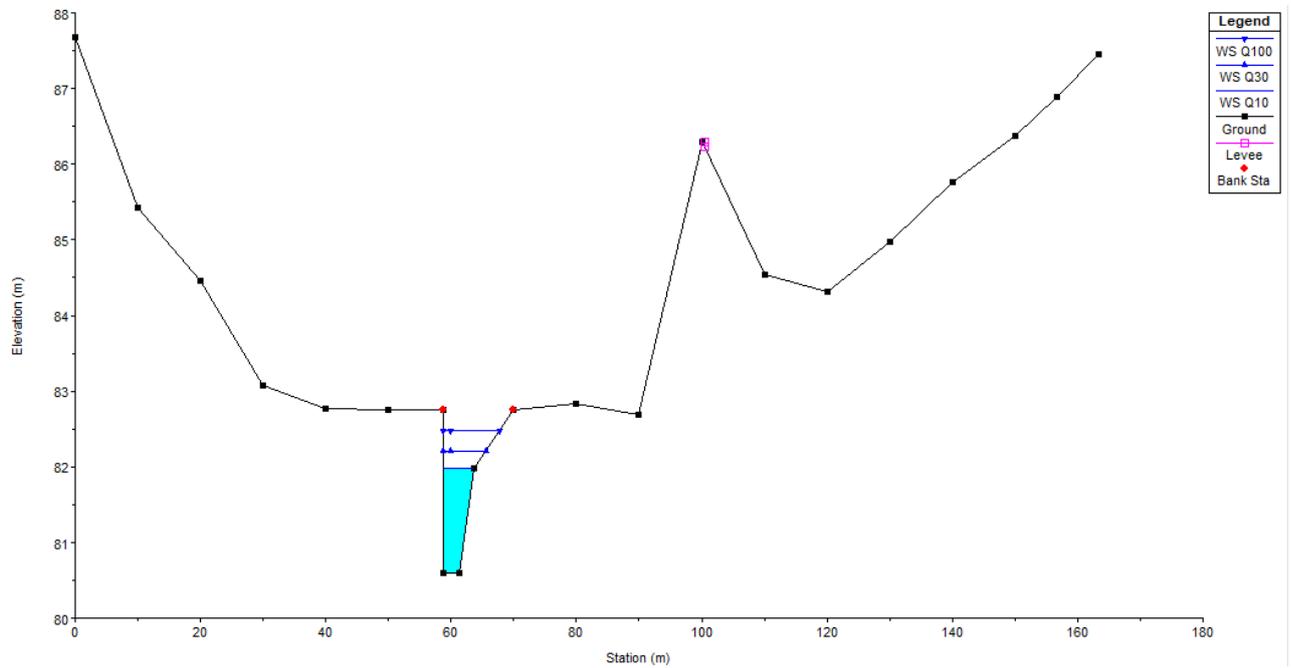
Annexe 4 : Cartographie des modélisations hydrauliques

Annexe 5 : Résultats de la modélisation 1D

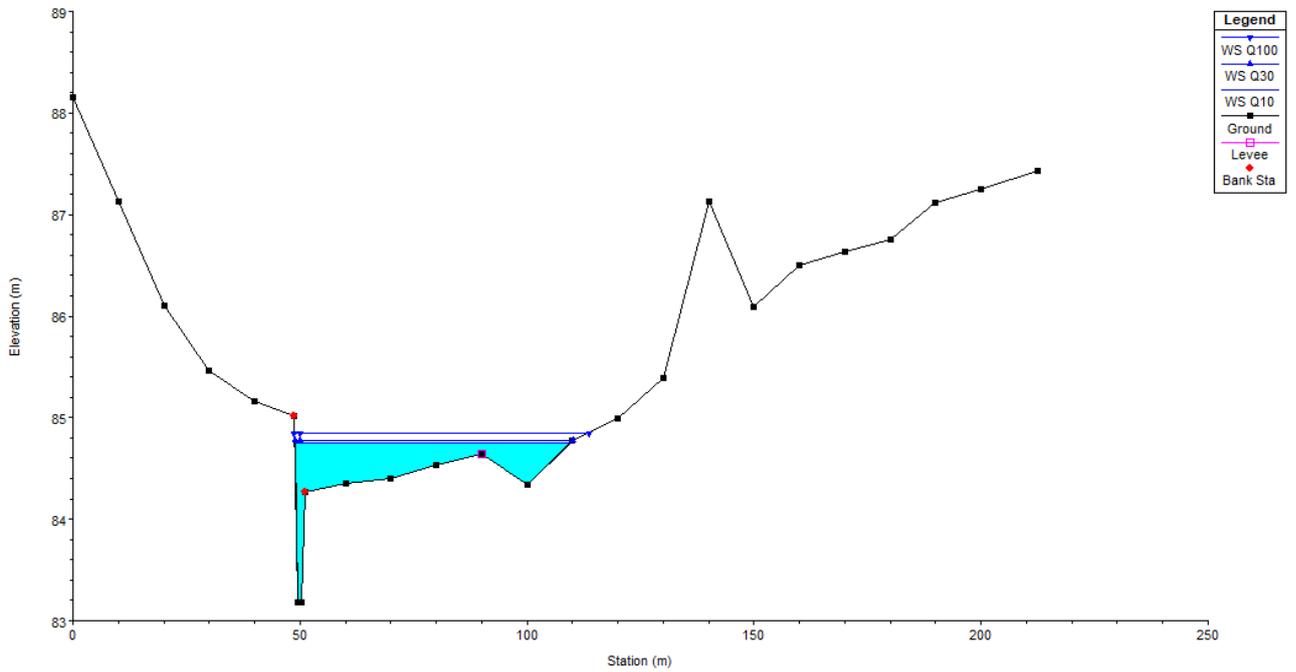
Profil 1



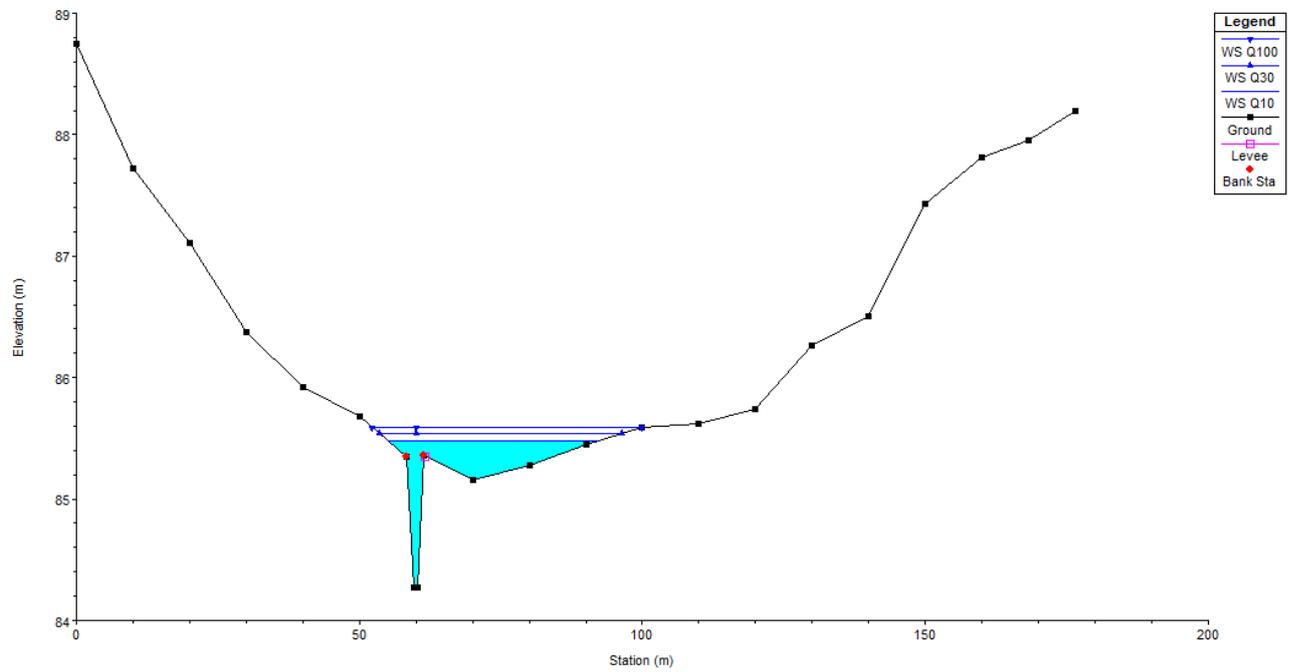
Profil 2



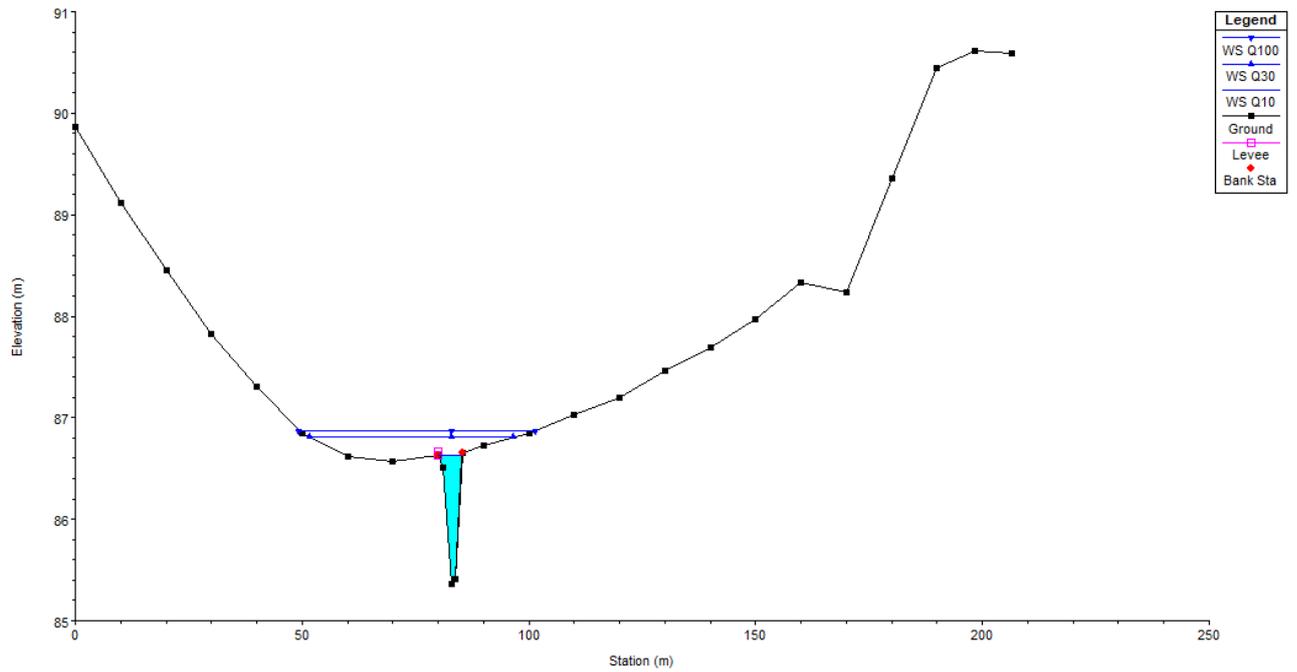
Profil 3



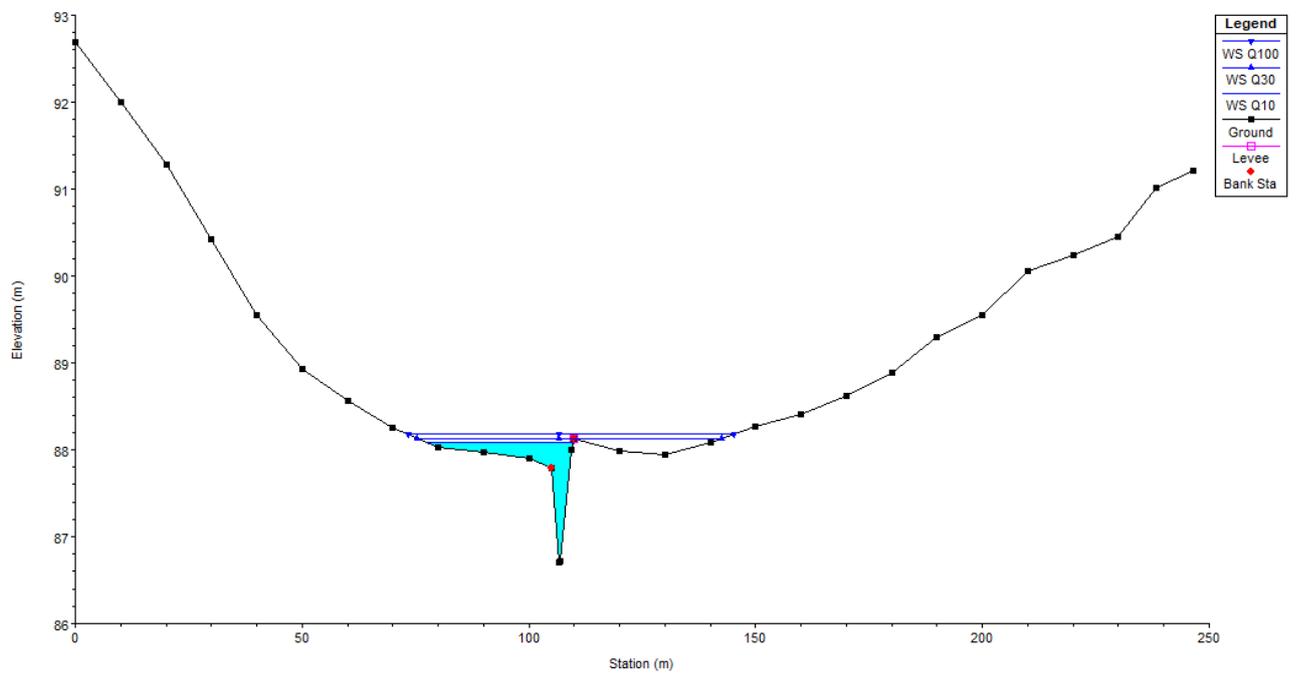
Profil 4



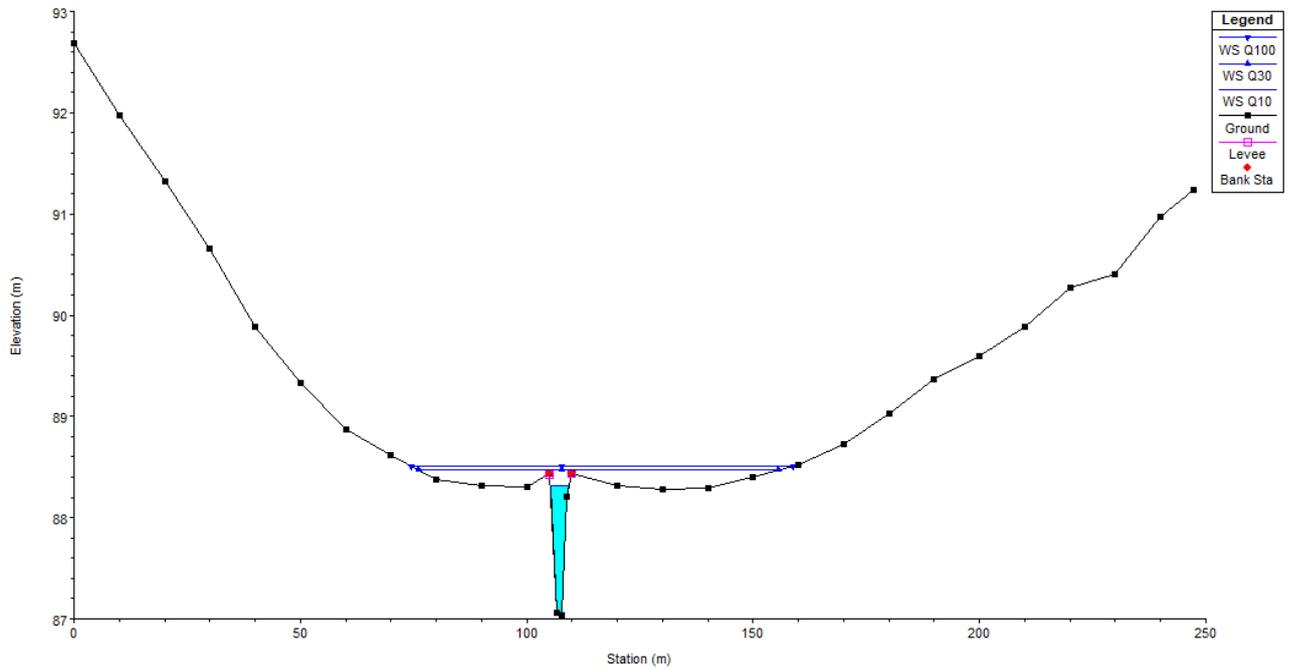
Profil 5



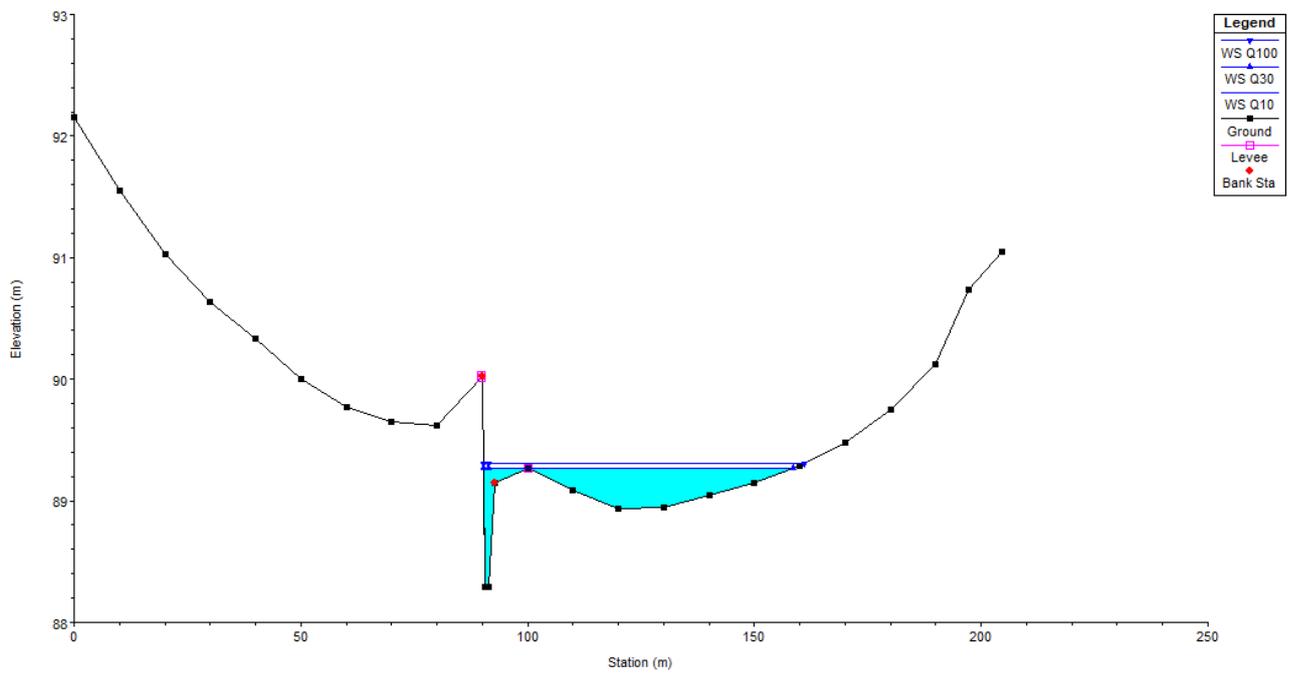
Profil 6



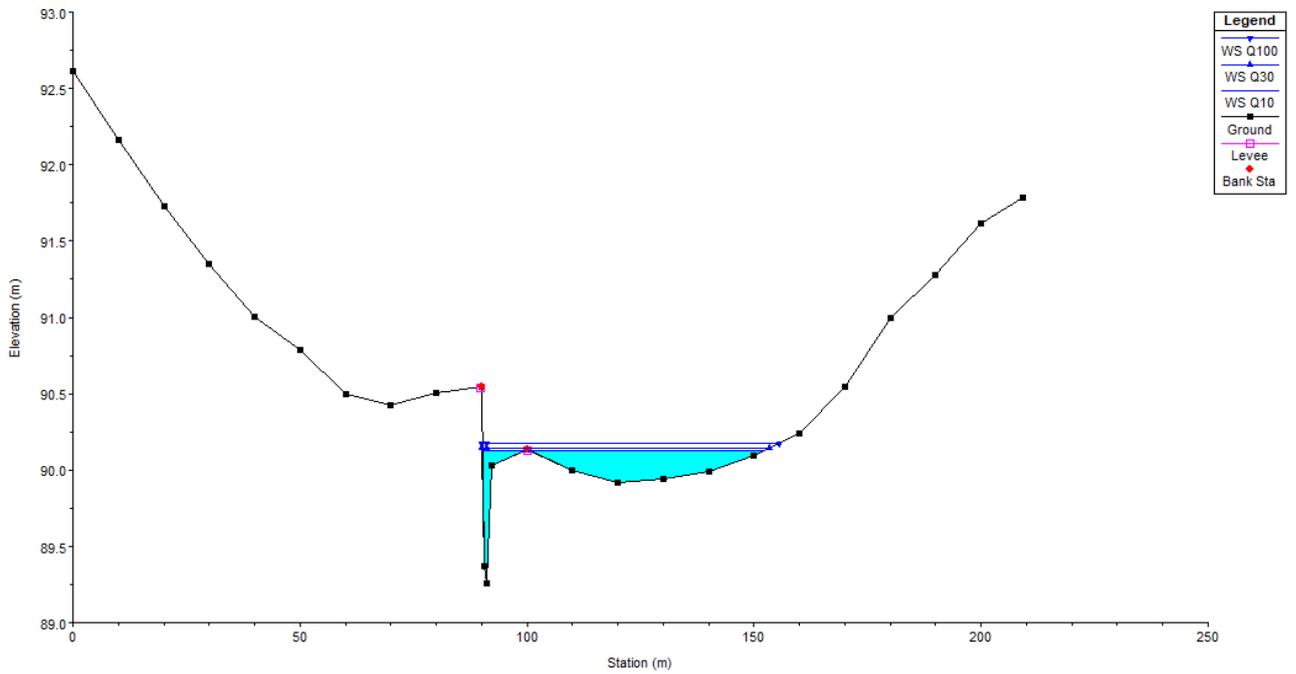
Profil 7



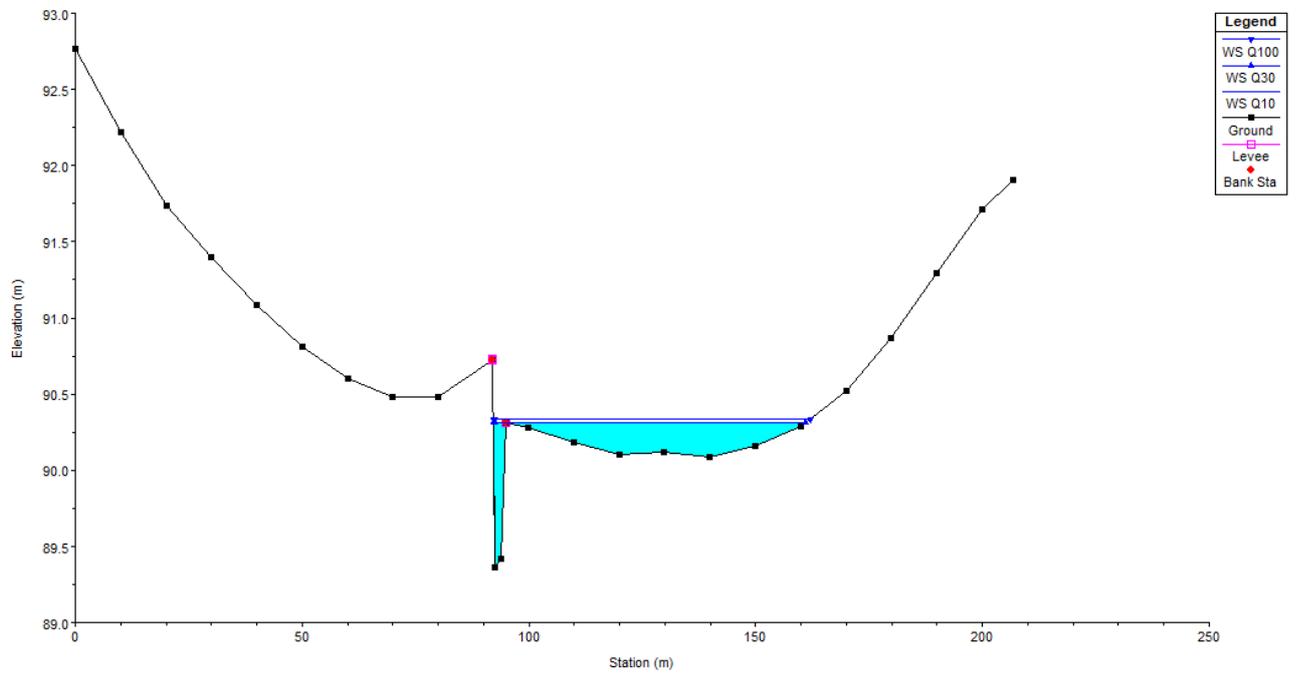
Profil 8



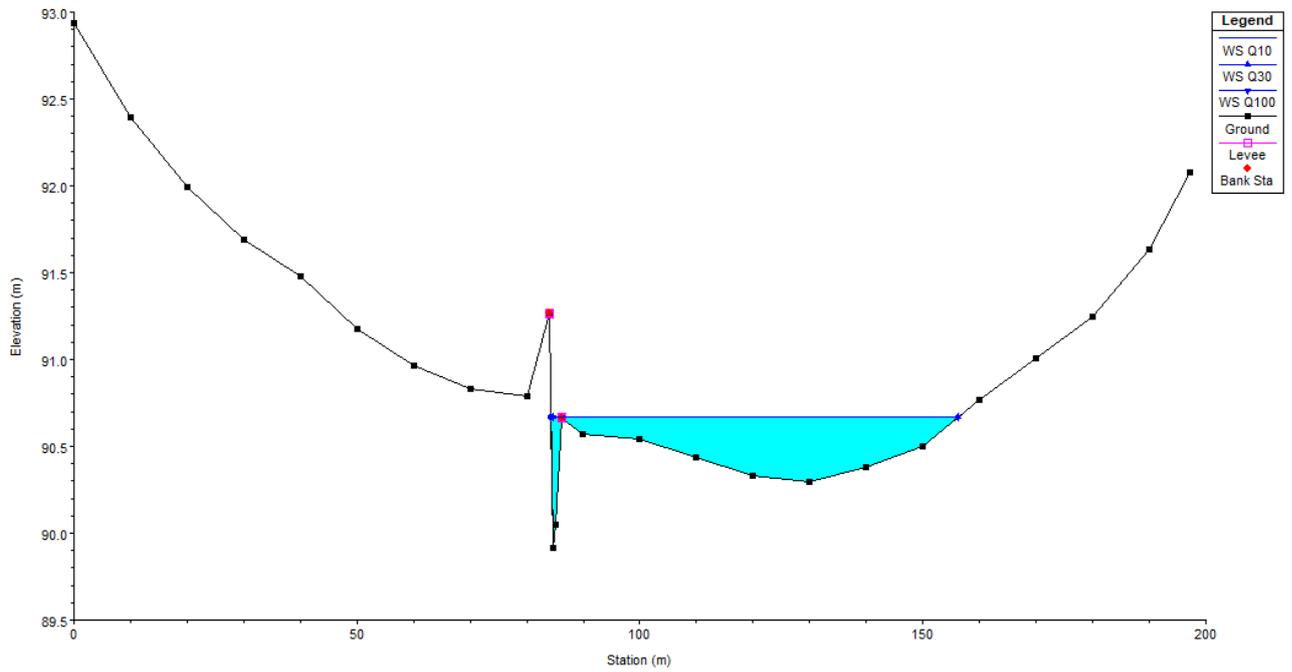
Profil 9



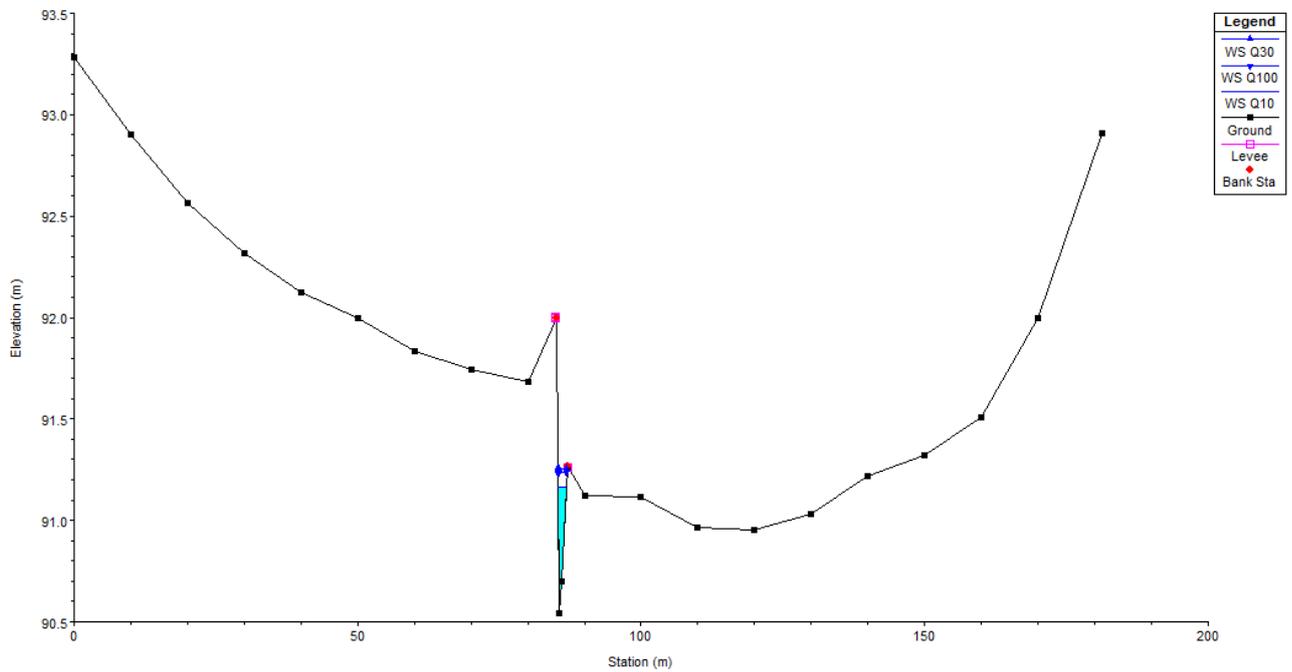
Profil 10



Profil 11



Profil 12



COMMUNE DE CLERMONT-L'HÉRAULT
COMMUNAUTÉ DE COMMUNES DU CLERMONTAIS

PLAN LOCAL D'URBANISME