

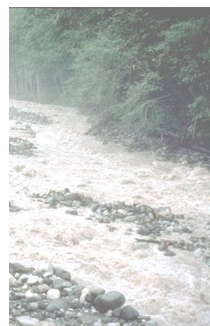
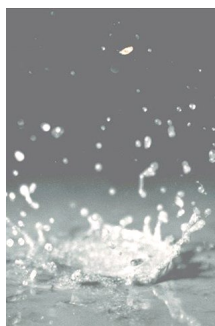
ANALYSE HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIQUE DE LA CRUE DU 17 OCTOBRE 2024 SUR LE BASSIN VERSANT DU GIER



D1476-10-24 – Ind 0 – Mars 2025



32 chemin de Bier
38110 SAINTE-BLANDINE
Tél/Fax : 04.74.83.39.12
Port. : 06.08.41.65.62
Email : contact.htv@orange.fr



VERSION

Version	Commentaires
Ind 0	Première version

TABLE DES MATIERES

Chapitre 1 Synthèse de l'étude	11
Chapitre 2 Analyse de la pluviométrie de l'événement	13
2.1 Données RADAR MétéoFrance	13
2.2 Données SAPHYRAS	14
2.2.1 Intensités horaires.....	15
2.2.2 Cumuls pluviométriques	16
2.3 Stations pluviométriques	19
2.3.1 Station pluviométrique du bassin versant	19
2.3.2 Station pluviométrique de référence.....	22
2.4 Caractérisation du temps de retour de la pluie	23
2.5 Conditions antécédentes	26
Chapitre 3 Analyse des laisses de crue	28
3.1 Relevés des laisses de crue	28
3.2 Méthode d'analyse	28
3.3 Analyse des laisses de crues du Gier	29
3.3.1 Secteur de L'Horme	29
3.3.2 Secteur de la Grand-Croix	31
3.3.3 Secteur de Lorette.....	32
3.3.4 Secteur de Rive de Gier – Amont de la couverture.....	33
3.3.5 Secteur de Rive de Gier – Débordement dans le centre-ville.....	34
3.3.6 Secteur de Rive de Gier – Aval de la couverture	36
3.3.7 Secteur de Châteauneuf.....	37
3.3.8 Secteur de Trèves, Tartaras et Dargoire	38
3.3.9 Secteur de Saint-Romain-en-Gier	39
3.3.10 Secteur de Givors	41
3.4 Analyse des laisses de crue des affluents du Gier	49

3.4.1	Le Janon et le Langonand à Saint Chamond	49
3.4.2	L'Onzion à Saint Chamond et L'Horme.....	51
3.4.3	Le ruisseau des Arcs à L'Horme.....	52
3.4.4	Le Dorlay	53
3.4.5	Le Collenon.....	54
3.4.6	La Durèze	56
3.4.7	L'Egarande.....	57
3.4.8	Le Féloin.....	58
3.4.9	Le Couzon.....	59
3.4.10	Le Bourbouillon	62
3.4.11	Le Frigerin	64
3.4.12	Le Bozançon	65
3.4.13	La Gaise	66
3.4.14	Le Lozange	68
3.4.15	La Combe d'Allier	72
3.4.16	La Combe d'Enfer	73
3.4.17	Le Godivert et ruisseau de Barny	74
3.4.18	Le Cotéon	76
Chapitre 4	Modélisation pluie-débit	77
4.1	Modèle retenu.....	77
4.2	Module de calculs et de simulation.....	77
4.2.1	Fonction de production.....	77
4.2.2	Fonction de transfert	79

4.2.3	Modèle de propagation	79
4.3	Données d'entrée de la modélisation.....	80
4.3.1	Estimation du potentiel de ruissellement	82
4.3.2	Définition du Curve Number en conditions hydrologiques particulières.....	82
4.4	Temps de concentration des sous-bassins versants	83
4.5	Calage du modèle pluie-débit.....	84
4.5.1	Pluviométrie du 1 ^{er} décembre 2003	85
4.5.2	Pluviométrie du 1 ^{er} novembre 2008	86
4.6	Résultats	86
4.6.1	Crue du 1 ^{er} décembre 2003	86
4.6.2	Crue du 1 ^{er} novembre 2008	88
4.6.3	Crue du 17 octobre 2024.....	90
4.6.4	Synthèse.....	104
4.7	Estimation des débits de la crue du 17 octobre 2024 par la modélisation pluie- débit.....	104
Chapitre 5 Comparaison avec les crues antérieures		107
5.1	Comparaison des cumuls pluviométriques des dernières importantes du Gier	107
5.2	Comparaison des débits de crue du Gier	108

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1-1 :	Synthèse des estimations de débits du Gier	12
Tableau 1-2 :	Synthèse des estimations de débits des affluents	12
Tableau 2-1 :	Paramètres de Montana	22
Tableau 2-2 :	Cumuls pluviométrique – Andrézieux	22
Tableau 2-3 :	Conditions antécédentes – SAPHYRAS	26
Tableau 3-1 :	Estimation du débit du Gier sur le secteur de L'Horme.....	29
Tableau 3-2 :	Estimation du débit du Gier sur le secteur de la Grand-Croix	31
Tableau 3-3 :	Estimation du débit du Gier sur le secteur de Lorette	32
Tableau 3-4 :	Estimation du débit du Gier en amont de la couverture de Rive-de-Gier 33	
Tableau 3-5 :	Estimation du débit du Gier à Rive-de-Gier	34
Tableau 3-6 :	Estimation du débit du Gier en aval de la couverture de Rive-de-Gier 36	
Tableau 3-7 :	Estimation du débit du Gier à Châteauneuf.....	37
Tableau 3-8 :	Estimation du débit du Gier à Trèves, Tartaras et Dargoire	38
Tableau 3-9 :	Estimation du débit du Gier à Trèves, Tartaras et Dargoire	39
Tableau 3-10 :	Comparaison des laisses de crue avec les cotes de référence du PPRNPI 41	
Tableau 3-11 :	Estimation du débit du Langonand et du Janon	49
Tableau 3-12 :	Estimation du débit du l'Onzion en amont de la rue d'Onzion	51
Tableau 3-13 :	Estimation du débit du ruisseau des Arcs.....	52
Tableau 3-14 :	Estimation du débit du Dorlay	53
Tableau 3-15 :	Estimation du débit du Collenon	54
Tableau 3-16 :	Estimation du débit de la Durèze	56

Tableau 3-17 :	Estimation du débit de l'Egarande.....	57
Tableau 3-18 :	Estimation du débit du Féloin	58
Tableau 3-19 :	Estimation du débit du Couzon	59
Tableau 3-20 :	Estimation du débit du Bourbouillon	62
Tableau 3-21 :	Estimation du débit du Frigerin.....	64
Tableau 3-22 :	Estimation du débit du Bozançon.....	65
Tableau 3-23 :	Estimation du débit de la Gaise.....	66
Tableau 3-24 :	Estimation du débit du Lozange	68
Tableau 3-25 :	Estimation du débit de la Combe d'Allier	72
Tableau 3-26 :	Estimation du débit de la Combe d'Enfer	73
Tableau 3-27 :	Estimation du débit du Godivert et du Barny	74
Tableau 3-28 :	Estimation du débit du Cotéon	76
Tableau 4-1 :	Valeurs du paramètre CN retenues	82
Tableau 4-2 :	Vitesses d'écoulement	83
Tableau 4-3 :	<i>Débits crue 2003</i>	88
Tableau 4-4 :	Débits crue 2008	90
Tableau 4-5 :	Débits crue 2024 – Gier.....	104
Tableau 4-6 :	Débits crue 2024 – Affluents Gier.....	105
Tableau 5-1 :	Comparaison des cumuls pluies intenses des dernières crues du Gier 108	
Tableau 5-2 :	Débits des dernières crues du Gier	108
Figure 2-1 :	RADAR – Cumuls pluviométriques événement du 17/10	13
Figure 2-2 :	SAPHYRAS – Sous bassins versants Gier	14

Figure 2-3 :	SAPHYRAS – Intensités horaires	15
Figure 2-4 :	SAPHYRAS –Cumuls pluviométriques.....	16
Figure 2-5 :	RADAR –Cumuls pluviométriques COMEPHORE	17
Figure 2-6 :	Différence cumuls SAPHYRAS / COMEPHORE	18
Figure 2-7 :	Cumuls relevés aux stations pluviométriques.....	19
Figure 2-8 :	Comparaison cumuls stations pluviométriques - RADAR	21
Figure 2-9 : affluents Pilat	Caractérisation du temps de retour de la pluie du 17/10/24 - BV 23	
Figure 2-10 : affluents Ouest	Caractérisation du temps de retour de la pluie du 17/10/24 - BV 24	
Figure 2-11 : affluents Nord	Caractérisation du temps de retour de la pluie du 17/10/24 - BV 25	
Figure 2-12 :	RADAR – Cumuls pluviométriques événement du 08/10	26
Figure 3-1 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à L'Horme en amont de la confluence avec l'Onzion	30
Figure 3-2 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à L'Horme en aval de la confluence avec l'Onzion	30
Figure 3-3 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à la Grand-Croix	31
Figure 3-4 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à Lorette.....	32
Figure 3-5 : Rive-de-Gier	Profil en long de ligne d'eau du Gier en amont de la couverture de 33	
Figure 3-6 :	Ecart entre les résultats de modélisation et les cotes de laisses de crue 35	
Figure 3-7 : de-Gier	Profil en long de ligne d'eau du Gier en aval de la couverture de Rive- 36	
Figure 3-8 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à Châteauneuf.....	37

Figure 3-9 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à Trèves, Tartaras et Dargoire.....	38
Figure 3-10 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à Saint-Romain-en-Gier -1	39
Figure 3-11 :	Profil en long de ligne d'eau du Gier à Saint-Romain-en-Gier -2	40
Figure 3-12 :	Profil en long de ligne d'eau à Givors (amont) – $Q = 438 \text{ m}^3/\text{s}$	42
Figure 3-13 :	Profil en long de ligne d'eau à Givors (amont) – Crue centennale - $Q = 480 \text{ m}^3/\text{s}$	42
Figure 3-14 :	Profil en long de ligne d'eau à Givors (aval) – $Q = 438 \text{ m}^3/\text{s}$	43
Figure 3-15 :	Profil en long de ligne d'eau à Givors (aval) – Crue centennale ($480 \text{ m}^3/\text{s}$)	43
Figure 3-16 :	Comparaison des résultats de niveaux d'eau du modèle 2D pour une crue centennale avec les laisses de crue	45
Figure 3-17 :	Comparaison des résultats de niveaux d'énergie du modèle 2D pour une crue centennale avec les laisses de crue	46
Figure 3-18 :	Comparaison des résultats de niveaux d'eau du modèle 2D selon les hydrogrammes du modèle pluie débit avec les laisses de crue	47
Figure 3-19 :	Comparaison des résultats de niveaux d'eau du modèle 2D selon les hydrogrammes du modèle pluie débit avec les laisses de crue	48
Figure 3-20 :	Profil en long de ligne d'eau du Janon à Saint Chamond.....	49
Figure 3-21 :	Profil en long de ligne d'eau du Langonand à Saint Chamond	50
Figure 3-22 :	Ligne d'eau de l'Onzion en amont de la rue d'Onzion	51
Figure 3-23 :	Ligne d'eau du ruisseau des Arcs.....	52
Figure 3-24 :	Ligne d'eau du Dorlay à l'amont de la confluence avec le Gier	53
Figure 3-25 :	Ligne d'eau du Collenon	54
Figure 3-26 :	Ligne d'eau du Collenon	55
Figure 3-27 :	Ligne d'eau de la Durèze	56

Figure 3-28 :	Ligne d'eau de l'Egarande	57
Figure 3-29 :	Ligne d'eau du Féloin	58
Figure 3-30 :	Ligne d'eau du Couzon - 1	59
Figure 3-31 :	Ligne d'eau du Couzon - 2	60
Figure 3-32 :	Ligne d'eau du Couzon en amont de la couverture	61
Figure 3-33 :	Ligne d'eau du Bourbouillon-1	62
Figure 3-34 :	Ligne d'eau du Bourbouillon-2	63
Figure 3-35 :	Ligne d'eau du Frigerin.....	64
Figure 3-36 :	Ligne d'eau du Bozançon.....	65
Figure 3-37 :	Ligne d'eau de la Gaise -1	66
Figure 3-38 :	Ligne d'eau de la Gaise -2	67
Figure 3-39 :	Ligne d'eau du Lozange -1	69
Figure 3-40 :	Ligne d'eau du Lozange -2	70
Figure 3-41 :	Ligne d'eau du Lozange -3	71
Figure 3-42 :	Ligne d'eau du Lozange -4	71
Figure 3-43 :	Ligne d'eau de la Combe d'Allier	72
Figure 3-44 :	Ligne d'eau de la Combe d'Enfer	73
Figure 3-45 :	Ligne d'eau du Godivert	74
Figure 3-46 :	Ligne d'eau du Barny	75
Figure 3-47 :	Ligne d'eau du Cotéon	76
Figure 4-1 :	Modélisation pluie débit – découpage en sous bassins versants.	81
Figure 4-2 :	Image RADAR – crue 2003	85
Figure 4-3 :	Image RADAR – crue 2008	86

Figure 4-4 :	Hydrogramme crue 2003 – station hydro Châteauneuf	87
Figure 4-5 :	Hydrogramme crue 2003 – station hydro Givors	87
Figure 4-6 :	Hydrogramme crue 2008 – station hydro Châteauneuf	89
Figure 4-7 :	Hydrogramme crue 2008 – station hydro Givors	89
Figure 4-8 :	Stations hydrométriques et capteurs du BV du Gier.....	91
Figure 4-9 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Rive.....	92
Figure 4-10 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Soulages	93
Figure 4-11 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Dorlay	94
Figure 4-12 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Couzon	95
Figure 4-13 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Janon	96
Figure 4-14 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Dorlay	97
Figure 4-15 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Durèze	98
Figure 4-16 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Gier St Chamond	99
Figure 4-17 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Gier lorette	100
Figure 4-18 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Gier rive de Gier	101
Figure 4-19 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – station hydrométrique de Châteauneuf 102	
Figure 4-20 :	Hydrogramme crue 17/10/2024 – station hydrométrique de Givors ..	103
Figure 4-21 :	Temps de retour de la crue du 17 octobre 2024	106

Chapitre 1

Synthèse de l'étude

L'analyse de la crue du 17 octobre 2024 repose sur l'examen de la pluviométrie (collecte et analyse des données de pluie, modélisation pluie-débit) ainsi que sur l'étude des nombreuses laisses de crue (utilisation des différents modèles hydrauliques existants sur le Gier et ses affluents pour reconstituer l'événement).

L'étude de la pluviométrie a mis en évidence une grande hétérogénéité dans la distribution spatiale des précipitations. Les affluents amont, tels que le Janon et le Langonand, ont reçu des précipitations correspondant à un temps de retour inférieur à 10 ans. En revanche, les affluents situés au nord du Gier ont été soumis à une pluviométrie plus intense, avec un temps de retour estimé entre 30 et 50 ans. Le bassin versant du Pilat a quant à lui été touché par un épisode de précipitations exceptionnelles. Ce sont principalement les ruissellements issus de ces bassins versants, fortement arrosés, qui ont contribué à la formation de la crue.

Comparée aux crues précédentes de décembre 2003 et novembre 2008, l'hétérogénéité des précipitations du 17 octobre 2024 est nettement plus marquée. L'écart pluviométrique d'un point à l'autre du bassin versant est significatif, atteignant 121 mm entre la zone la plus arrosée et celle la moins touchée. Le cumul maximal enregistré sur le bassin versant s'élève à 171 mm, contre 198 mm en décembre 2003. Toutefois, la crue d'octobre 2024 a été plus forte que celle de 2003 en raison des fortes intensités de pluie, avec un temps de retour supérieur à 100 ans, sur des périodes de 10 à 15 heures.

L'analyse des laisses de crue illustre clairement la variabilité spatiale de cet événement. Sur la partie amont du Gier, en amont de Saint-Chamond, la crue présente un temps de retour d'environ 10 ans. À partir de l'aval de Saint-Chamond, la crue gagne en intensité avec les apports successifs de l'Onzion et du Dorlay. Ce dernier a été le théâtre d'une crue particulièrement importante, avec un temps de retour estimé entre 50 et 100 ans (à confirmer grâce aux études en cours sur le secteur).

À partir de Lorette, la crue du Gier dépasse le niveau d'une crue cinquantennale. À l'entrée de la couverture de Rive-de-Gier, le temps de retour atteint 75 ans, avec un débit estimé à environ 287 m³/s. À ce stade, la crue dépasse largement le seuil de 230 m³/s, au-delà duquel les débordements affectent le centre-ville de Rive-de-Gier. Un écoulement d'environ 30 m³/s s'est propagé dans les rues, combiné aux débordements du Féloin.

Les apports conséquents du Féloin, du Couzon et du Bourbouillon ont encore amplifié la crue. En aval de la couverture de Rive-de-Gier, le temps de retour de la crue atteint 82 ans. Enfin, à hauteur de Châteauneuf, le débit du Gier atteint un niveau correspondant à une crue centennale, un niveau qui se maintient en aval jusqu'au moins Saint-Romain-en-Gier.

Arrivé au niveau de Givors, la complexité du fonctionnement hydraulique rend l'estimation du débit de la crue plus délicate. En effet, la confrontation des résultats des modèles (1D et 2D) avec les nombreuses laisses de crue relevées sur le secteur ne permet pas de converger vers une valeur finale de débit. Quoiqu'il en soit, le débit de la crue s'approche de celui d'une crue centennale sans toutefois l'atteindre ou le dépasser. Nous retenons finalement une valeur comprise entre 439 m³/s et 480 m³/s (crue centennale).

Le tableau présente une synthèse des débits estimés pour la crue du 17 octobre 2024.

Tableau 1-1 : Synthèse des estimations de débits du Gier

Commune	Situation hydrographique	Débit (m ³ /s)	Estimation du temps de retour
L'Horme	Amont de l'Onzion	90	12 ans
L'Horme	Aval de l'Onzion	110	17 ans
La Grand-Croix	Amont du Dorlay	135	24 ans
Lorette	Aval du Dorlay	230	55 ans
Rive-de-Gier	Amont de la couverture	287	75 ans
Rive-de-Gier	Aval du Couzon	346	82 ans
Châteauneuf	Aval du Bozançon	392	100 ans
Tartaras	Aval du Lozange	415	100 ans
Saint-Romain-en-Gier		448	100 ans
Givors		439 - 480	70 à 100 ans

Tableau 1-2 : Synthèse des estimations de débits des affluents

Cours d'eau	Situation hydrographique	Débit (m ³ /s)	Estimation du temps de retour
Janon	Amont confluence Janon - Langonand	13	3 ans
Langonand	Amont confluence Janon - Langonand	2.2	<2 ans
Onzion	Amont couverture	26	44 ans
Ruisseau des Arcs	Amont confluence avec le Gier	9.3	14 ans
Dorlay	Amont confluence avec le Gier	75	40 ans
Collenon	Amont confluence avec le Gier	6.7	9 ans
Durèze	Amont confluence avec le Gier	30	12 ans
Egarande	Amont couverture	20.9	70 ans
Féloin	Amont couverture	17	23 ans
Couzon	Amont couverture	46 / 58	22 / 42 ans
Bourbouillon	Amont confluence avec le Gier	6.6 / 7.5	50 / 78 ans
Frigerin	Amont couverture	3.7	60 ans
Bozançon	Amont confluence avec le Gier	49	36 ans
Gaise	Amont confluence avec le Gier	8.8	47 ans
Lozange	Amont confluence avec le Gier	19 / 23	45 / 100 ans
Combe d'Allier	Amont confluence avec le Gier	13 / 17.5	20 / 46
Combe d'Enfer	Amont confluence avec le Gier	30	> 100 ans
Godivert	Amont confluence avec le Barny	14	80 ans
Cotéon	Amont confluence avec le Gier	17 / 22	50 / 100 ans

Chapitre 2

Analyse de la pluviométrie de l'événement

2.1 Données RADAR MétéoFrance

La donnée RADAR MétéoFrance COMEPHORE (COMbinaison en vue de la Meilleure Estimation de la Précipitation HORaire), est une réanalyse horaire des précipitations par fusion des données des radars et des pluviomètres, couvrant la France métropolitaine au pas de temps 1h.

La figure suivante illustre les cumuls pluviométriques relevés entre le 16 octobre 23h (début de l'épisode pluvieux, cf. paragraphe 2.2.1) et le 18 octobre 2h.

Sur le bassin versant du Gier les cumuls pluviométriques sont très hétérogènes :

- Cumul moyen : 121 mm
- Cumul maximum : 175 mm côté Pilat
- Cumul minimum : 54 mm au nord-Ouest du bassin versant.

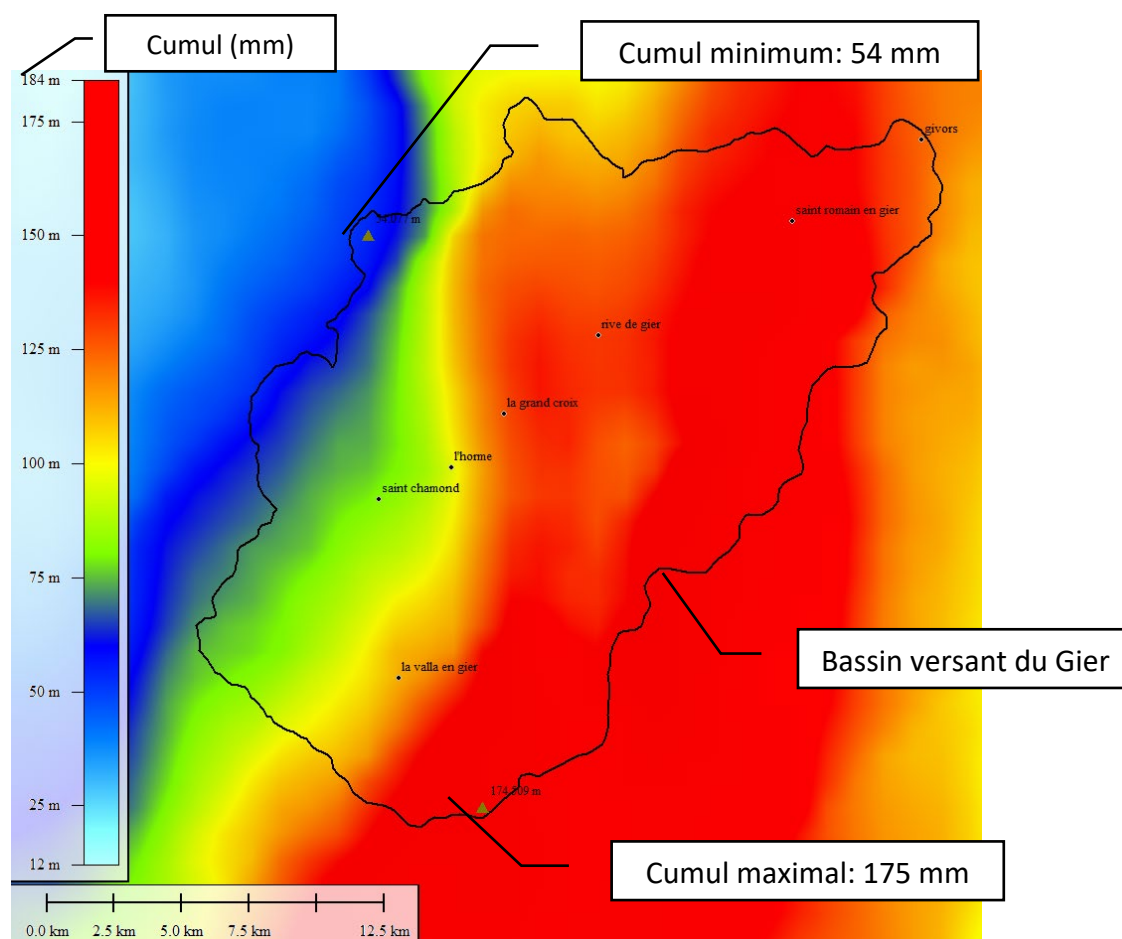


Figure 2-1 : RADAR – Cumuls pluviométriques événement du 17/10

2.2 Données SAPHYRAS

Saint-Étienne Métropole dispose d'un système de détection des risques de crues, SAPHYRAS (Système d'alerte et de prévision hydrologique radar pour l'agglomération stéphanoise).

Sur SAPHYRAS, le bassin versant du Gier est divisé en 39 sous bassins versants, cf. figure suivante.



Figure 2-2 : SAPHYRAS – Sous bassins versants Gier

Saint Etienne Métropole a transmis la pluviométrie relevée par SAPHYRAS lors de l'épisode pluvieux.

- ✓ Type de données : Cumuls moyen au pas de temps 5 minutes calculés pour chaque sous bassin versant intégré à SAPHYRAS.

2.2.1 Intensités horaires

La figure suivante illustre les intensités horaires calculés sur l'ensemble des sous bassins versants SAPHYRAS.

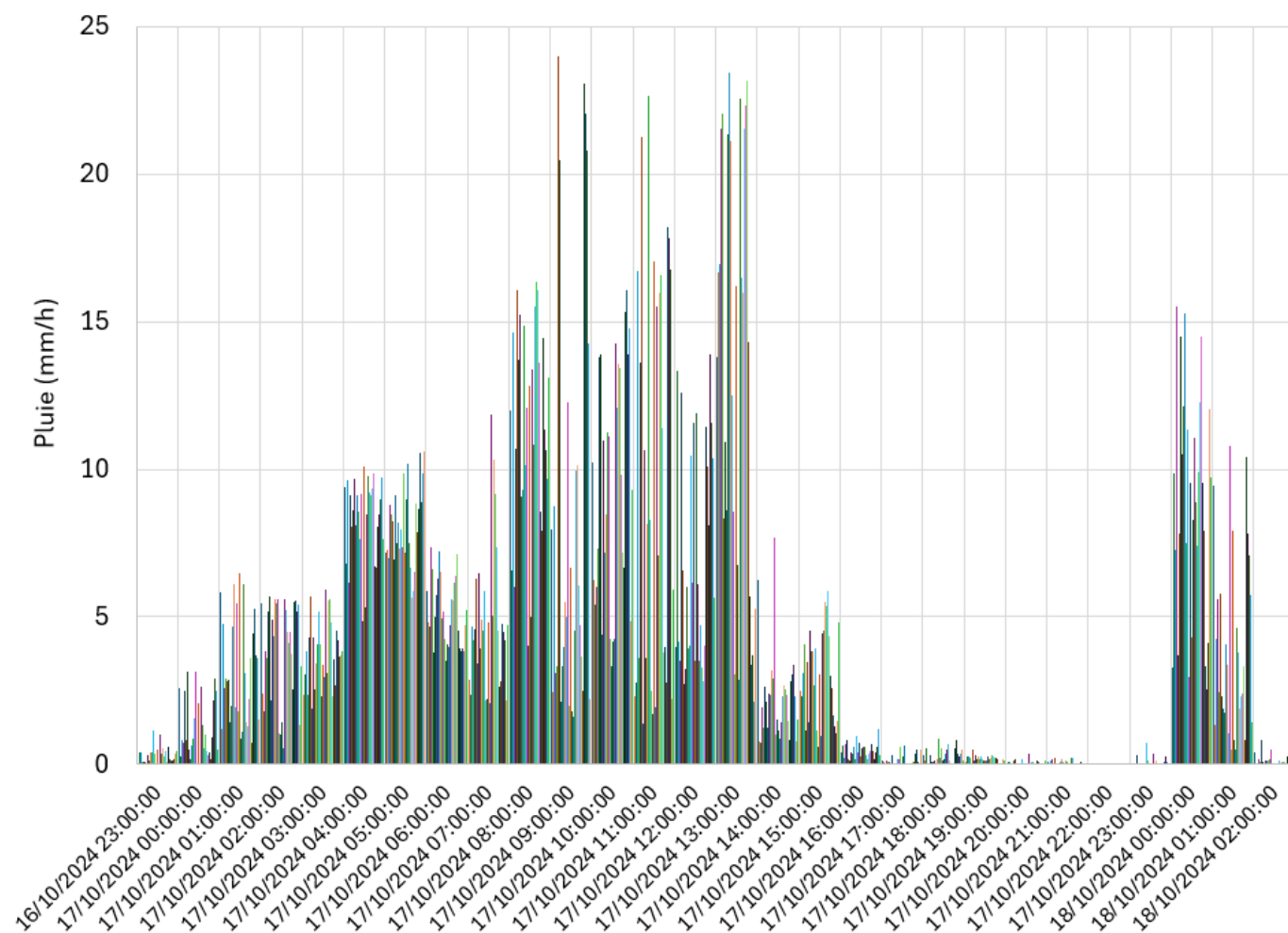


Figure 2-3 : SAPHYRAS – Intensités horaires

Le 1^{er} phénomène pluvieux a débuté le 16 octobre à 23 h et s'est terminé à environ 15 h le 17 octobre.

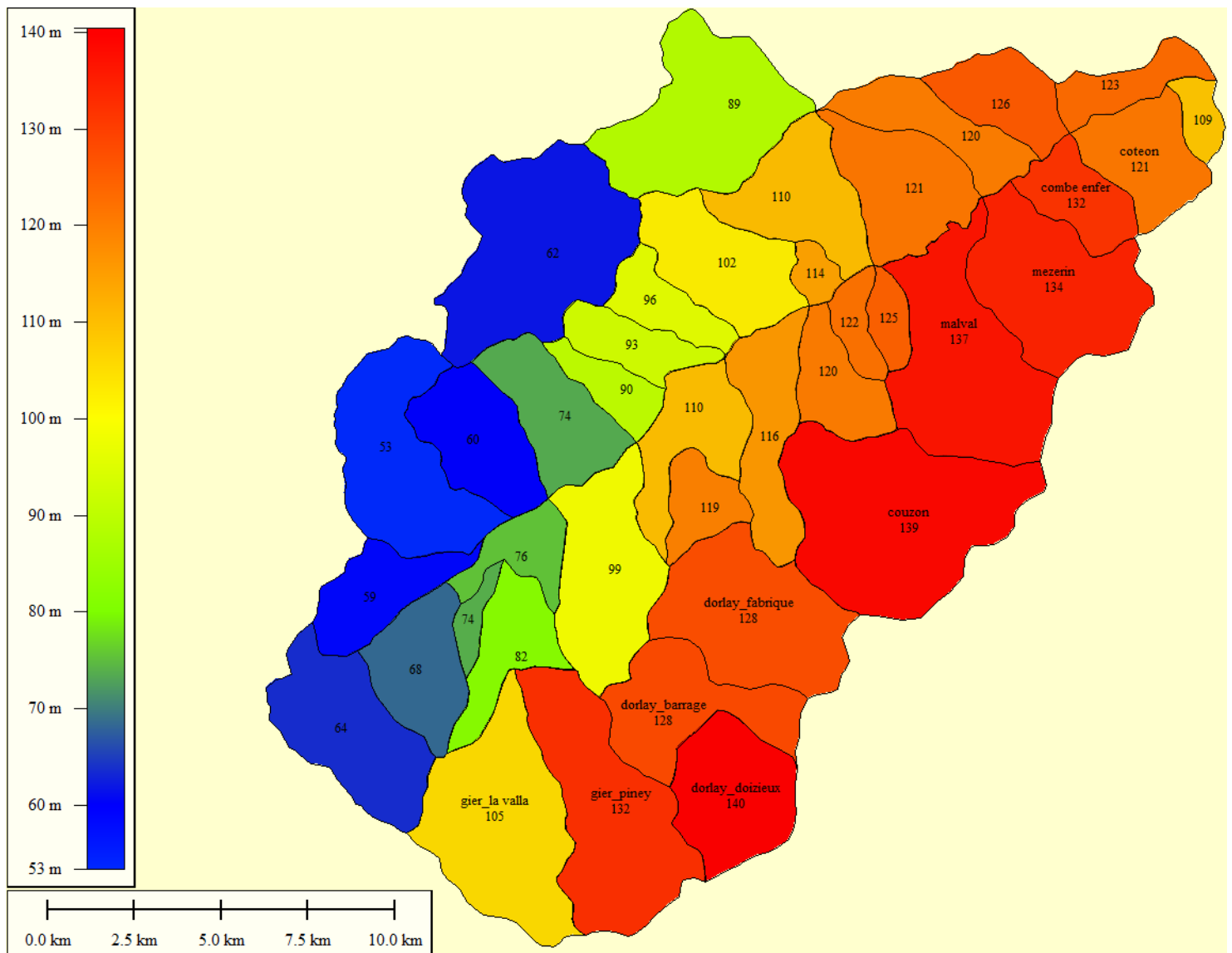
- ✓ Le pic du 1^{er} phénomène pluvieux, avec des intensités horaires supérieures à 10 mm/h, se situe le 17/10 entre 8h et 13h.

Le second phénomène pluvieux a débuté le 17 octobre à 23 h et s'est terminé 2h plus tard le 18 octobre à 01h.

Le 1^{er} phénomène pluvieux est celui à l'origine de la crue du bassin versant du Gier. Le second épisode pluvieux, avec des intensités moindre et décalé de 10 h après le 1^{er} épisode pluvieux n'a pas accentuer la crue du Gier.

2.2.2 Cumuls pluviométriques

La figure suivante illustre les cumuls pluviométriques SAPHYRAS du 1er épisode pluvieux pour chaque sous bassin versant.



La forte hétérogénéité des cumuls mis en évidence avec la donnée RADAR est également visible avec SAPHYRAS :

- Sur la partie amont du Gier et sur les affluents côté Pilat, les cumuls moyens pour les sous bassin versants est compris entre 130 et 140 mm.
- Sur le secteur Ouest du bassin versant (Janon), les cumuls sont bien plus faibles (50 à 70 mm).
- En fond de vallée du Gier et sur le secteur nord du bassin versant les cumuls sont compris entre 60 et 120 mm.



- La différence de cumul entre les deux mesures sont faibles : inférieures à 10 mm.
- Sur les bassins versants avec les maxima pluviométriques, la différence est très faible (inférieure à 3 mm).



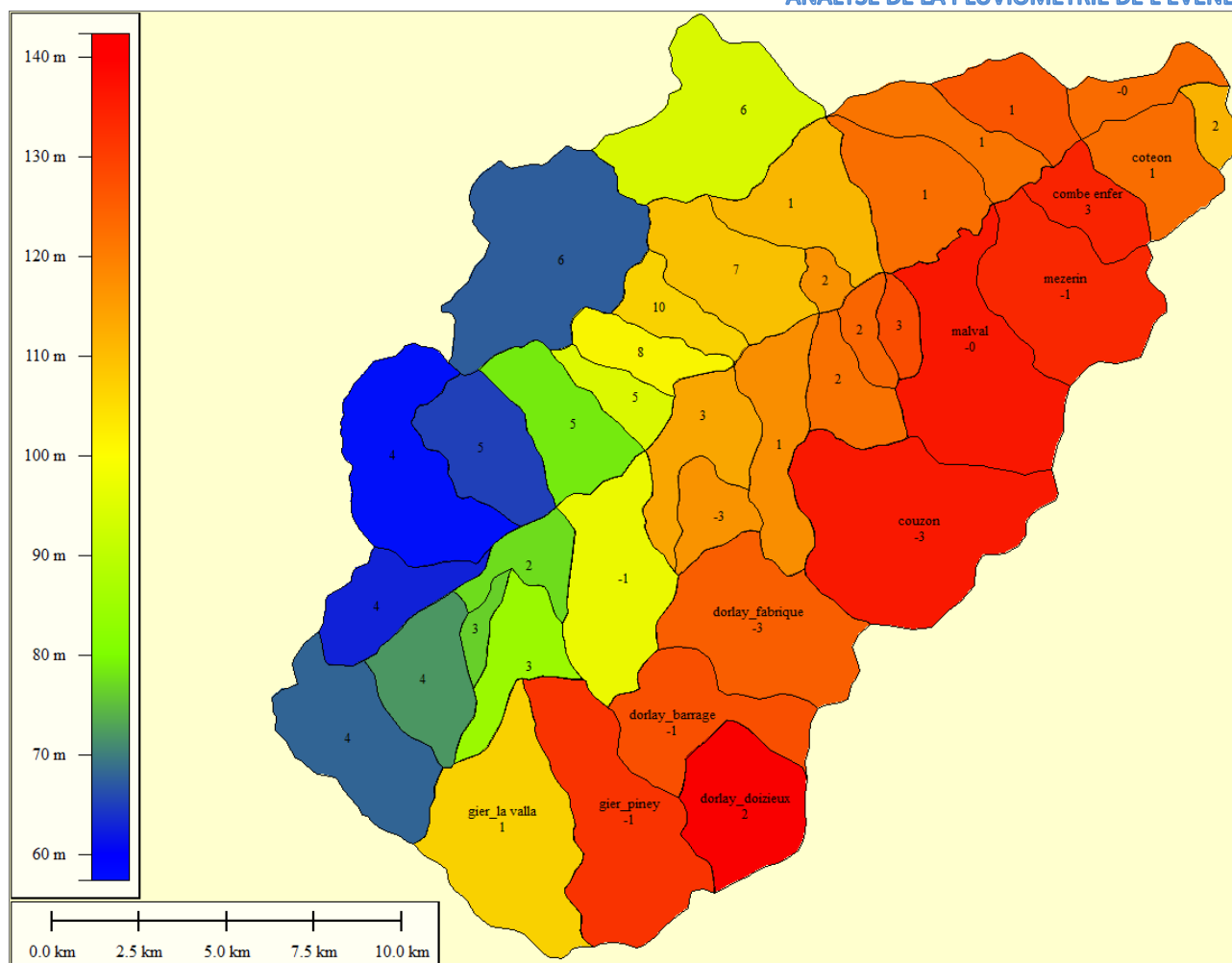


Figure 2-6 : Différence cumuls SAPHYRAS / COMEPHORE

2.3 Stations pluviométriques

2.3.1 Station pluviométrique du bassin versant

La figure suivante présente les stations pluviométriques présentes sur la zone d'étude et les cumuls pluviométriques relevés entre le 16 octobre 23h et le 18 octobre 2h.

- Les stations bleues sont les stations pluviométriques MétéoFrance.
- Les stations rouges sont les stations pluviométriques SAPHYRAS.
- Les stations roses sont d'autres pluviomètres recensées sur le site *wunderground.com*.

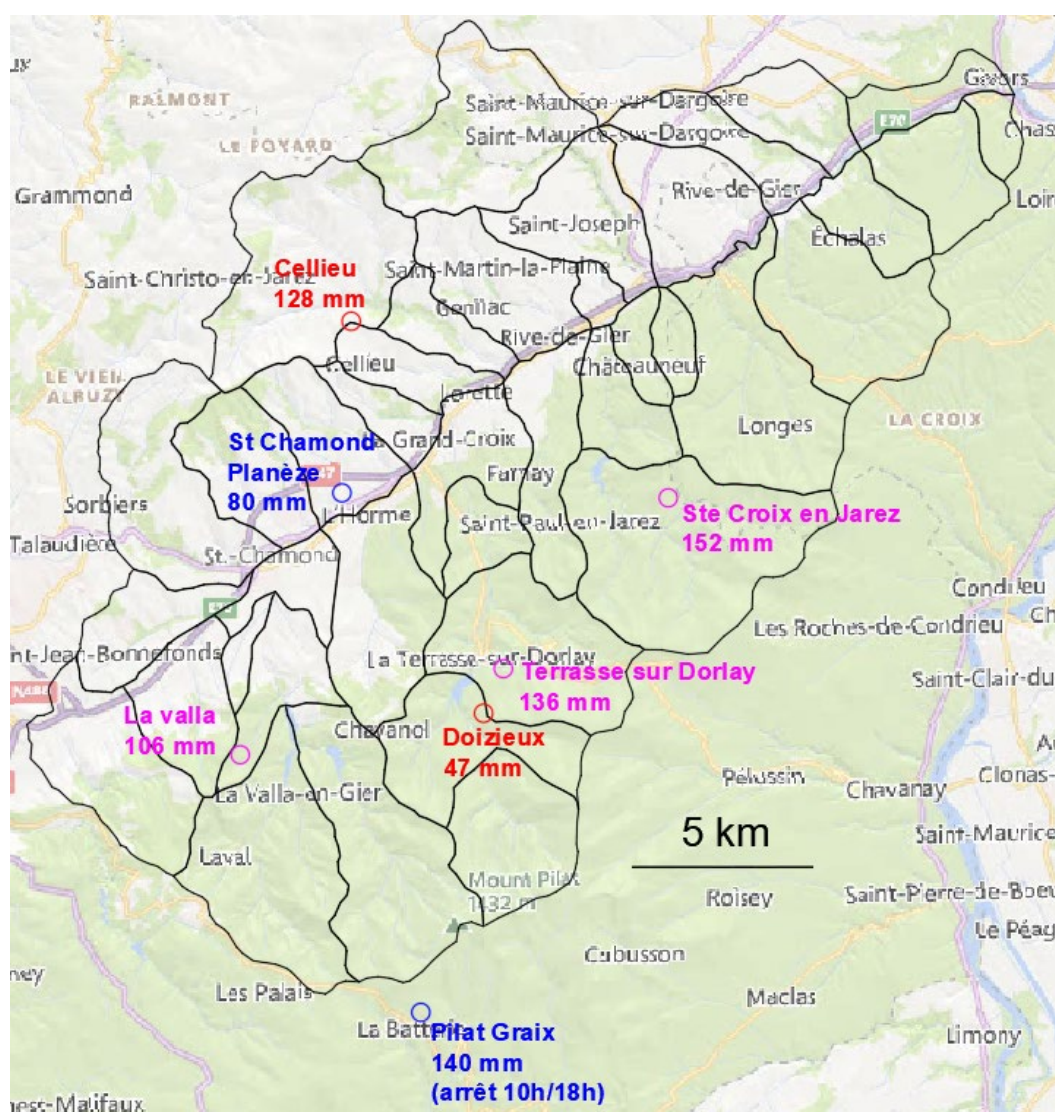


Figure 2-7 : Cumuls relevés aux stations pluviométriques

Les valeurs de 2 stations (Pilat Graix et Doizieux) ne sont pas à prendre en compte :

- La station MétéoFrance Pilat Graix n'a pas enregistré de données le 17 octobre de 10h à 18h
- La station SAPHYRAS Doizieux a enregistré seulement 23 mm durant le pic d'intensité du 17 octobre de 8h à 13h.

Sur les autres pluviomètres les cumuls ont été comparés aux données RADAR.

- La Valla en Gier (106 mm)
 - ✓ Cumul RADAR : 98 mm
- La terrasse sur Dorlay (136 mm)
 - ✓ Cumul RADAR : 136 mm
- Saint Croix en Jarez (152 mm)
 - ✓ Cumul RADAR : 141 mm
- Saint Chamond (80 mm)
 - ✓ Cumul RADAR : 90 mm
- Cellieu (128 mm)
 - ✓ Cumul RADAR : 100 mm

La différence de cumul entre les valeurs RADAR et les cumuls relevés aux stations pluviométriques est inférieure à 10 mm, excepté sur la station de Cellieu.

A noter qu'aux environs de la station de Cellieu une forte variabilité de la pluviométrie est visible sur l'image RADAR avec des variations de l'ordre de +25 mm sur une distance de seulement 2 km, cf. figure suivante.

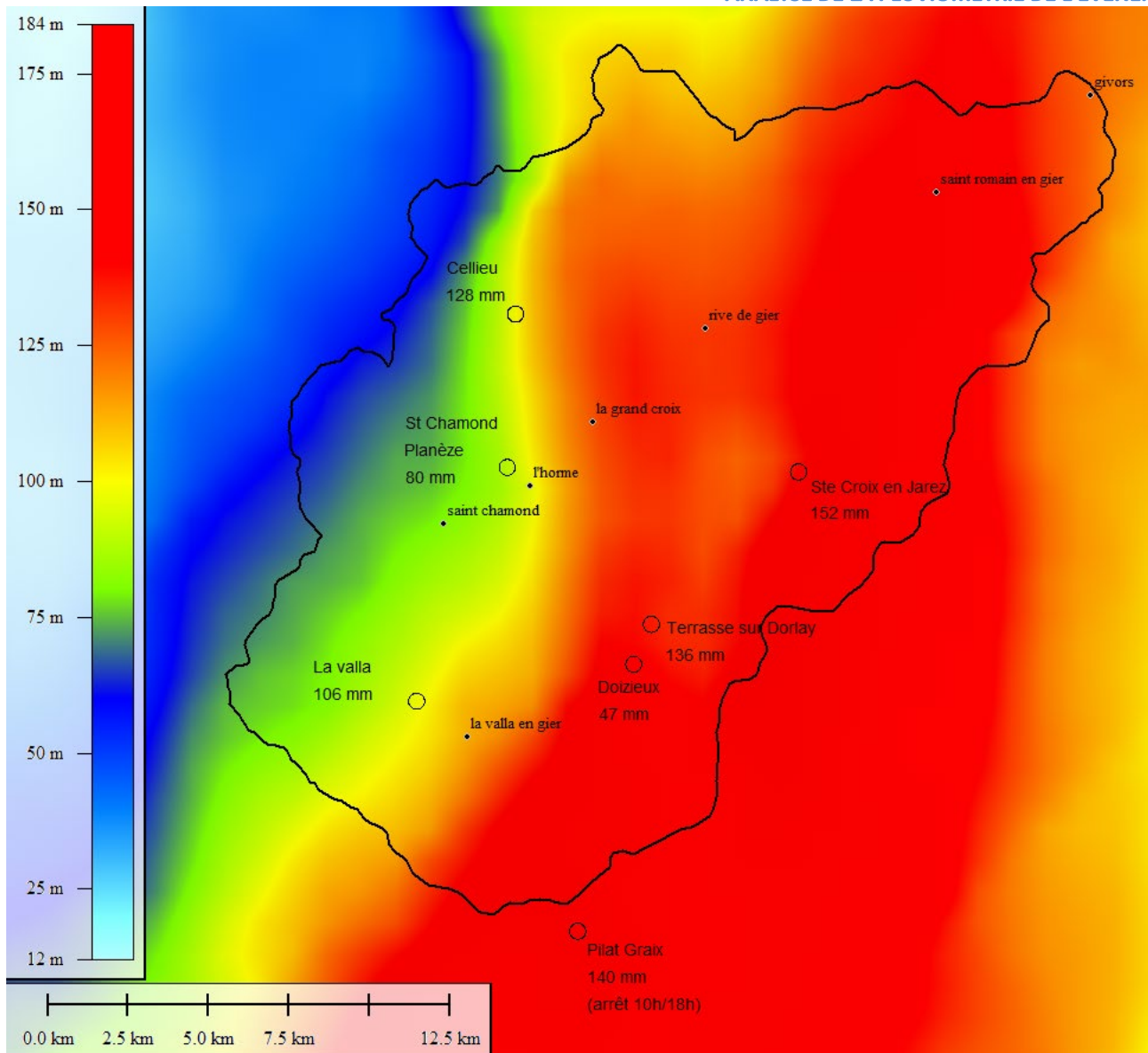


Figure 2-8 : Comparaison cumuls stations pluviométriques - RADAR

2.3.2 Station pluviométrique de référence

A proximité de la zone d'étude, le seul poste Météo-France disposant d'une longue série de mesure et de coefficients de Montana est le poste d'Andrézieux-Bouthéon.

Le tableau suivant présente les coefficients de Montana de la station d'Andrézieux-Bouthéon.

Durée de retour	6 min – 24h	
	a	b
10 ans	10.307	0.701
30 ans	12.800	0.701
50 ans	13.955	0.701
100 ans	15.459	0.699

Tableau 2-1 : Paramètres de Montana

Le tableau suivant présente les cumuls pluviométriques calculés à partir des coefficients de Montana de la station d'Andrézieux pour des pluies de temps de retour 10, 30, 50 et 100 ans.

durée des pluies	Cumul pluviométrique (mm)			
	MétéoFrance 10 ans	MétéoFrance 30 ans	MétéoFrance 50 ans	MétéoFrance 100 ans
0	0	0	0	0
1	35	44	47	53
2	43	54	58	65
3	49	60	66	74
4	53	66	72	80
5	57	70	77	86
6	60	74	81	91
7	63	78	85	95
8	65	81	88	99
9	68	84	92	103
10	70	87	94	106
11	72	89	97	109
12	74	92	100	112
13	75	94	102	115
14	77	96	104	117
15	79	98	107	120
16	80	100	109	122
17	82	102	111	124
18	83	103	113	127
19	85	105	114	129
20	86	107	116	131
21	87	108	118	133
22	88	110	120	134
23	90	111	121	136
24	91	113	123	138

Tableau 2-2 : Cumuls pluviométrique – Andrézieux

2.4 Caractérisation du temps de retour de la pluie

Afin de caractériser le temps de retour de l'événement pluvieux, une comparaison a été réalisée entre les cumuls SAPHYRAS et les cumuls des pluies de temps de retour 10 à 100 ans calculés à la station d'Andrézieux Bouthéon.

Le graphique suivant illustre une comparaison entre les données MétéoFrance et les cumuls SAPHYRAS des BV de plusieurs affluents du Pilat.

- Le phénomène pluvieux a débuté le 16/10 à 23h.
- Sur ce graphique les cumuls des BV sont présentés à partir du 17/10 à 01h, avant ce moment les cumuls sont faibles (entre 1 et 4 mm).

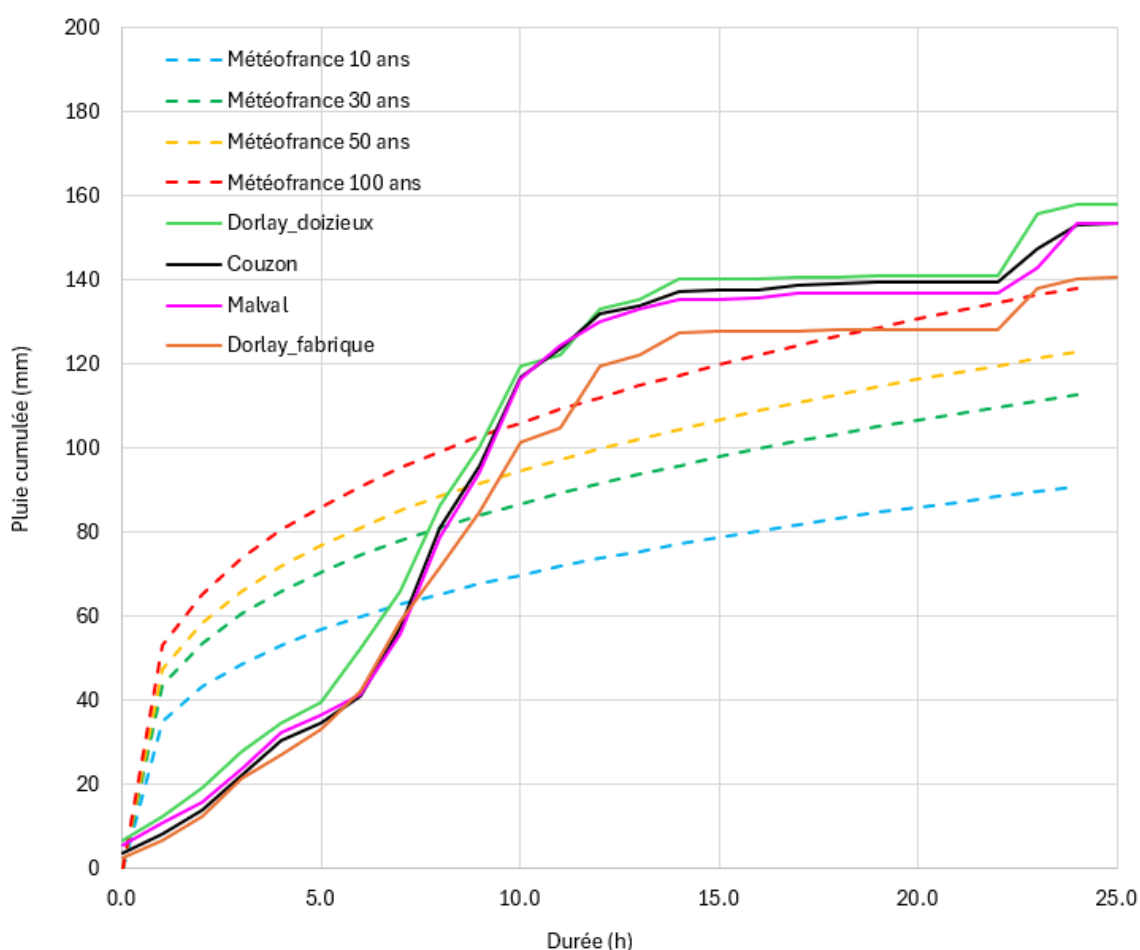


Figure 2-9 : Caractérisation du temps de retour de la pluie du 17/10/24 - BV affluents Pilat

Sur la fin de l'épisode pluvieux, après 10 à 15h de pluie, les cumuls de pluie sur les affluents du Pilat dépassent une fréquence centennale.

Le graphique suivant illustre une comparaison entre les données MétéoFrance et les cumuls SAPHYRAS de deux bassins versants situés sur la partie ouest du bassin versant, zone avec de « faibles » précipitations lors de cet épisode.

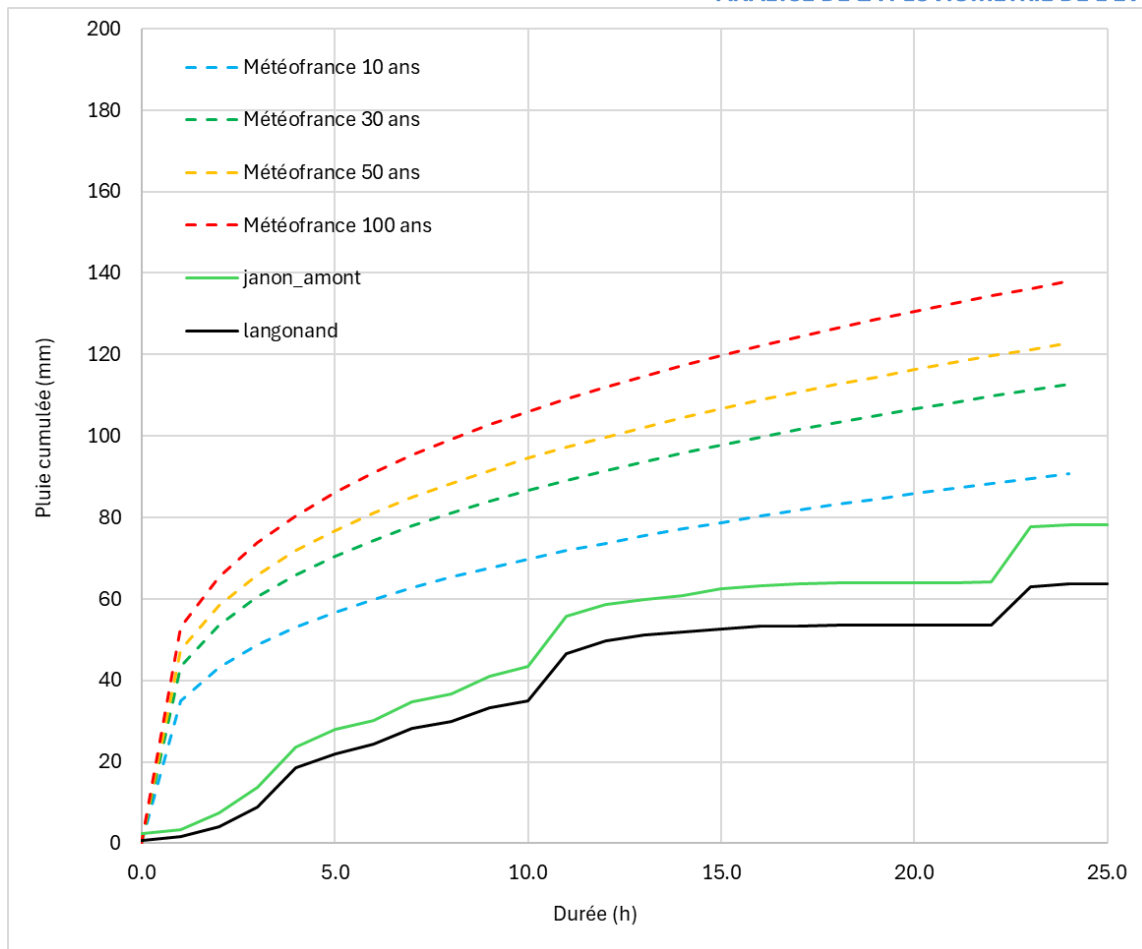


Figure 2-10 : Caractérisation du temps de retour de la pluie du 17/10/24 - BV affluents Ouest

Les cumuls de pluie des affluents du Gier situés sur la partie Ouest du bassin versant sont inférieurs à une pluie décennale.

Le graphique suivant illustre une comparaison entre les données MétéoFrance et les cumuls SAPHYRAS de deux bassins versants situés sur la partie ouest du bassin versant, zone avec des précipitations moyennes lors de cet épisode.

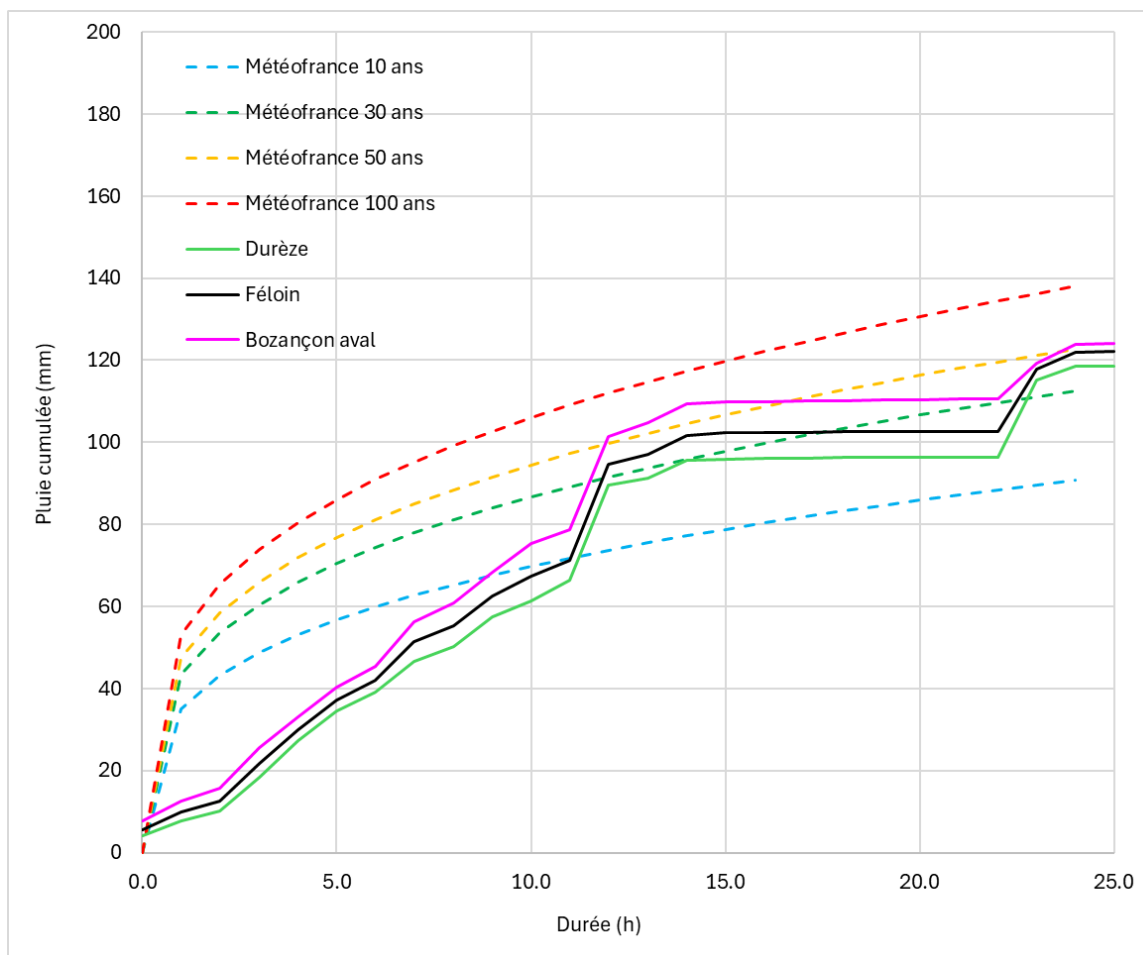


Figure 2-11 : Caractérisation du temps de retour de la pluie du 17/10/24 - BV affluents Nord

Sur la fin de l'épisode pluvieux, après 10 à 15h de pluie, les cumuls de pluie sur les affluents Nord du Gier atteignent des fréquences trentennale à cinquennale.

2.5 Conditions antécédentes

L'analyse des conditions antécédentes permet de définir un état de saturation du sol en eau avant l'épisode pluvieux du 17 octobre.

Les données SAPHYRAS transmises du 8 au 16 octobre indiquent les cumuls suivants (moyennes sur le BV du Gier).

Cumul (mm)	cumul moyen BV Gier SAPHYRAS
cumul 16 octobre avant 23h00	4
cumul 15 octobre	0
cumul 14 octobre	2
cumul 13 octobre	0
cumul 12 octobre	1
cumul 11 octobre	1
cumul 10 octobre	2
cumul 9 octobre	2
cumul 8 octobre	98

Tableau 2-3 : Conditions antécédentes – SAPHYRAS

Les cumuls de pluie la semaine précédente l'épisode pluvieux (du 9 au 16 octobre) sont faibles mais un épisode pluvieux intense s'est produit le 8 octobre avec un cumul moyen de 98 mm sur le bassin versant du Gier.

La figure suivante illustre les cumuls des lames d'eau RADAR COMEPHORE calculés entre le 08 octobre.

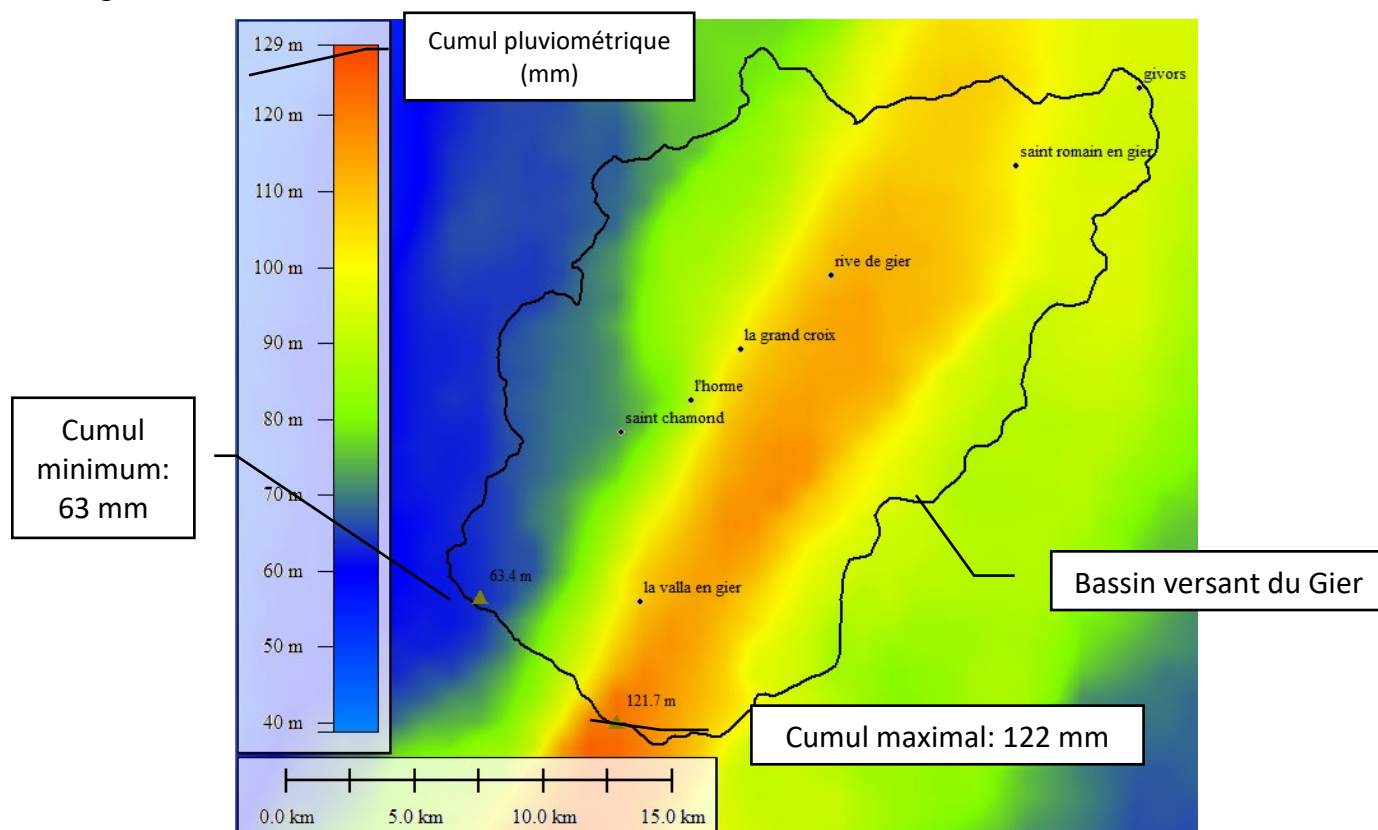


Figure 2-12 : RADAR – Cumuls pluviométriques événement du 08/10

Résultats obtenus à partir des lames d'eau RADAR

- Cumul moyen sur le BV du Gier : 95 mm (valeur proche de la moyenne des BV SAPHYRAS)
- Cumul minimum : 63 mm
- Cumul maximum : 122 mm

Chapitre 3

Analyse des laisses de crue

3.1 Relevés des laisses de crue

Suite au passage de la crue du 17 octobre 2024, Saint Etienne Métropole (SEM) et le Syndicat Mixte du Gier Rhodanien (SYGR) ont procédé à un important travail de repérage de laisses de crue.

Faisant suite aux observations de terrain par les agents des collectivités, les cabinets de géomètres Activ'Réseau et Sintegra ont procédé aux relevés topographiques de ces laisses.

On dénombre au total 290 laisses de crue : 167 sur le territoire de SEM, 123 sur le territoire du SYGR.

Pour ne pas alourdir inutilement le présent document, un document annexe agglomère la totalité des fiches de laisses de crue.

3.2 Méthode d'analyse

Les modèles hydrauliques existants sur les cours d'eau du Gier et de ses affluents ont été utilisés pour estimer le débit correspondant aux laisses de crue (28 modèles hydrauliques distincts).

Les laisses portant sur des tronçons non couverts par des modèles hydrauliques n'ont pas été traitées.

Plusieurs secteurs font l'objet d'études hydrauliques spécifiques dont les résultats d'analyse des laisses de crue seront reportés dans le présent document ultérieurement. Les secteurs concernés sont :

- ✓ Le Boissieux le ruisseau de Guilleranche et le Couzon à Sainte Croix en Jarez,
- ✓ Le Dorlay à la Terrasse en Dorlay, à Saint Paul en Jarez, à la Grand-Croix,
- ✓ Le ruisseau de Vareille,
- ✓ Le ruisseau des Godines à Saint Romain en Gier,

Les paragraphes suivants décrivent par secteur l'analyse des laisses de crue avec les modèles hydrauliques et le cas échéant les adaptations de ceux-ci. Selon les conditions locales d'écoulement de la crue, le choix de référence issu des calculs de modélisation hydraulique pour expliquer la cote d'une laisse de crue peut être soit :

- ✓ La ligne d'eau
- ✓ La ligne d'énergie qui représente l'énergie totale de l'écoulement, ce niveau peut être atteint lors de pertes d'énergie importante au passage d'un obstacle notamment ;
- ✓ La ligne critique (régime critique, situation particulière où l'énergie de l'écoulement est minimale souvent au passage d'un seuil ou d'une restriction de section).

De prime abord, la correspondance entre ligne d'eau modélisé et cote altimétrique des laisses de crue a été recherchée en faisant varier les débits dans les modèles hydraulique. Parfois, il n'est pas possible de faire converger le débit dans le modèle hydraulique dans une gamme valeur réaliste par rapport à l'événement et autres estimations à proximité. Un rapprochement avec la ligne d'énergie ou la ligne critique est alors recherché.

3.3 Analyse des laisses de crues du Gier

Les paragraphes suivants décrivent par tronçon l'analyse des laisses de crue au moyen des modèles hydrauliques existants.

Sont reportés des profils en long sur lesquels on retrouve les éléments suivants :

- ✓ Les laisses de crue figurées par un rond rouge
- ✓ La ligne d'eau simulée en bleu,
- ✓ La ligne d'énergie en vert
- ✓ La ligne critique en rouge pointillé.

Les temps de retour sont estimés sur la base des valeurs figurant au PPRNPI du Gier et de ses affluents.

3.3.1 Secteur de L'Horme

5 laisses ont été relevées sur la commune de L'Horme : 2 en amont de la route des Côtes, 1 à l'arrière des bâtiments de l'usine Duferco Aciers et 2 à l'arrière des habitations de l'allée des Cèdres.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-1 : Estimation du débit du Gier sur le secteur de L'Horme

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m ³ /s)	Temps de retour
Gier en amont de la confluence avec l'Onzion	D2.108	89.5	12 ans
	D2.107	115	22 ans
Gier en aval de la confluence avec l'Onzion	D2.109	177	90 ans
	D2.110	135	28 ans
	D2.111	110	17 ans

A noter qu'entre

Sur les figures en page suivante, il est intéressant de constater que les laisses conduisant aux débits les plus élevés s'alignent sur le niveau de la ligne d'énergie des débits les plus faibles estimés.

Ainsi, nous proposons de retenir les débits suivants :

- ✓ en amont de la confluence avec l'Onzion, le débit du Gier sera d'environ 90 m³/s,
- ✓ en aval de la confluence avec l'Onzion, le débit du Gier sera d'environ 110 m³/s,

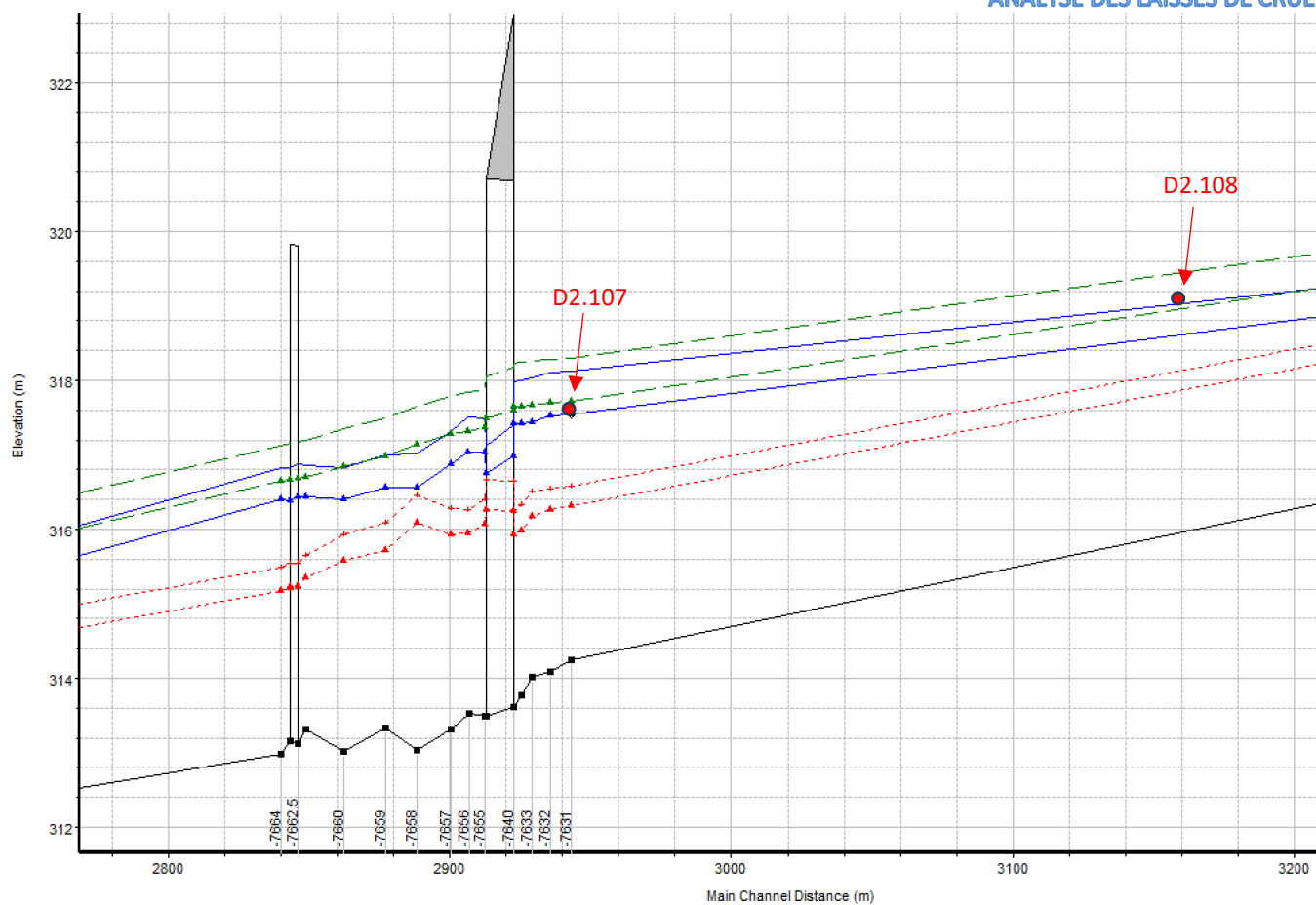


Figure 3-1 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à L'Horme en amont de la confluence avec l'Onzion

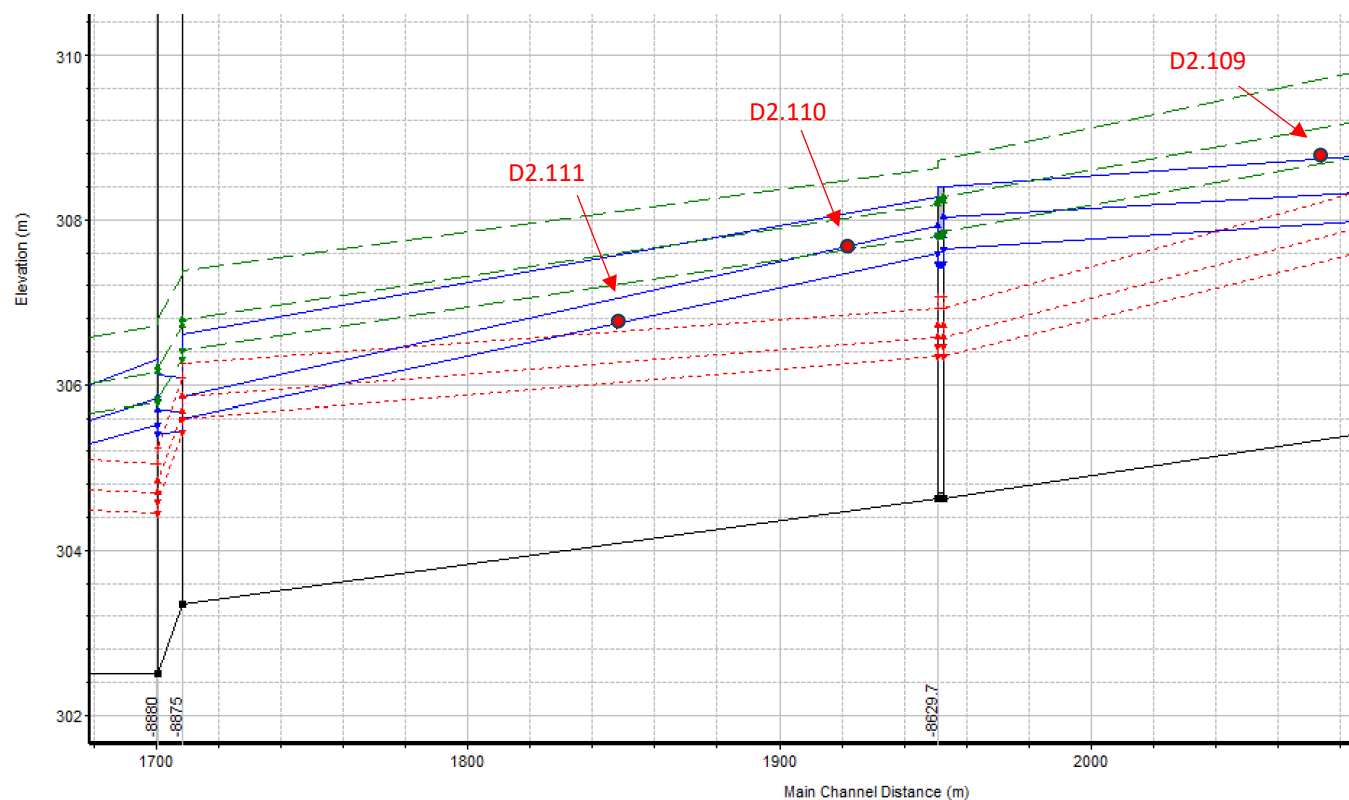


Figure 3-2 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à L'Horme en aval de la confluence avec l'Onzion

3.3.2 Secteur de la Grand-Croix

2 laisses ont été relevées sur la commune de la Grand-Croix en amont de l'impasse de la Rive.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-2 : Estimation du débit du Gier sur le secteur de la Grand-Croix

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Gier à la Grand-Croix	D2.6	130	22 ans
	D2.5	135	24 ans

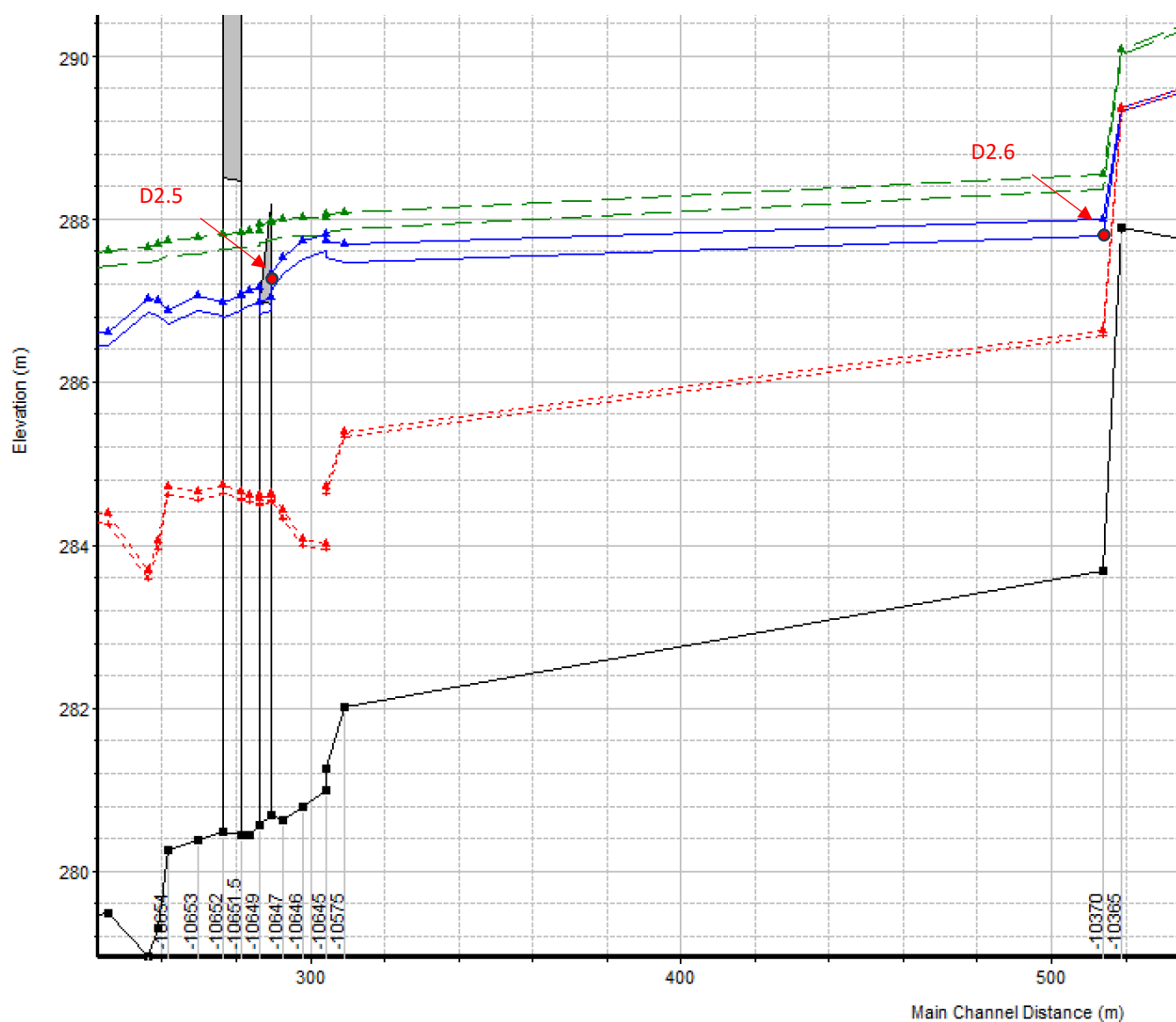


Figure 3-3 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à la Grand-Croix

3.3.3 Secteur de Lorette

5 laisses ont été relevées sur la commune de Lorette en amont du pont de la RD65.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-3 : Estimation du débit du Gier sur le secteur de Lorette

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Gier à Lorette	D3.74	230	55 ans
	D3.75	230 (Niveau critique)	55 ans
	D3.76	230 (Niveau critique)	55 ans
	D3.78	242	65 ans
	D3.77	Anorlement haute	

En comparaison avec les estimations de débits en amont sur la Grand-Croix, on voit ici l'importance des apports du Dorlay au Gier.

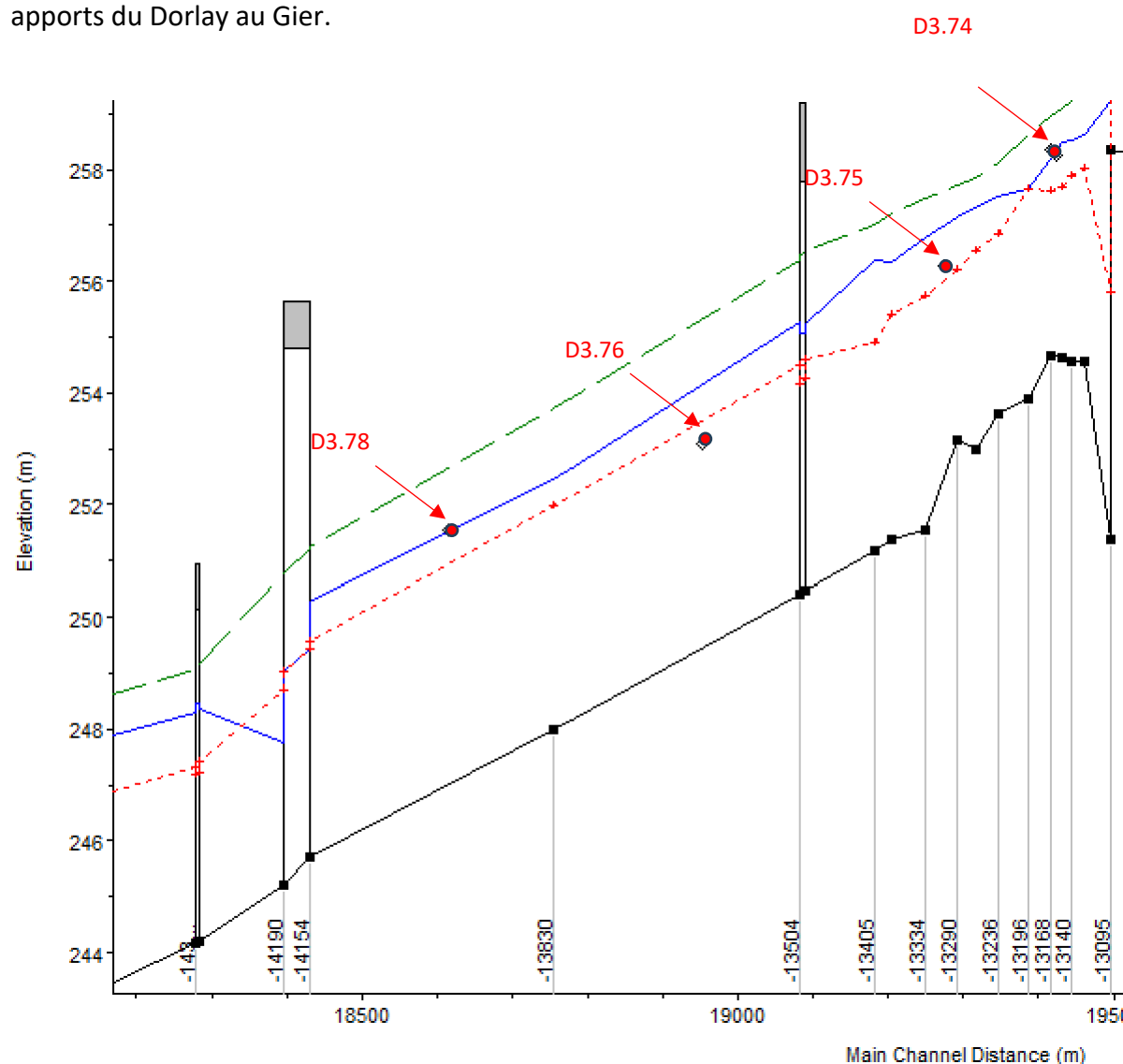


Figure 3-4 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à Lorette

3.3.4 Secteur de Rive de Gier – Amont de la couverture

9 laisses ont été relevées entre la commune de Lorette et l'entrée sous la couverture du Gier sous le centre-ville de Rive-de-Gier.

Le modèle hydraulique construit pour l'étude des débordements du Gier en amont de la couverture (HTV, 2017) a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-4 : Estimation du débit du Gier en amont de la couverture de Rive-de-Gier

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Gier à Lorette	RVGCP.6	287	75 ans
	RVGCP.7	287 (Ligne d'énergie)	75 ans
	RVGCP.5	287	75 ans
	D3.82	Anormalement basse	
	RVGCP.8	287	75 ans
	RVGCP.4	287 (Ligne d'énergie)	75 ans
	RVGCP.3	287	75 ans
	RVGCP.2	287	75 ans
	RVGCP.1	287	75 ans

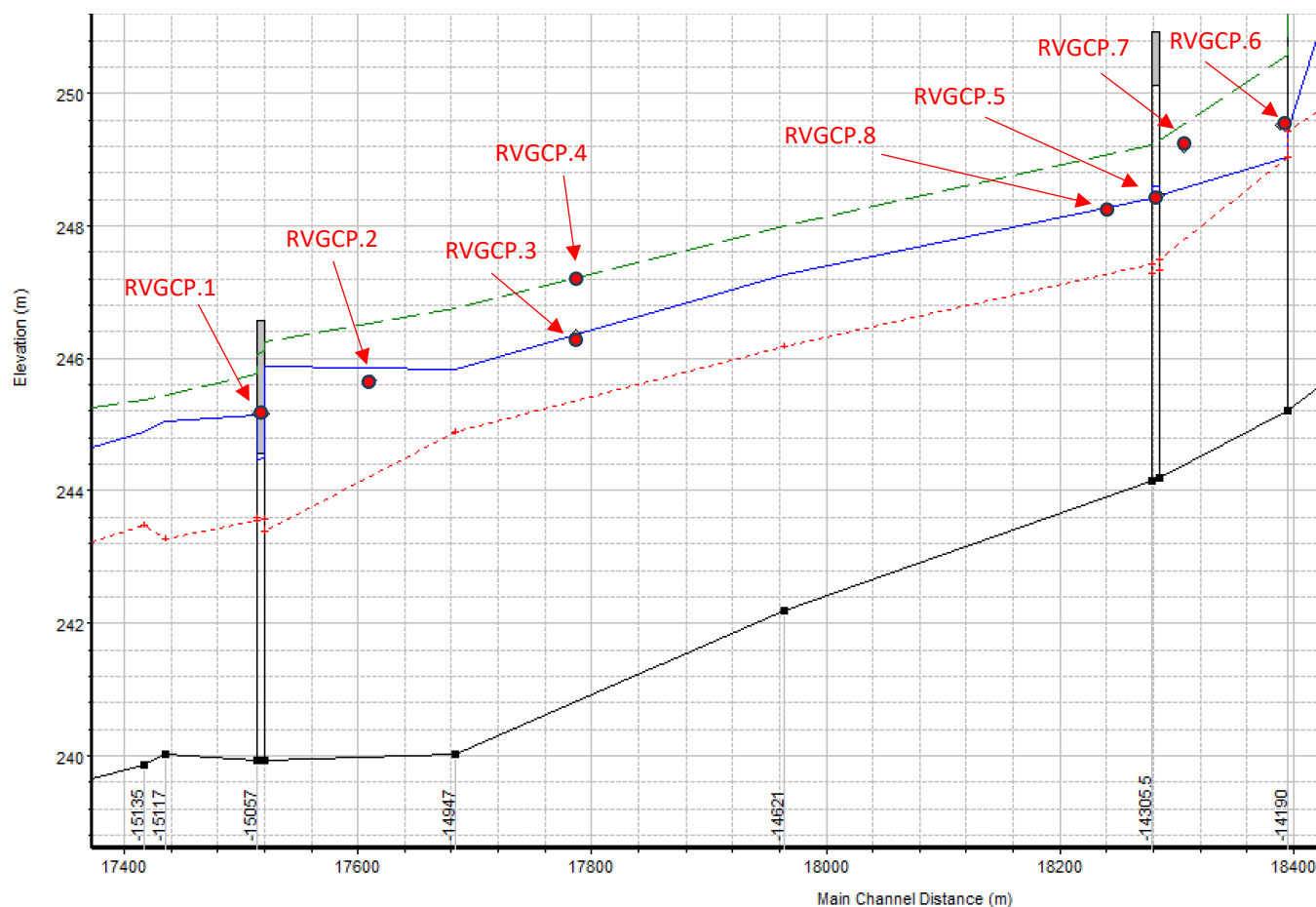


Figure 3-5 : Profil en long de ligne d'eau du Gier en amont de la couverture de Rive-de-Gier

3.3.5 Secteur de Rive de Gier – Débordement dans le centre-ville

Pour étudier ce secteur, nous avons construit un modèle hydraulique 2D globale représentant simultanément le Gier (Lit mineur et couverture sous le centre-ville) et les débordements sur le centre-ville.

La figure suivante présente les résultats de simulation de la crue du 17 octobre 2024.

Tableau 3-5 : Estimation du débit du Gier à Rive-de-Gier

Localisation	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Débit du Gier en amont de la couverture	287	75 ans
Débit dans la couverture	260	
Débit dans le centre ville	27	



Figure 3-6 : Ecart entre les résultats de modélisation et les cotes de laisses de crue

3.3.6 Secteur de Rive de Gier – Aval de la couverture

3 laisses ont été relevées en aval de la couverture du Gier sous le centre-ville de Rive-de-Gier.

Le modèle hydraulique construit pour le récolement des travaux en aval de la couverture (HTV, 2023) a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-6 : Estimation du débit du Gier en aval de la couverture de Rive-de-Gier

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Gier en aval de la couverture	D2.217	280 *	40 ans
	D2.216	346	82 ans
	D2.215	346	82 ans

* La laisse D2.217 semble trop basse. En effet, elle correspondrait à un débit de 280 m³/s ce qui n'est pas cohérent avec les débits estimés en amont de la couverture et les apports du Féloin et du Couzon.

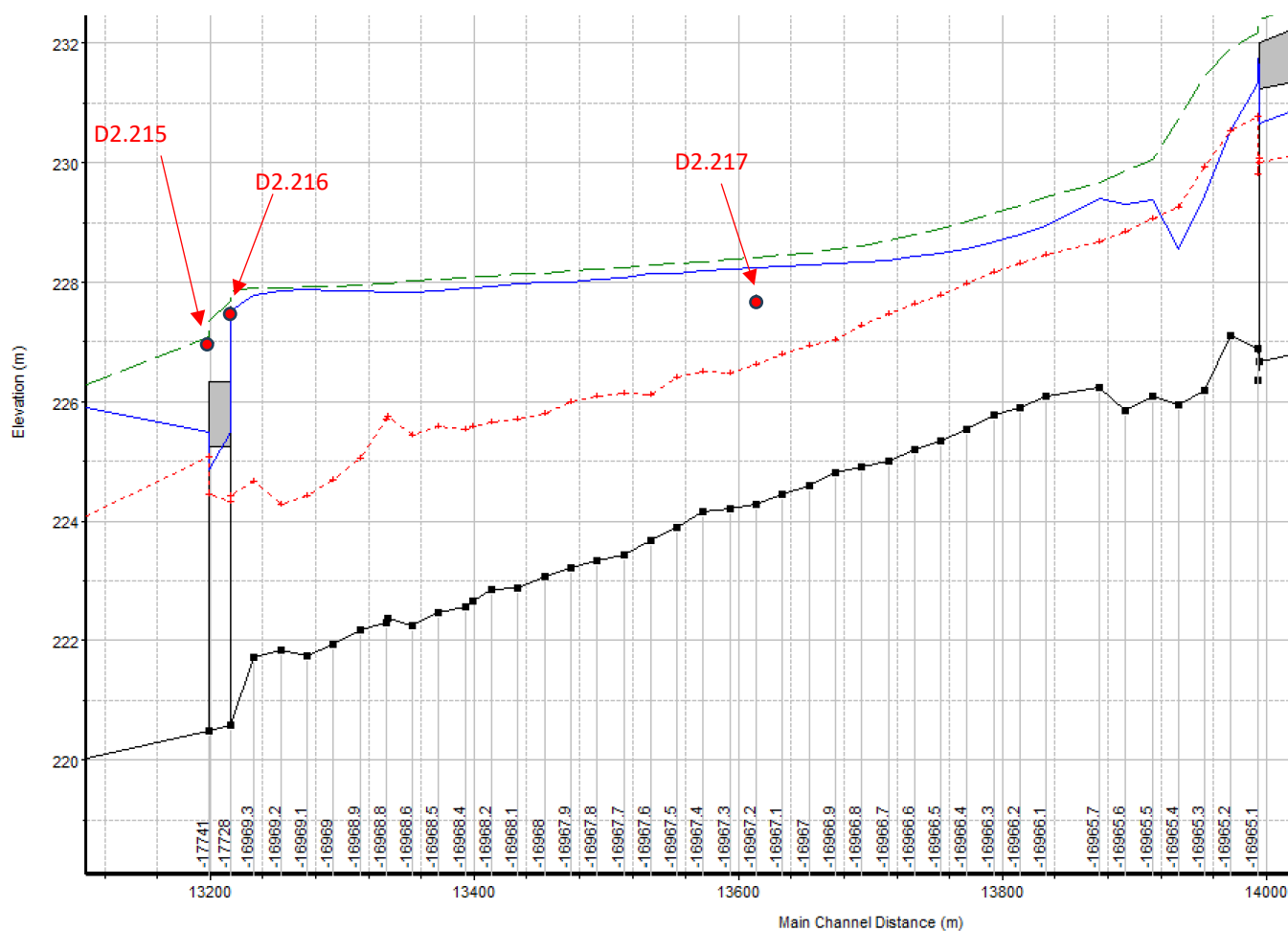


Figure 3-7 : Profil en long de ligne d'eau du Gier en aval de la couverture de Rive-de-Gier

3.3.7 Secteur de Châteauneuf

Une laisse a été relevée au niveau de la confluence avec le Bozançon.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-7 : Estimation du débit du Gier à Châteauneuf

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Gier à Châteauneuf	RVB.5	392	100 ans

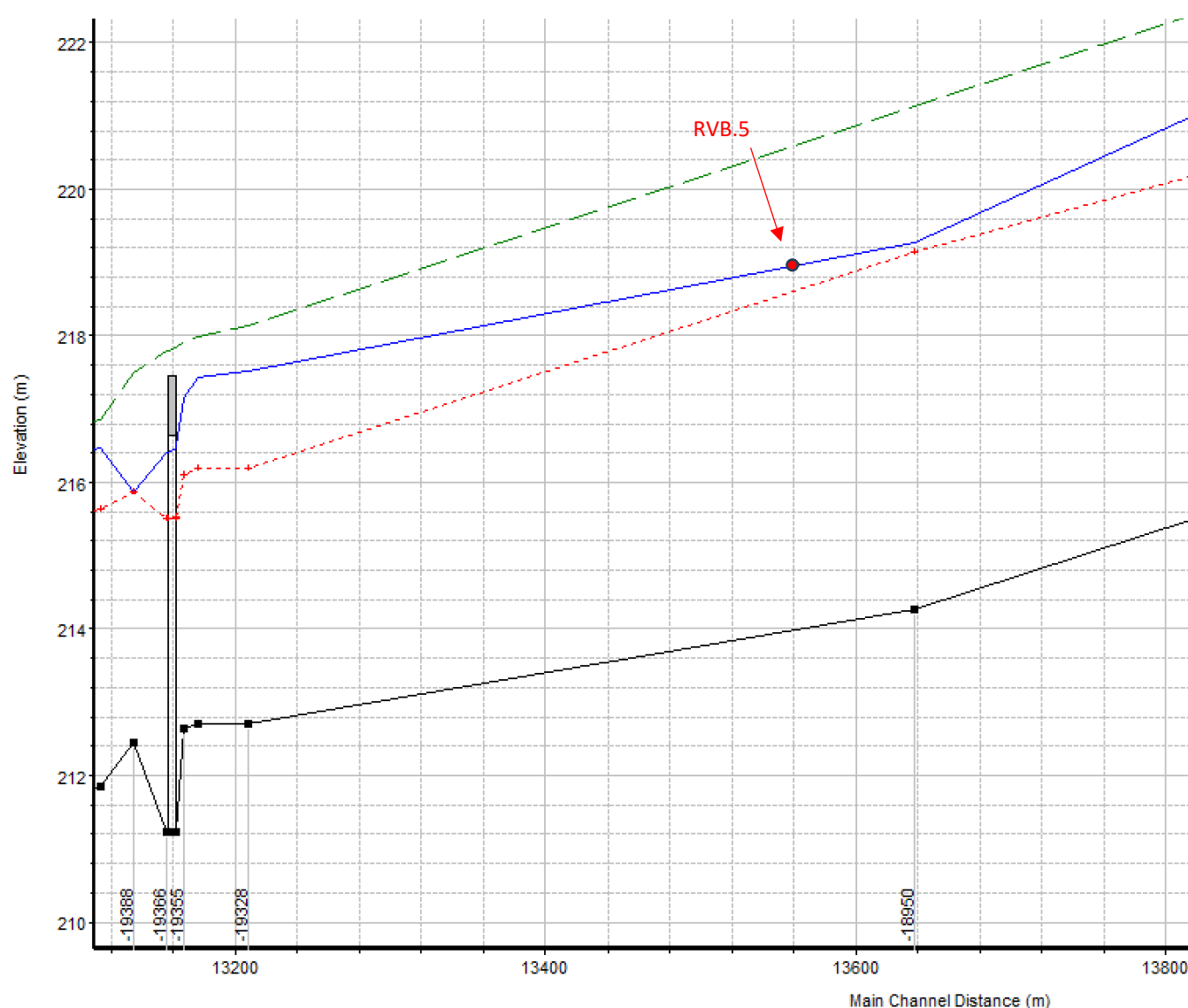


Figure 3-8 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à Châteauneuf

3.3.8 Secteur de Trèves, Tartaras et Dargoire

3 laisses ont été relevées sur le secteur de Trèves, Tartaras et Dargoire en amont de la confluence avec le Lozange. Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-8 : Estimation du débit du Gier à Trèves, Tartaras et Dargoire

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Gier	RVGT.3	*1	
	RVGT.4	*2	
	RVGT.1	415	100 ans
	RVGT.2	415	100 ans
	LG_114RD	*3	
	LG_115RD	*3	

Les laisses RVGT.1 et RVGT.2 présentent une très bonne fiabilité (marque sur un mur d'une habitation et surverse sur un tablier de pont). Nous avons utilisé ces laisses pour déterminer le débit sur ce secteur.

*1 : cette laisse a été prise au niveau de la culée du pont. En crue, la contraction de l'écoulement induit un abaissement de la ligne qui n'est pas calculé par le modèle.

*2 : la position de cette laisse sur le profil en long se situe entre la ligne d'eau et la ligne d'énergie. Il est probable q'un

*3 : on constate que ces 2 laisses sont proche du niveau critique. Il est possible que sur ce tronçon la ligne d'eau du Gier soit plutôt au niveau critique. Le modèle est imprécis sur ce secteur puisque la distance entre les points de calculs excèdent 500 m.

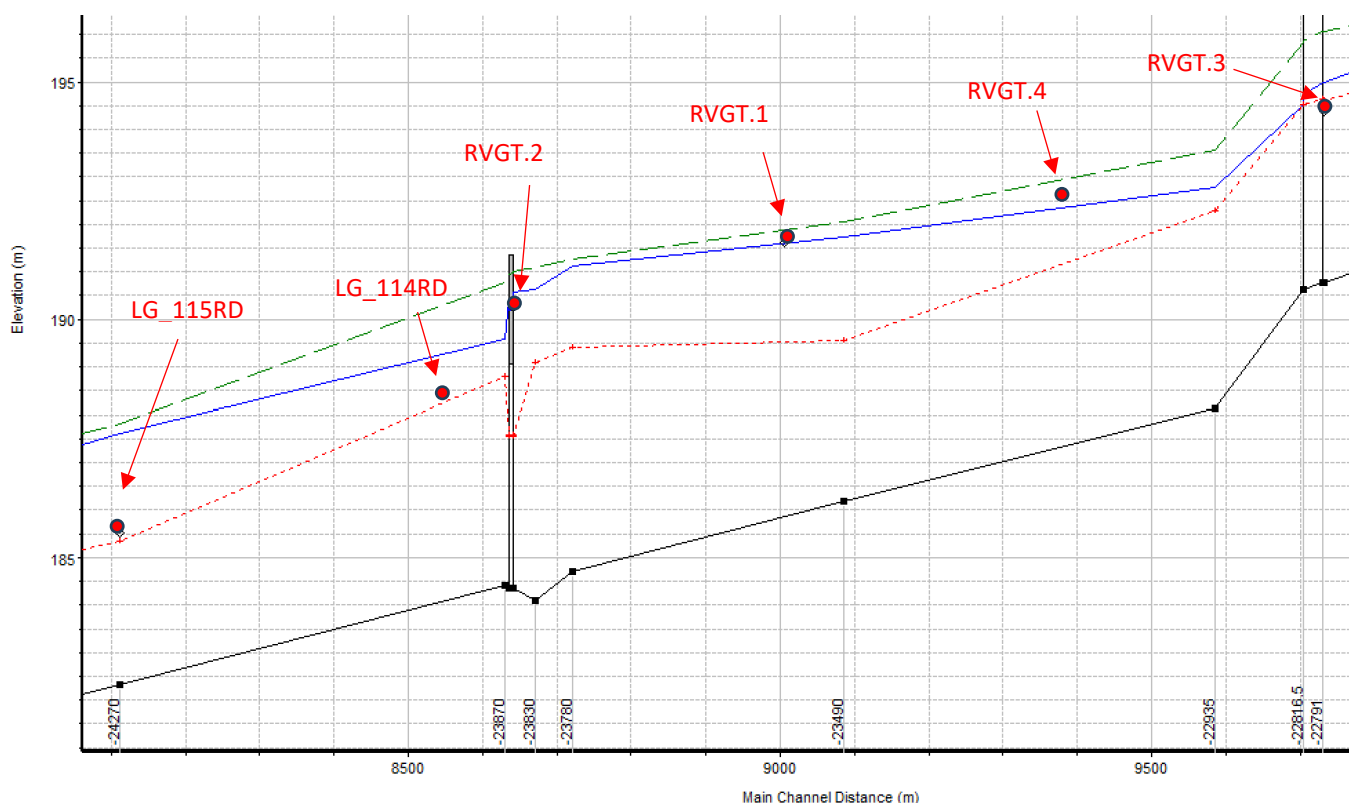


Figure 3-9 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à Trèves, Tartaras et Dargoire

3.3.9 Secteur de Saint-Romain-en-Gier

4 laisses ont été relevées sur le secteur de de Saint-Romain-en-Gier. Le modèle hydraulique du PPRNPI et celui construit pour l'étude de l'aménagement du Gier sur ce secteur (HTV, 2023) ont été utilisés pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-9 : Estimation du débit du Gier à Trèves, Tartaras et Dargoire

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m ³ /s)	Temps de retour
Gier	SRG_G_008_RG	448	100 ans
	SRG_G_006_RG	448	100 ans
	SRG_G_007_RG	448	100 ans
	SRG_G_009_RD	448	100 ans
	LG_113_RD	458	100 ans
	LG_111_RD	458 (Ligne d'énergie – Combe d'Enfer)	100 ans
	SRG_G_002_RG	458 (Ligne d'énergie)	100 ans

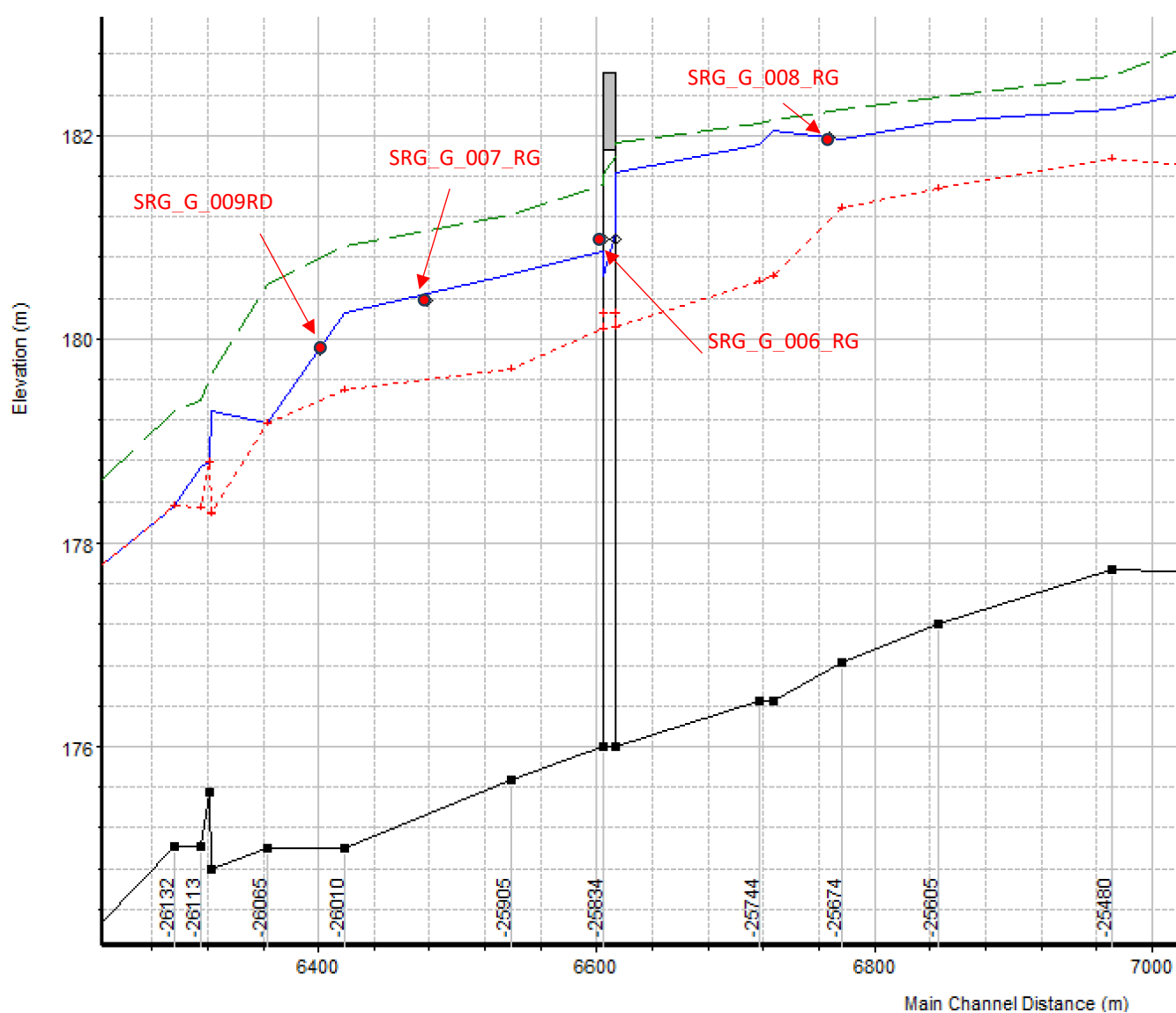


Figure 3-10 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à Saint-Romain-en-Gier -1

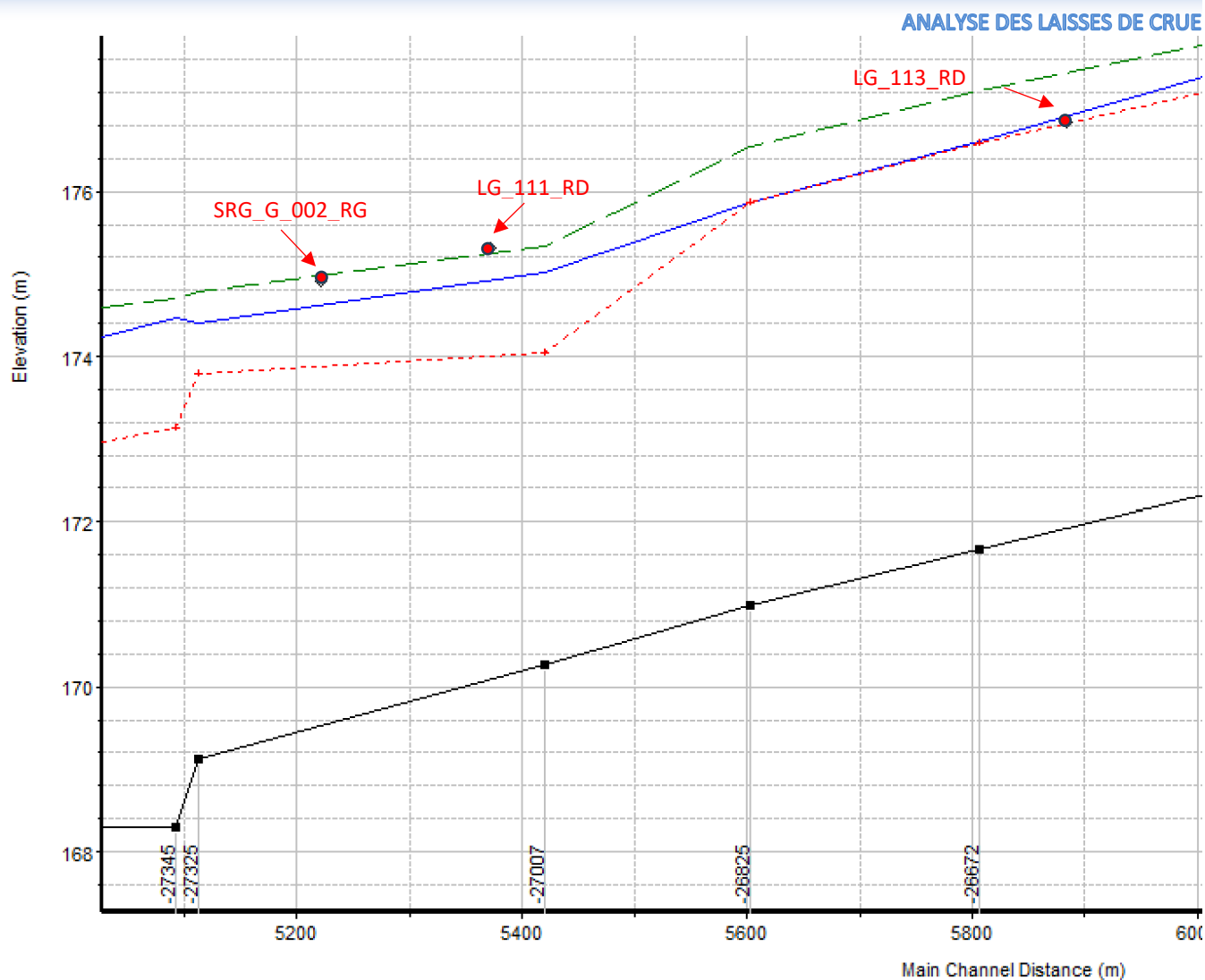


Figure 3-11 : Profil en long de ligne d'eau du Gier à Saint-Romain-en-Gier -2

3.3.10 Secteur de Givors

3.3.10.1 Analyse à partir des résultats du modèle 1D du PPRNPI

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Pour permettre l'analyse, parmi les nombreuses laisses de crue relevés sur le territoire de Givors, nous avons sélectionné celles qui sont les plus représentatives des niveaux d'eau dans le lit du Gier dans les secteurs où la majeure partie du débit de pointe de crue transite par le lit mineur : amont de la zone commerciale.

Néanmoins, le calage en débit du modèle hydraulique n'est pas univoque. Nous aboutissons à une plage de débits comprise entre 439 m³/s et 480 m³/s (soit le débit estimé de la crue centennale).

Les figures de pages suivantes présentent les résultats de ligne d'eau obtenue pour ces 2 débits. On constate la volatilité des laisses de crue entre ces deux lignes d'eau. Il n'est pas possible de conclure plus finement sur le débit de la crue à partir de ce modèle hydraulique.

Le tableau ci-dessous compare les cotes de crue de référence du PPRNPI (niveau d'énergie) avec les laisses de crue proche des points de calculs correspondant.

Tableau 3-10 : Comparaison des laisses de crue avec les cotes de référence du PPRNPI

Zone	Point de calculs PPRNPI	Cote PPRNPI	Laisse de crue	Ecart (m)
Lit mineur du Gier	-27345	174.71	174.9	0.19
	-27628	173.95	173.83	-0.12
	-27989	172.69	172.62	-0.07
	-27996	172.65	172.62	-0.03
	-28002	172.56	172.48	-0.08
	-28288	171.58	171.58	0
	-29694	165.49	165.87	0.38
	-30141	163.46	163.51	0.05
	-30715	160.94	160.91	-0.03
	-30946	159.31	160.28	0.97
	-31244	158.79	158.81	0.02
	-31252	158.72	158.42	-0.3
	-31775	158.04	157.53	-0.51
Débordement dans la zone commerciale	-250	169.52	169.65	0.13
	-441	168.1	168.37	0.27
	-879	166.19	166.8	0.61
	-1502	163.69	164.41	0.72
	-2060	161.62	162.02	0.4

Les données du PPRNPI sont sous estimées sur la zone commerciale. Et au niveau du lit mineur, les observations de la crue du 17 octobre 2024 sont proches des cotes de crue centennale.

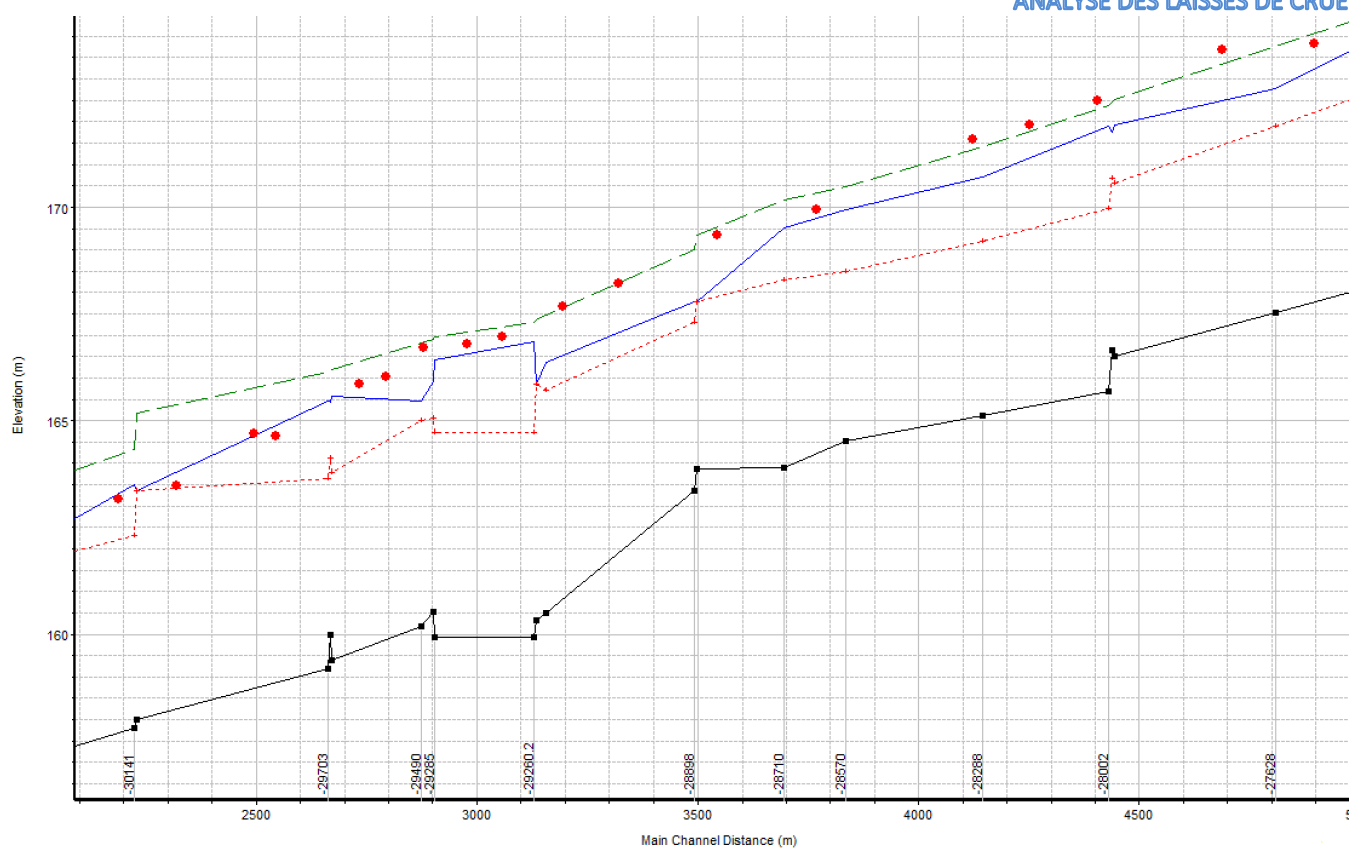


Figure 3-12 : Profil en long de ligne d'eau à Givors (amont) – $Q = 438 \text{ m}^3/\text{s}$

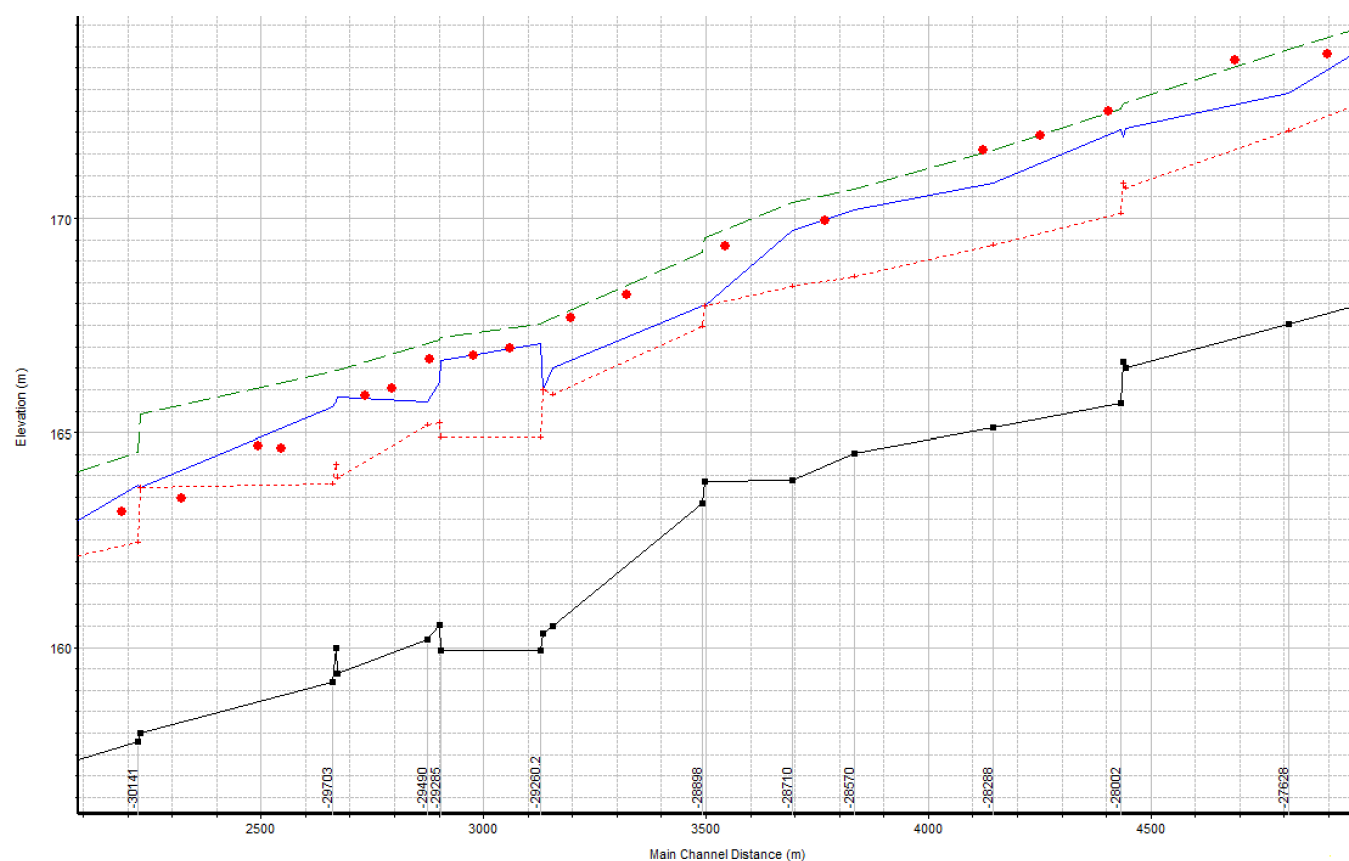


Figure 3-13 : Profil en long de ligne d'eau à Givors (amont) – Crue centennale - $Q = 480 \text{ m}^3/\text{s}$

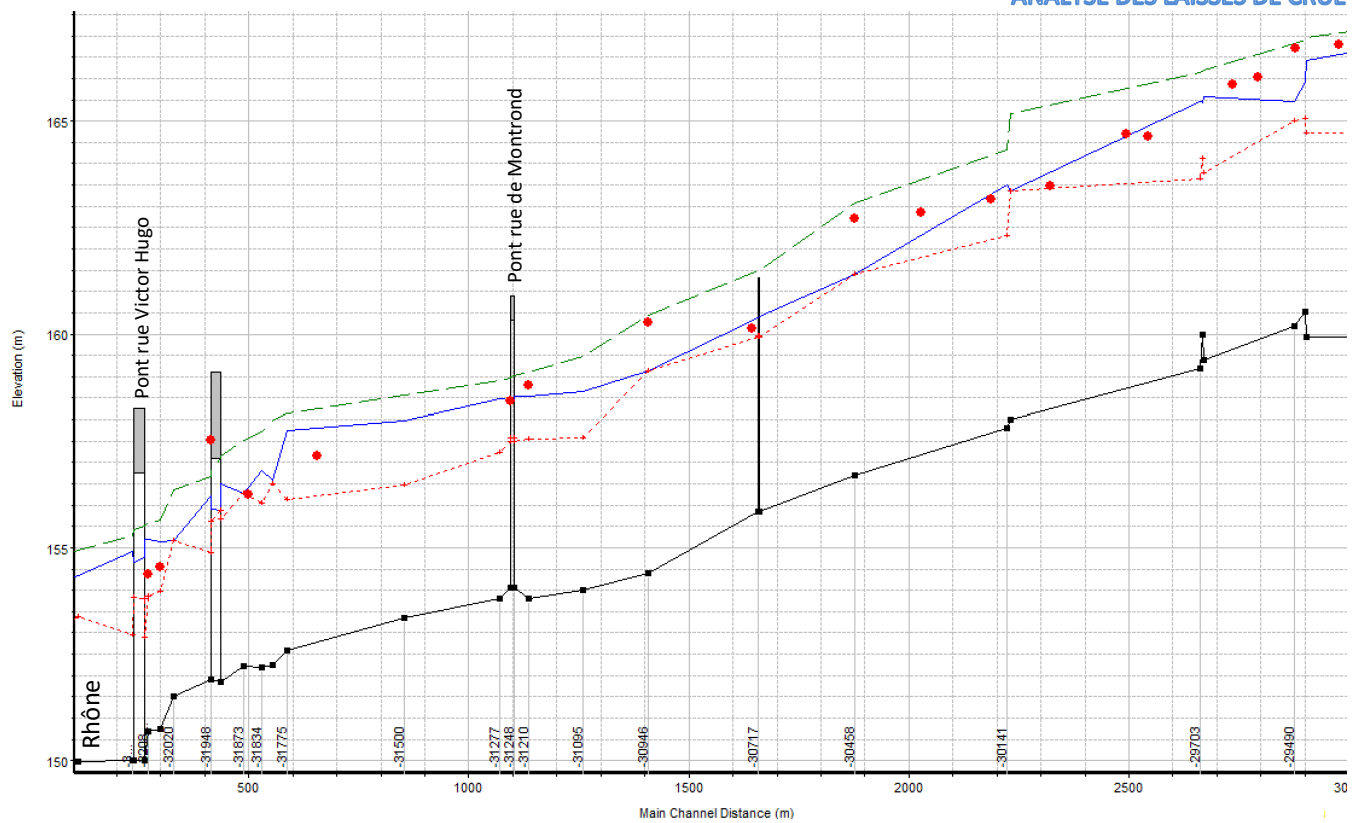


Figure 3-14 : Profil en long de ligne d'eau à Givors (aval) – $Q = 438 \text{ m}^3/\text{s}$

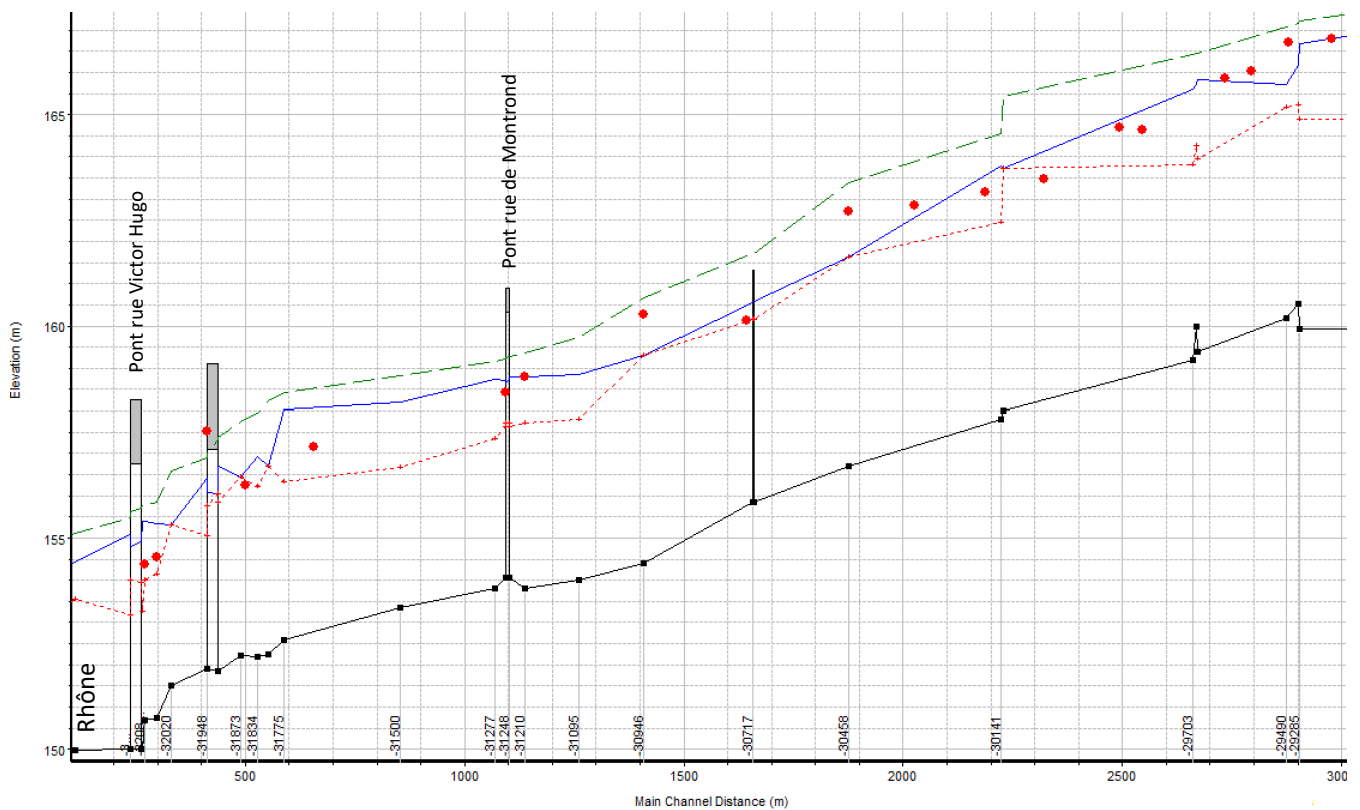


Figure 3-15 : Profil en long de ligne d'eau à Givors (aval) – Crue centennale ($480 \text{ m}^3/\text{s}$)

3.3.10.2 Analyse à partir des résultats du modèle 2D

Le secteur de Givors a fait l'objet antérieurement d'une modélisation 2D pour rendre compte des effets des débordements dans le lit majeur et préciser les endiguements et leur rôle.

Les hydrogrammes obtenus par la modélisation pluie-débit (Cf. chapitre 4) ont été introduit dans ce modèle 2D. Les hydrogrammes du Gier, du Cotéon et du Godivert ont été pris en compte. La condition aval à la cote 153.75 m a été maintenue comme pour les autres simulations de ce modèle.

Nous avons également extrait les résultats de ce modèle pour une crue centennale.

Les figures des pages suivantes rendent compte de la comparaison entre les résultats issus du modèle 2D et la cote des laisses de crue. La comparaison a été réalisée vis-à-vis des lignes d'eau puis de la ligne d'énergie.

Seul le secteur en amont de la rue Victor Hugo (Rue Platière) montre des résultats de modélisations en crue centennale proche des laisses de crue relevées.

Par contre pour toutes les autres laisses de crue, les écarts se révèlent très important. Le modèle 2D sous-estime les hauteurs d'eau de débordement dans le lit majeur et notamment sur la zone commerciale. Les résultats du modèle du PPRNPI sont également discordant sur ce secteur. Et pour les laisses à proximité du lit mineur, elles ont tantôt proche des résultats de la simulation des hydrogrammes du modèle pluie débit, tantôt proche de la simulation de la crue centennale.

L'utilisation du modèle 2D ne permet pas d'apporter des informations complémentaires sur l'estimation de la crue du 17 octobre 2024.

En l'état ni le modèle existant 1D (PPRNPI), ni le modèle existant 2D ne sont convaincant pour reproduire les crues du Gier à Givors. Les laisses de crues permettront à l'avenir d'améliorer la construction d'un modèle hydraulique plus pertinent sur ce secteur.

3.3.10.3 Conclusion sur l'estimation du débit de crue à Givors.

Au niveau de la station hydrométrique DREAL à Givors, le débit de pointe de crue est estimé, pour l'instant (valeur non confirmée), à 354 m³/s. Cette valeur est cohérente avec la plage de valeur obtenue à partir de l'analyse des laisses de crue avec le modèle 1D du PPRNPI, soit entre 439 et 480 m³/s.

Le travail réalisé à partir de modélisation pluie-débit présenté au chapitre 4 aboutit également à un débit de 439 m³/s.

Dans l'attente de la confirmation de la valeur du débit à la station hydrométrique, nous proposons de conclure que le débit de la crue du 17 octobre 2024 à Givors est proche de la celui d'une crue centennale sans la dépasser.

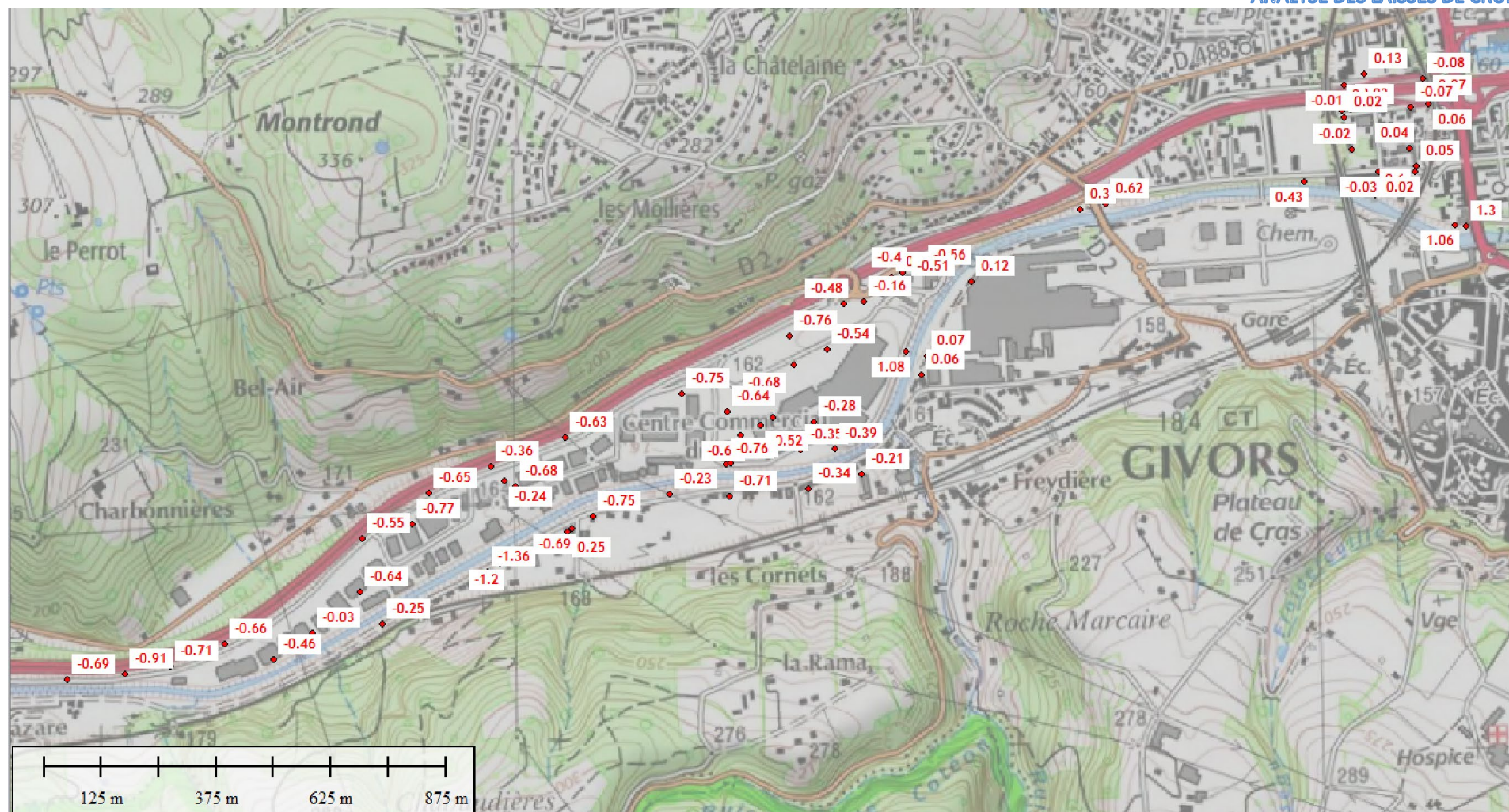


Figure 3-16 : Comparaison des résultats de niveaux d'eau du modèle 2D pour une crue centennale avec les laisses de crue
Ecart entre la valeur du niveau d'eau du modèle et la laisse de crue en mètre

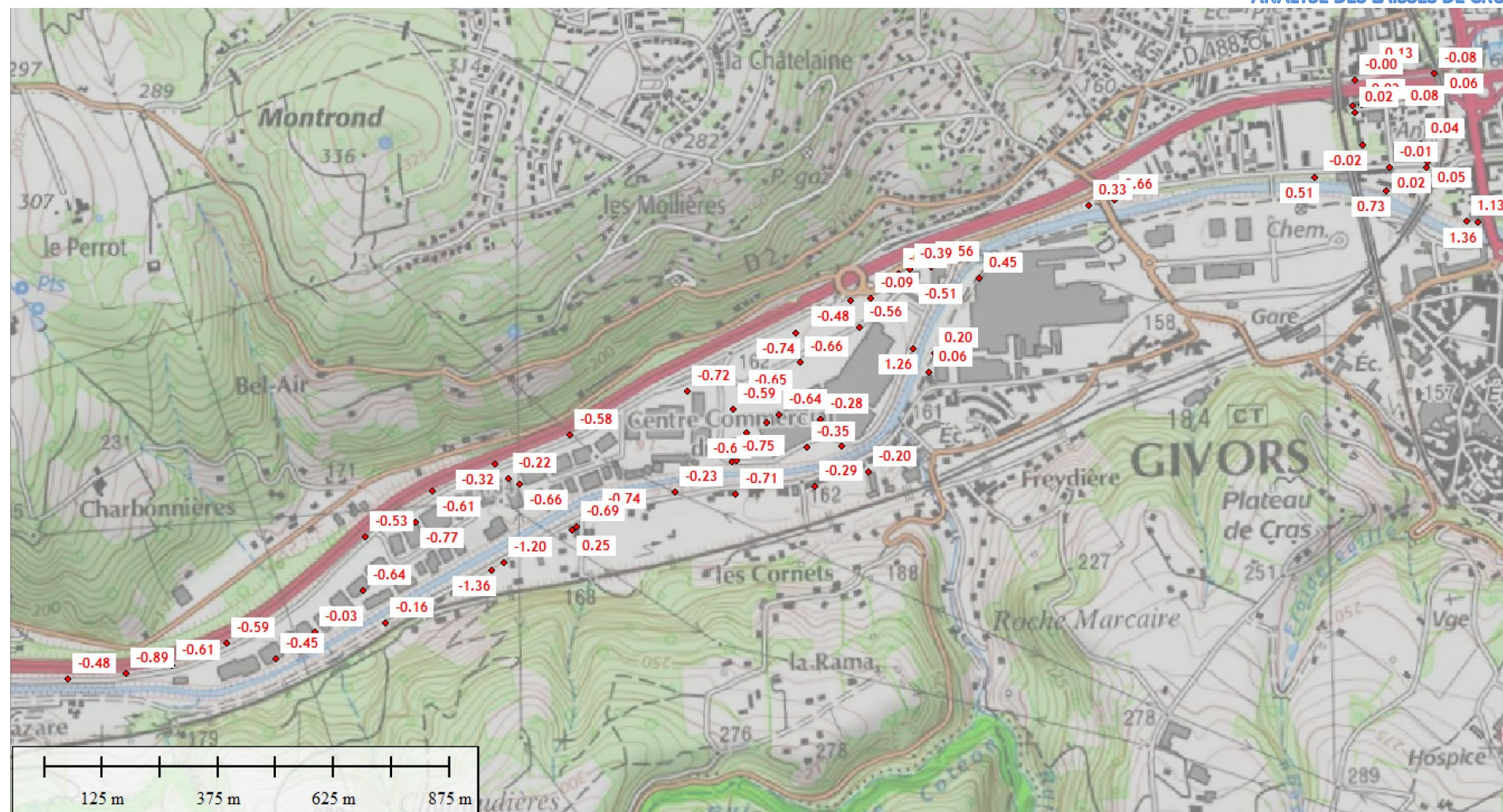


Figure 3-17 : Comparaison des résultats de niveaux d'énergie du modèle 2D pour une crue centennale avec les laisses de crue
Ecart entre la valeur du niveau d'énergie du modèle et la laisse de crue en mètre

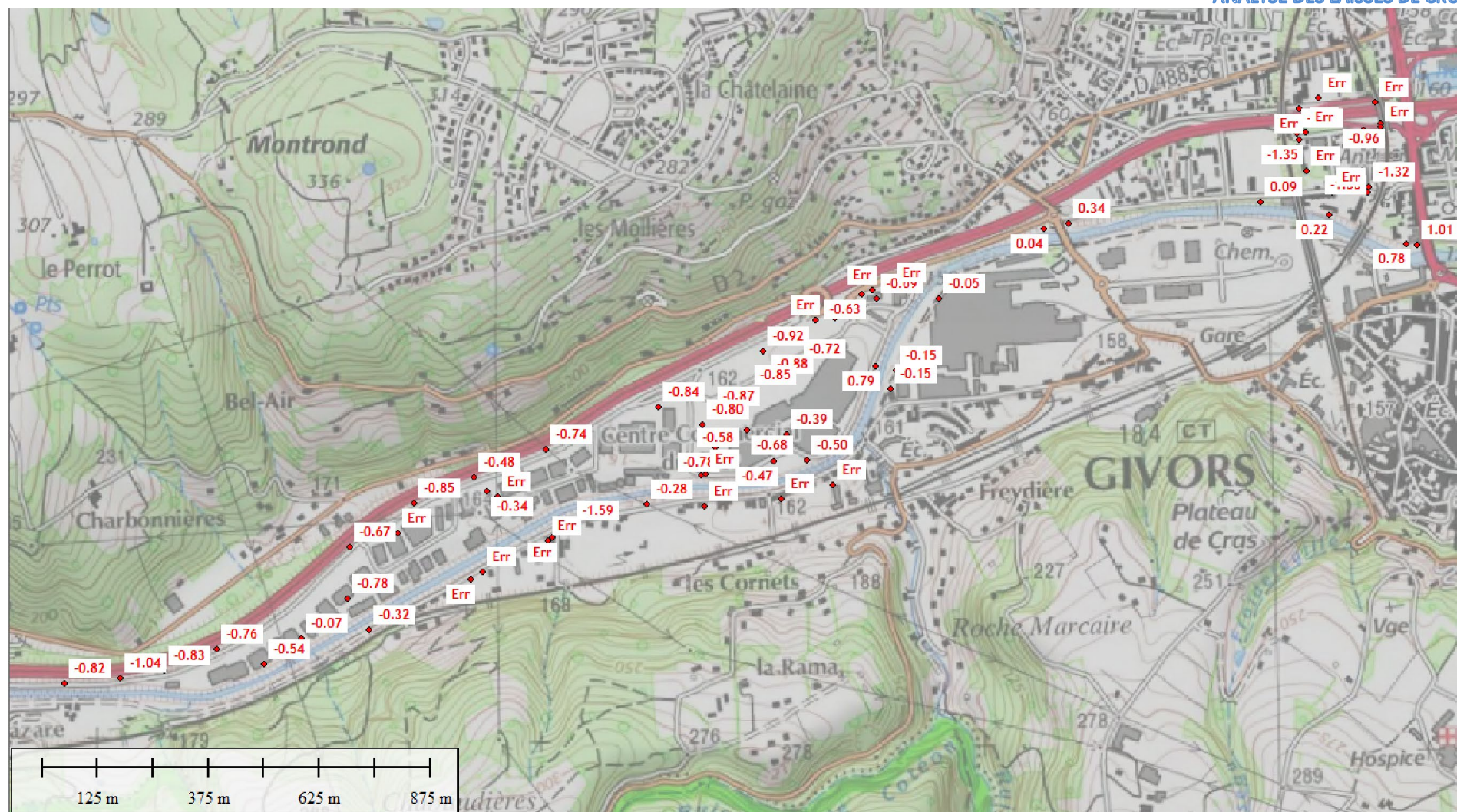


Figure 3-18 : Comparaison des résultats de niveaux d'eau du modèle 2D selon les hydrogrammes du modèle pluie débit avec les laisses de crue
Ecart entre la valeur du niveau d'eau du modèle et la laisse de crue en mètre

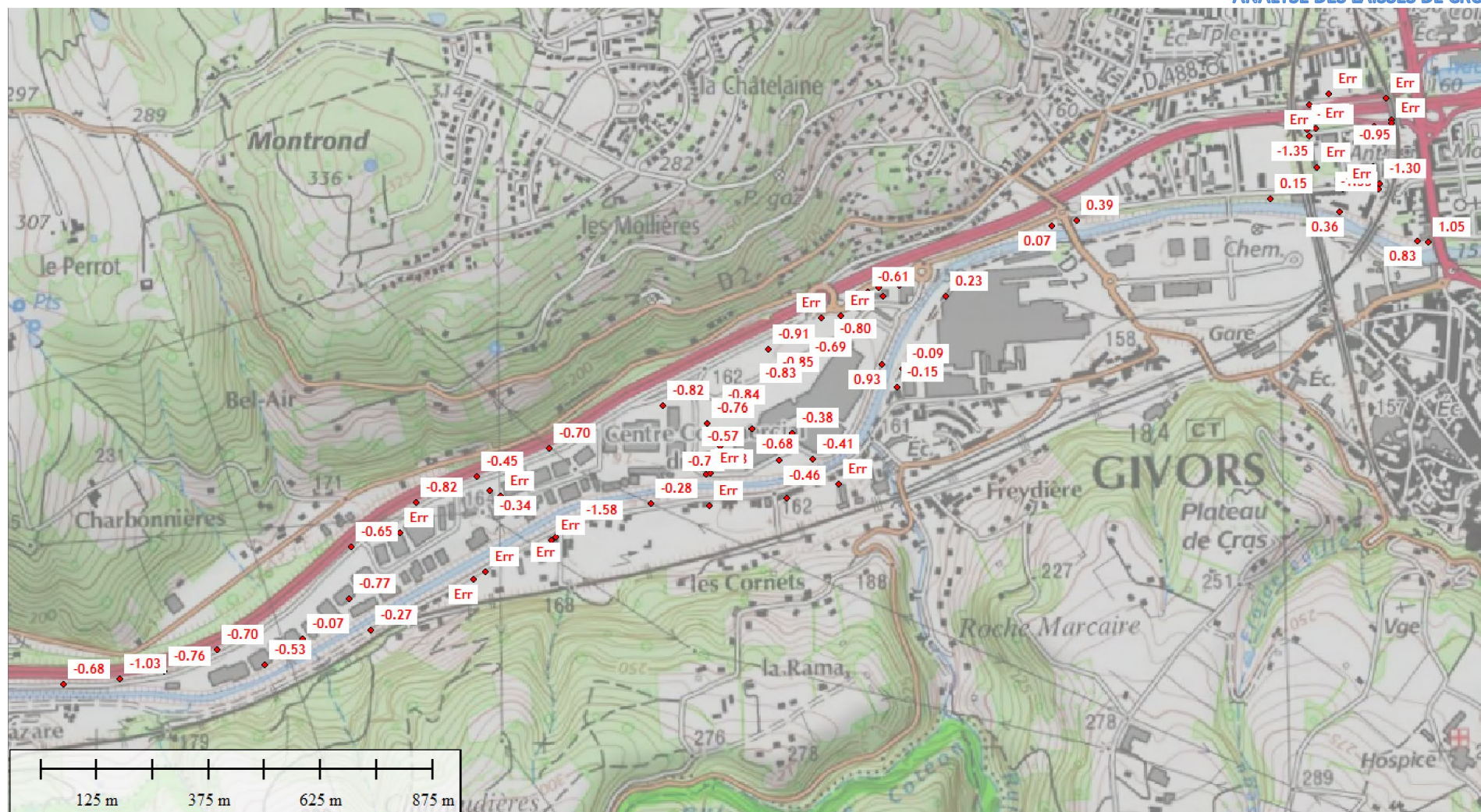


Figure 3-19 : Comparaison des résultats de niveaux d'eau du modèle 2D selon les hydrogrammes du modèle pluie débit avec les laisses de crue
Ecart entre la valeur du niveau d'eau du modèle et la laisse de crue en mètre

3.4 Analyse des laisses de crue des affluents du Gier

3.4.1 Le Janon et le Langonand à Saint Chamond

Deux laisses ont été relevées à proximité de la confluence Janon Langonand (Rue du Paradis sur la commune de Saint-Chamond)

Les modèles hydrauliques de récolement suite aux travaux réalisés sur le secteur ont été utilisés pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-11 : Estimation du débit du Langonand et du Janon

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Janon	D2.31	13	3 ans
Langonnand	D2.4	2.2	< 2 ans

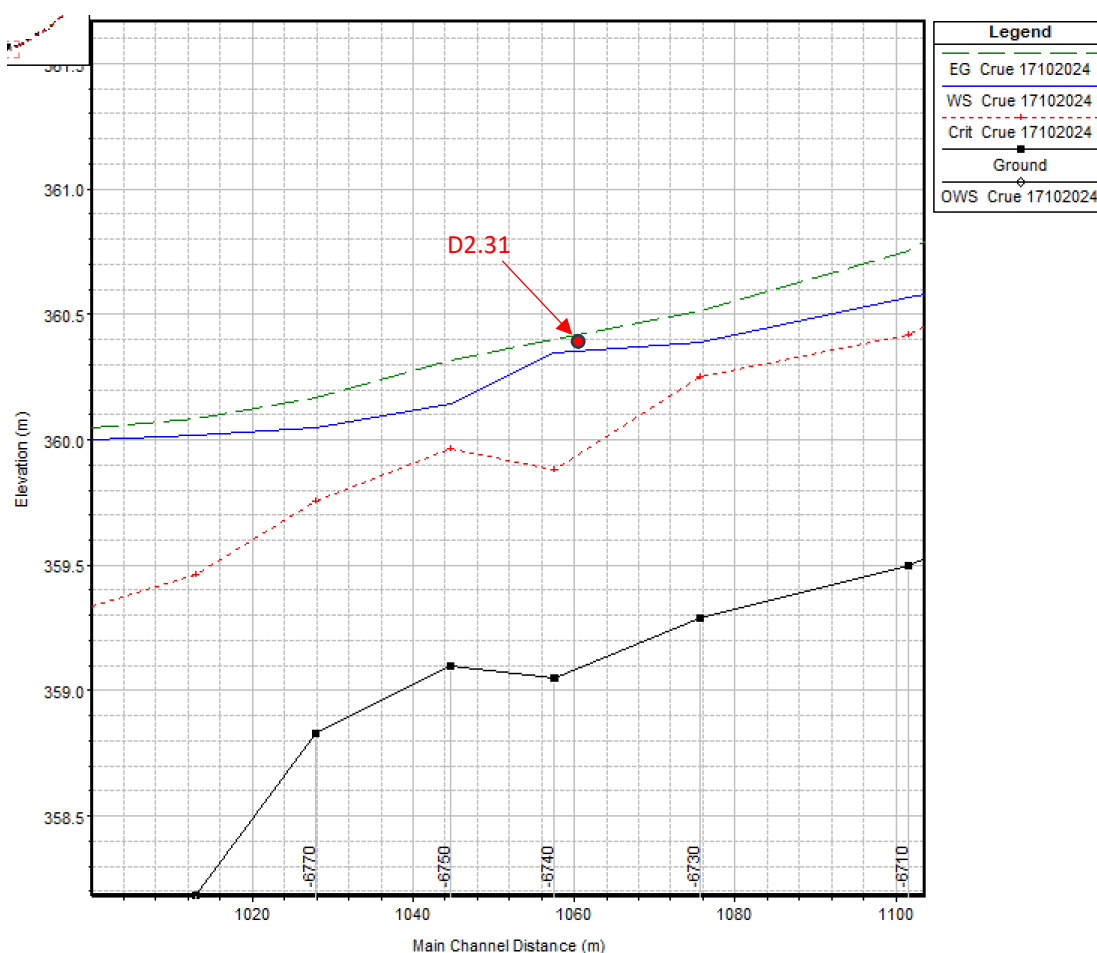


Figure 3-20 : Profil en long de ligne d'eau du Janon à Saint Chamond

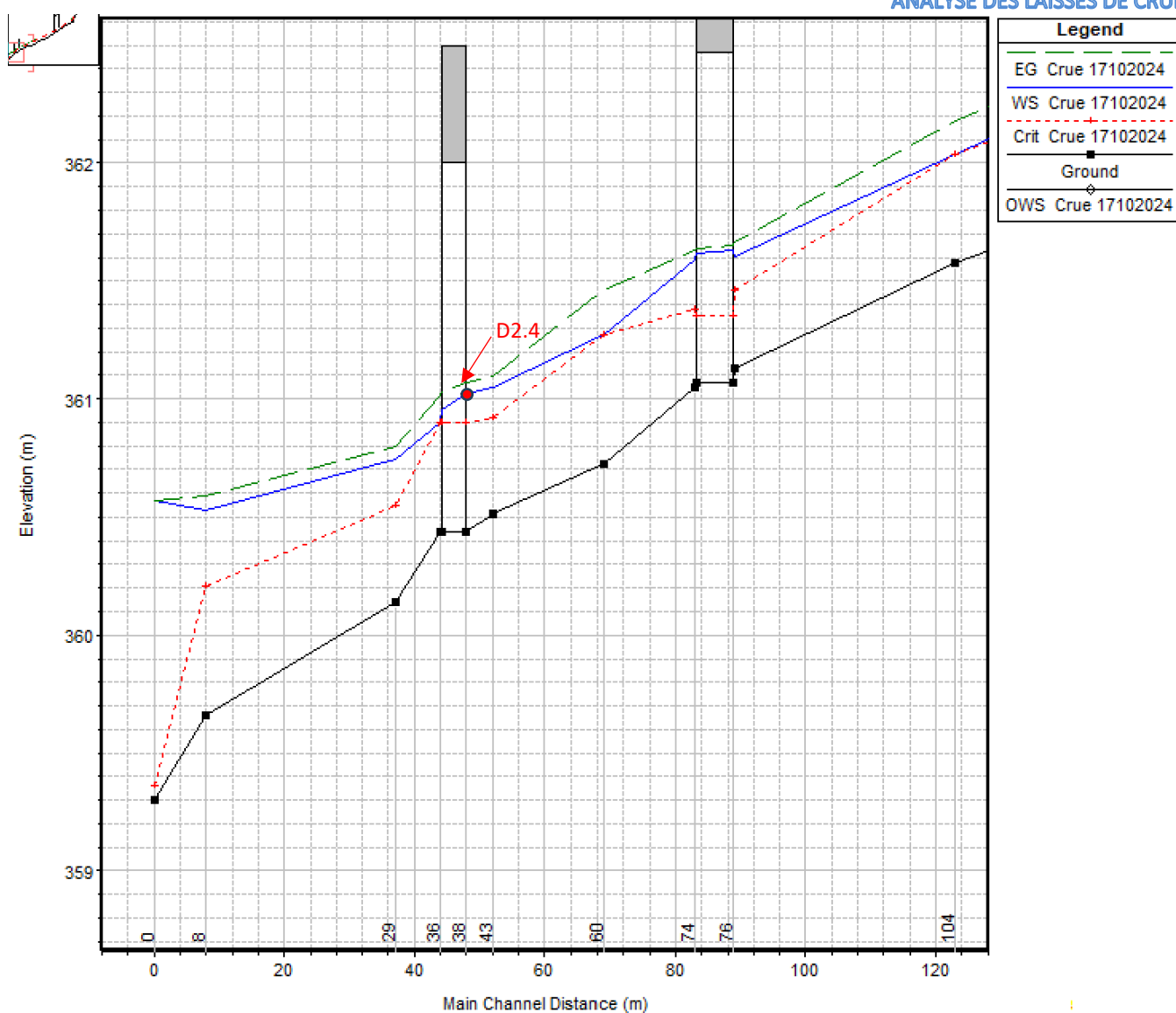


Figure 3-21 : Profil en long de ligne d'eau du Lagonand à Saint Chamond

Les bassins versants du Janon et du Lagonnand n'ont pour ainsi pas été touché par l'événement pluvieux.

3.4.3 Le ruisseau des Arcs à L'Horme

Une laisse a été relevée le long du ruisseau des Arcs sur la commune de L'Horme, rue de la Fay.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Pour cette laisse, il a été considéré que l'altimétrie relevée correspond au niveau de la ligne d'énergie.

Tableau 3-13 : Estimation du débit du ruisseau des Arcs

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Ruisseau des Arcs	D4.24	9.3	14 ans

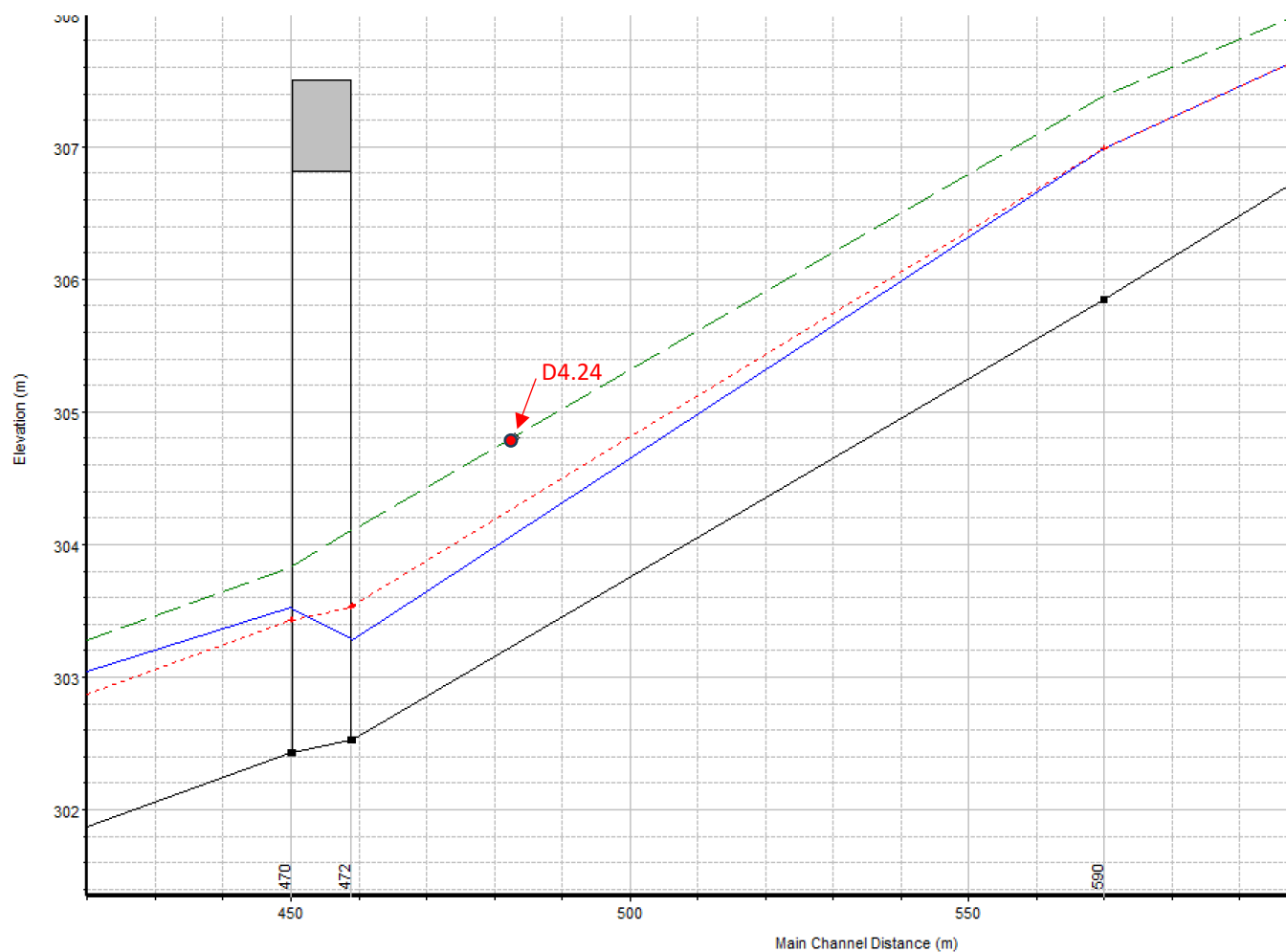


Figure 3-23 : Ligne d'eau du ruisseau des Arcs

3.4.4 Le Dorlay

15 laisses ont été relevés tout au long du Dorlay. Le Dorlay faisant l'objet d'étude spécifique, seule la laisse à l'amont de la confluence avec le Gier a été analysée. Les résultats des études spécifiques seront reportés ultérieurement.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-14 : Estimation du débit du Dorlay

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m ³ /s)	Temps de retour
Dorlay en amont de la confluence avec le Gier	D4.23	75	40 ans

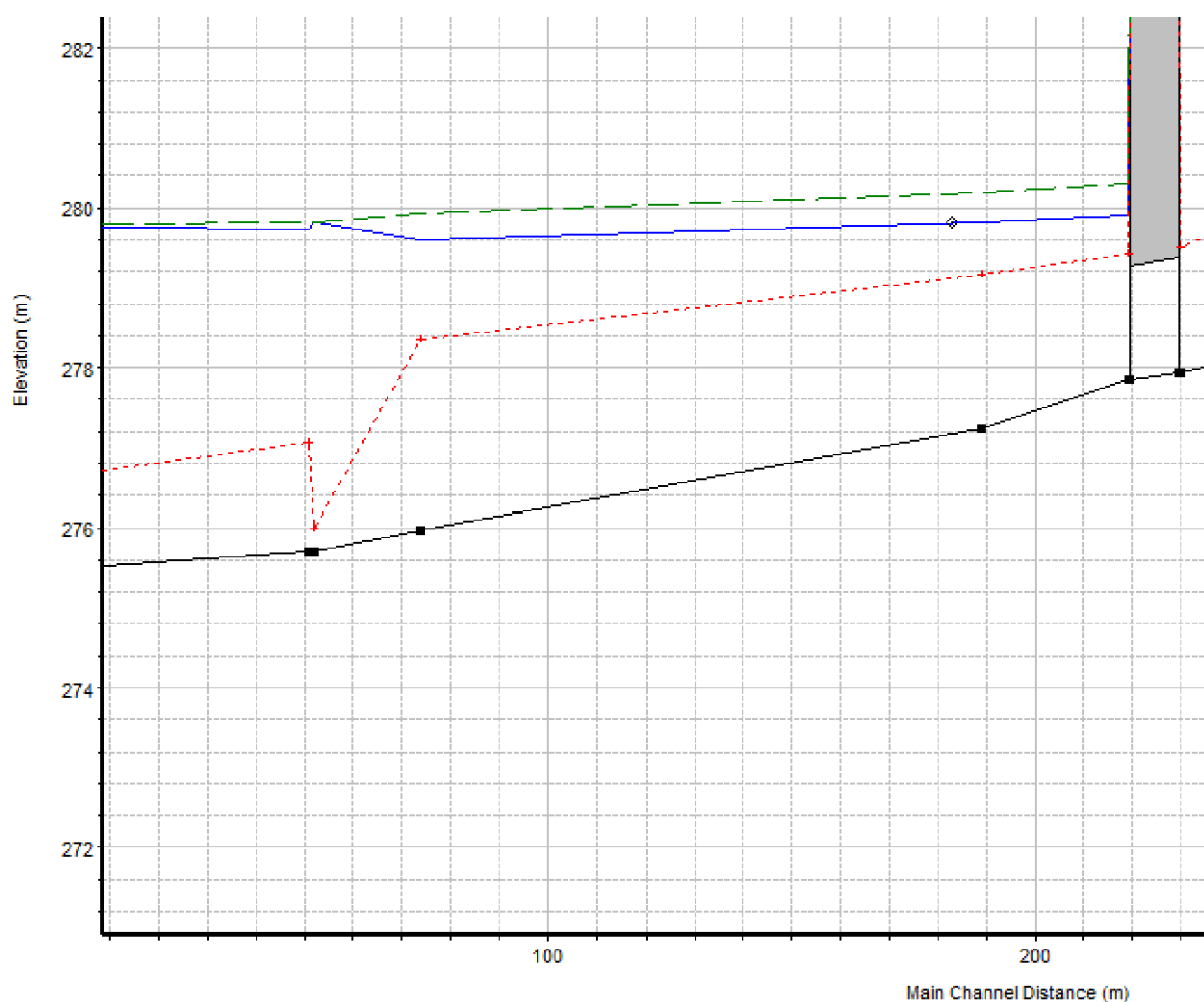


Figure 3-24 : Ligne d'eau du Dorlay à l'amont de la confluence avec le Gier

3.4.5 Le Collenon

3 laisses ont été relevés le long du Collenon dans sa partie aval.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-15 : Estimation du débit du Collenon

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m^3/s)	Temps de retour
Collenon	D3.79	4	5 ans
	D3.80	4.1	5 ans
	D3.81	6.7	9 ans

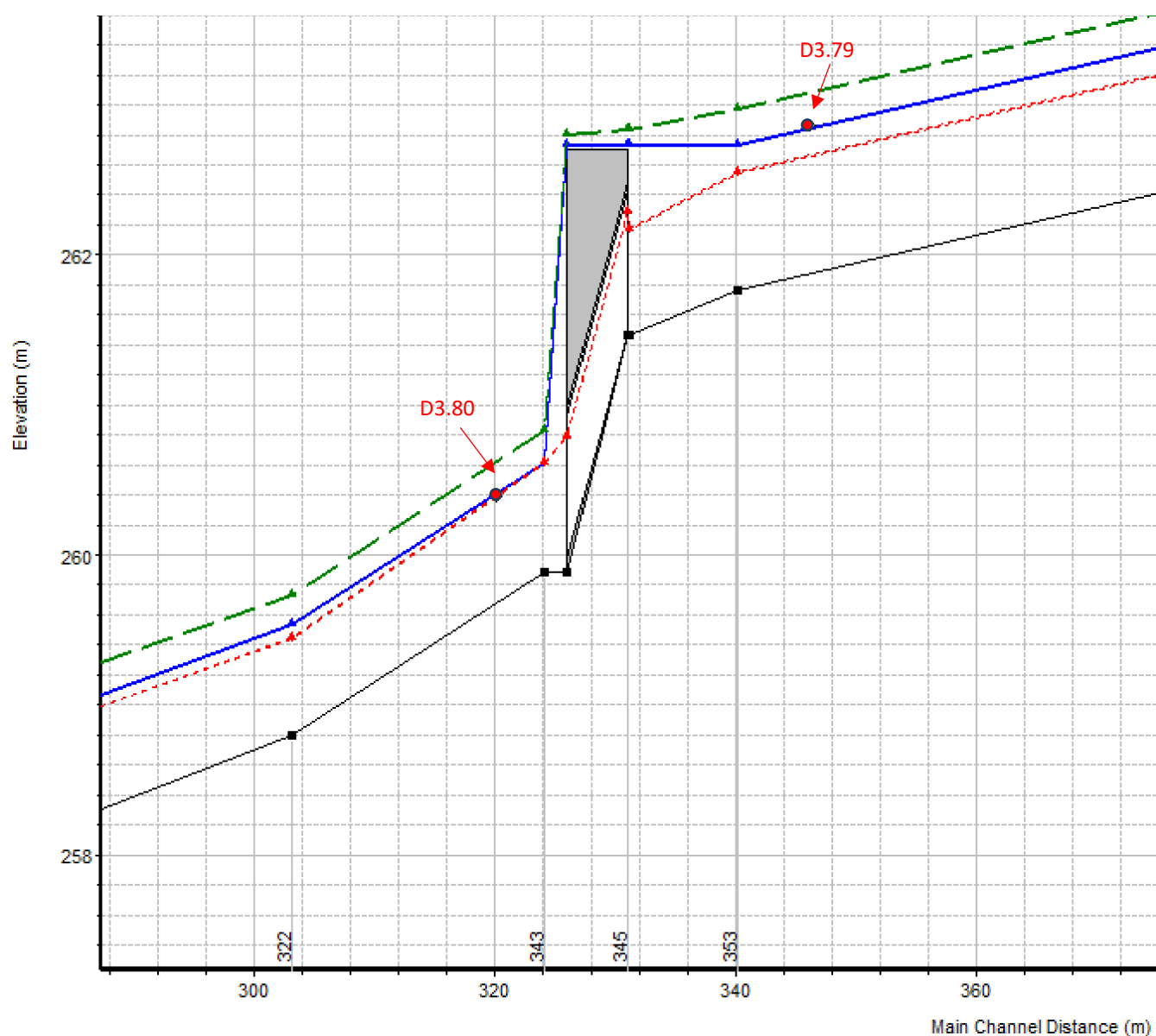


Figure 3-25 : Ligne d'eau du Collenon

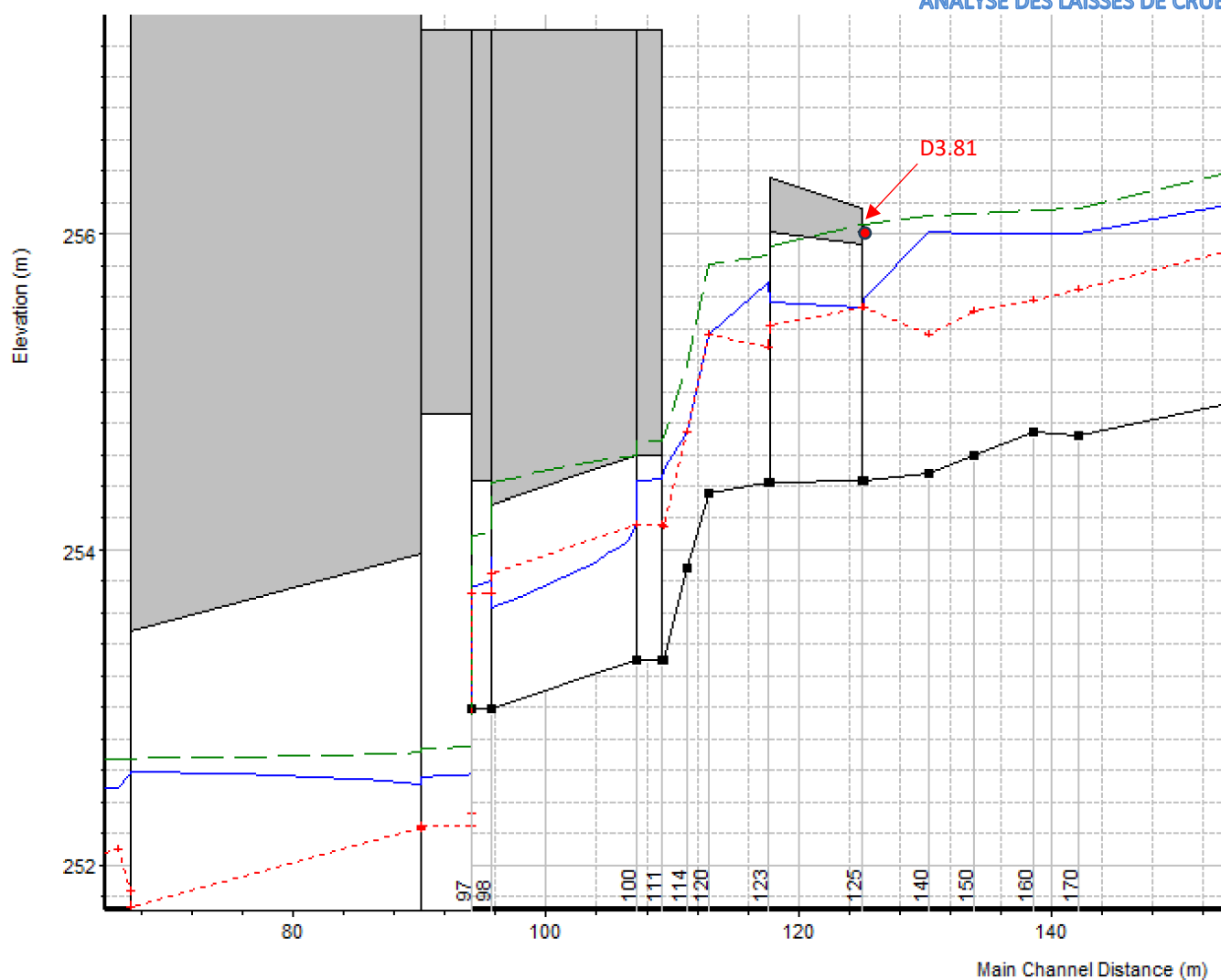


Figure 3-26 : Ligne d'eau du Collenon

3.4.6 La Durèze

4 laisses ont été relevés le long de la Durèze dans sa partie aval.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-16 : Estimation du débit de la Durèze

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Durèze	RVD.2	30	12 ans
	RVD.3	30 (Ligne d'énergie)	12 ans
	RVD.4	30 (Ligne d'énergie)	12 ans
	RVD.1	Sous le contrôle du Gier	

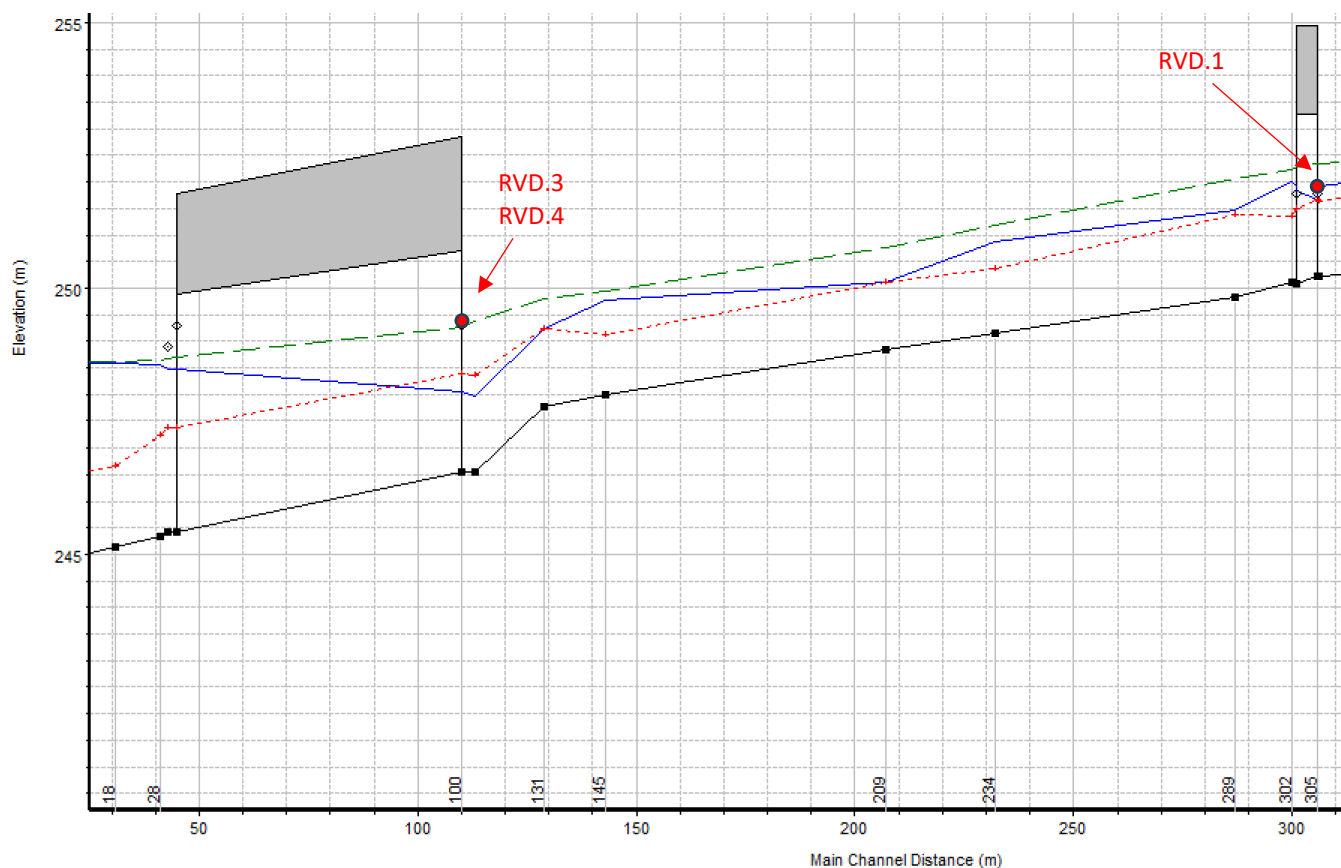


Figure 3-27 : Ligne d'eau de la Durèze

3.4.7 L'Egarande

4 laisses ont été relevés le long de la Durèze dans sa partie aval.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-17 : Estimation du débit de l'Egarande

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Egarande	D2.219	*	
	D3.45	*	
	D3.44	20.9	70 ans
	D2.220	20.9	70 ans
	D2.218	*	

* : ces laisses sont anormalement hautes par rapport aux lignes d'eau simulés. Elles correspondent probablement à des débordements dans les niveaux sont distincts de ceux du lit mineur de l'Egarande.

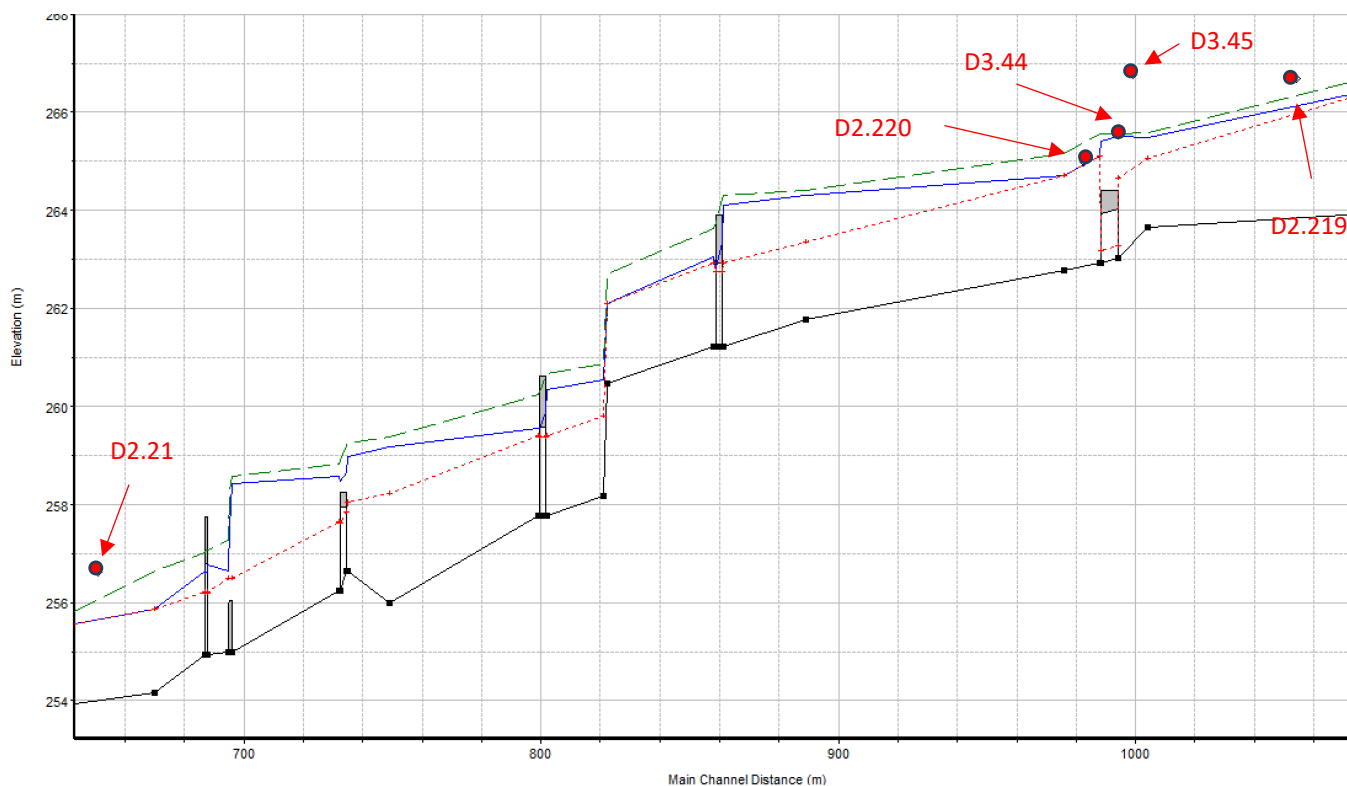


Figure 3-28 : Ligne d'eau de l'Egarande

3.4.8 Le Féloin

Plusieurs laisses de crue ont été relevés le long du Féloin ainsi que sur la couverture du Féloin. A ce stade de l'analyse, seules les laisses en amont de la couverture du Féloin ont été analysées pour estimer le débit de crue.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-18 : Estimation du débit du Féloin

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m ³ /s)	Temps de retour
Féloin	RVFE.8	17	23 ans
	RVFE.7	17 (Niveau critique)	23 ans
	RVFE.6	17	23 ans
	RVFE.5	17	23 ans
	D2.206	17	23 ans

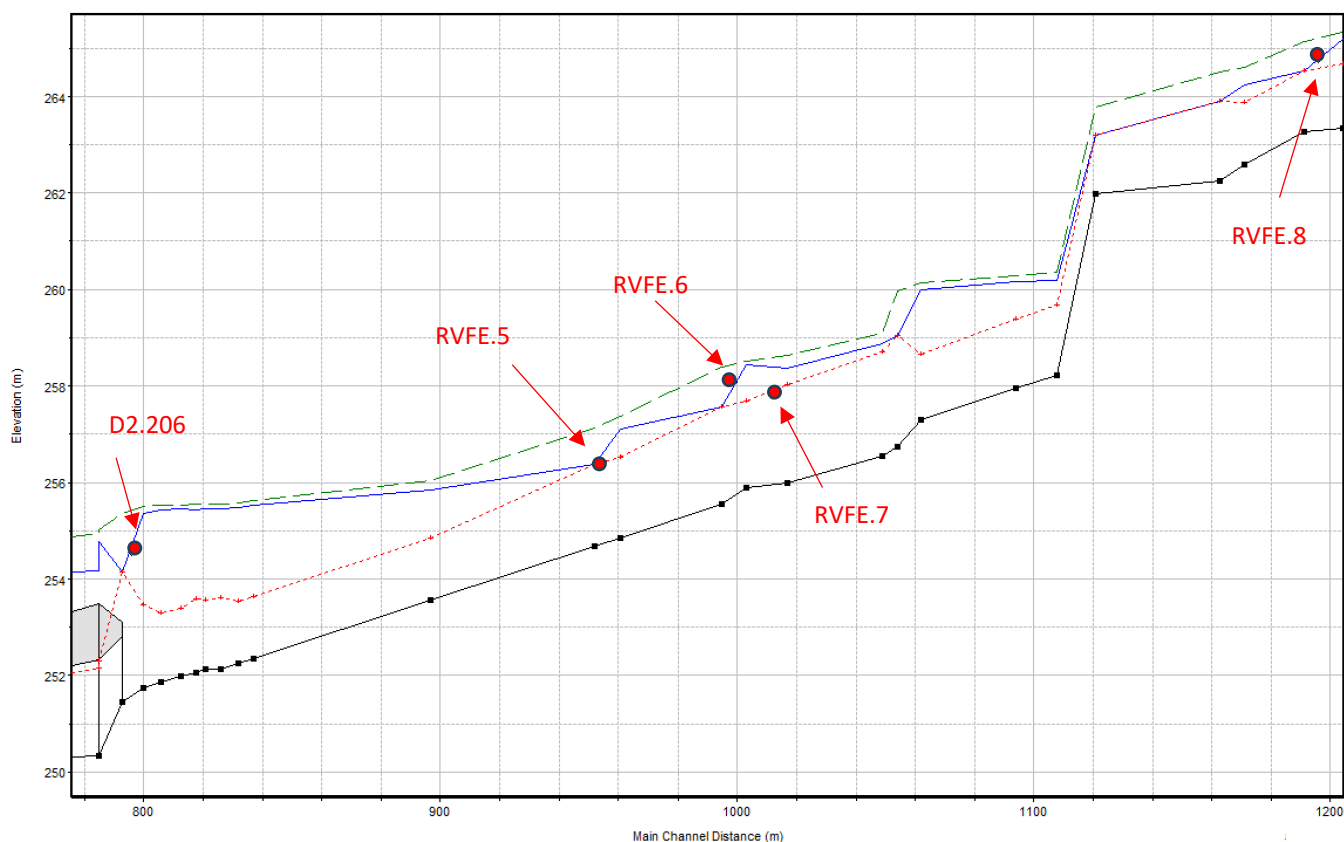


Figure 3-29 : Ligne d'eau du Féloin

3.4.9 Le Couzon

Plusieurs laisses de crue ont été relevés le long Couzon. Seules celles dans la partie aval ont été analysées. Les laisses du secteur de Sainte-Croix-en-Jarez ont été traitées par le cabinet EOOD dans le cadre d'une étude spécifique.

Le modèle hydraulique construit dans le cadre des diverses études du Couzon et des projets associés autour de sa couverture sous la halle Couzon a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-19 : Estimation du débit du Couzon

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Féloin	D3.84	46	22 ans
	D3.85	46	22 ans
	D3.86	Anormalement basse	
	D3.39	58	42 ans
	D3.72	40 *	16 ans

* : la cote correspond à l'altimétrie du pont, le niveau d'eau sur le pont a été plus important.

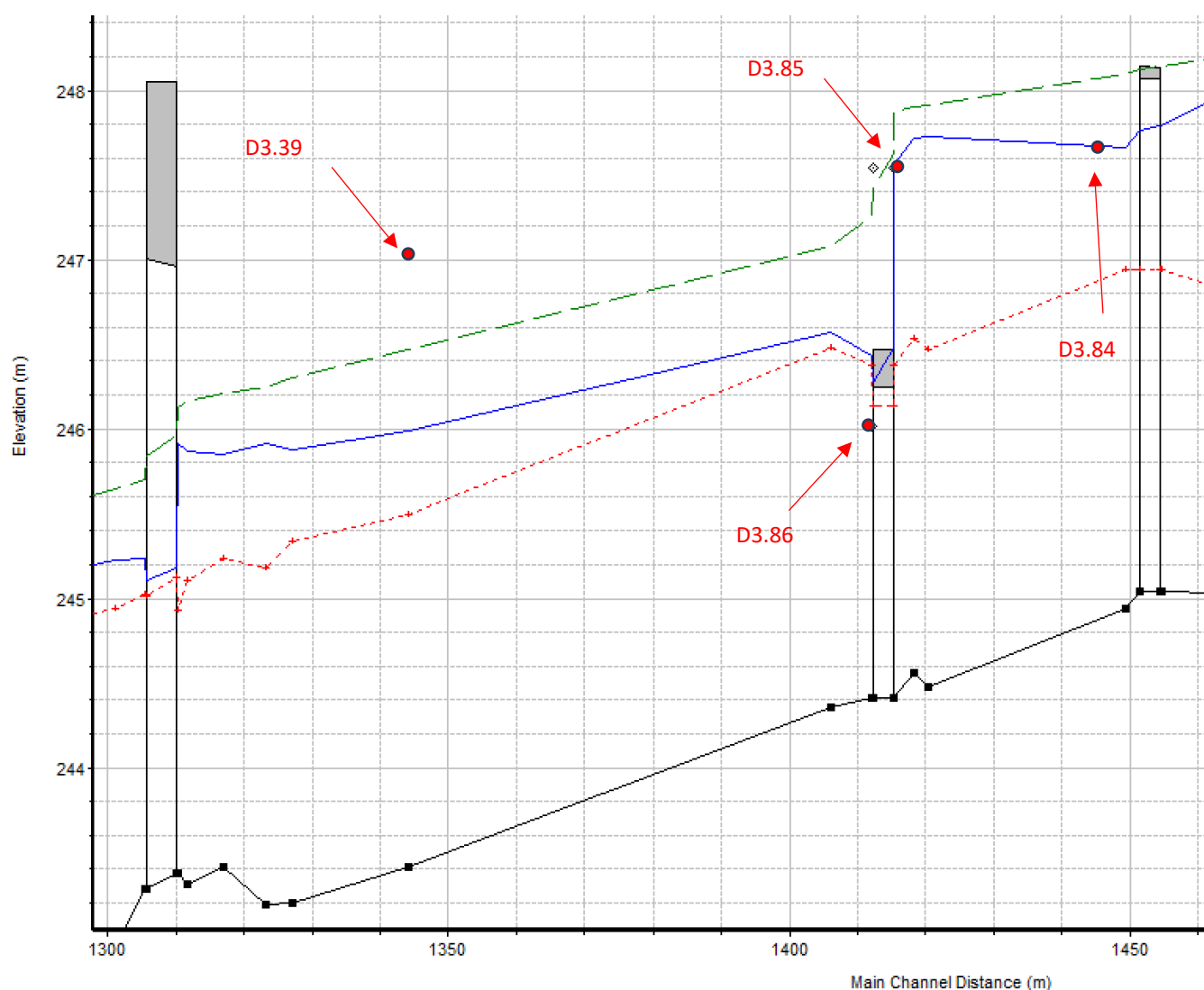


Figure 3-30 : Ligne d'eau du Couzon - 1

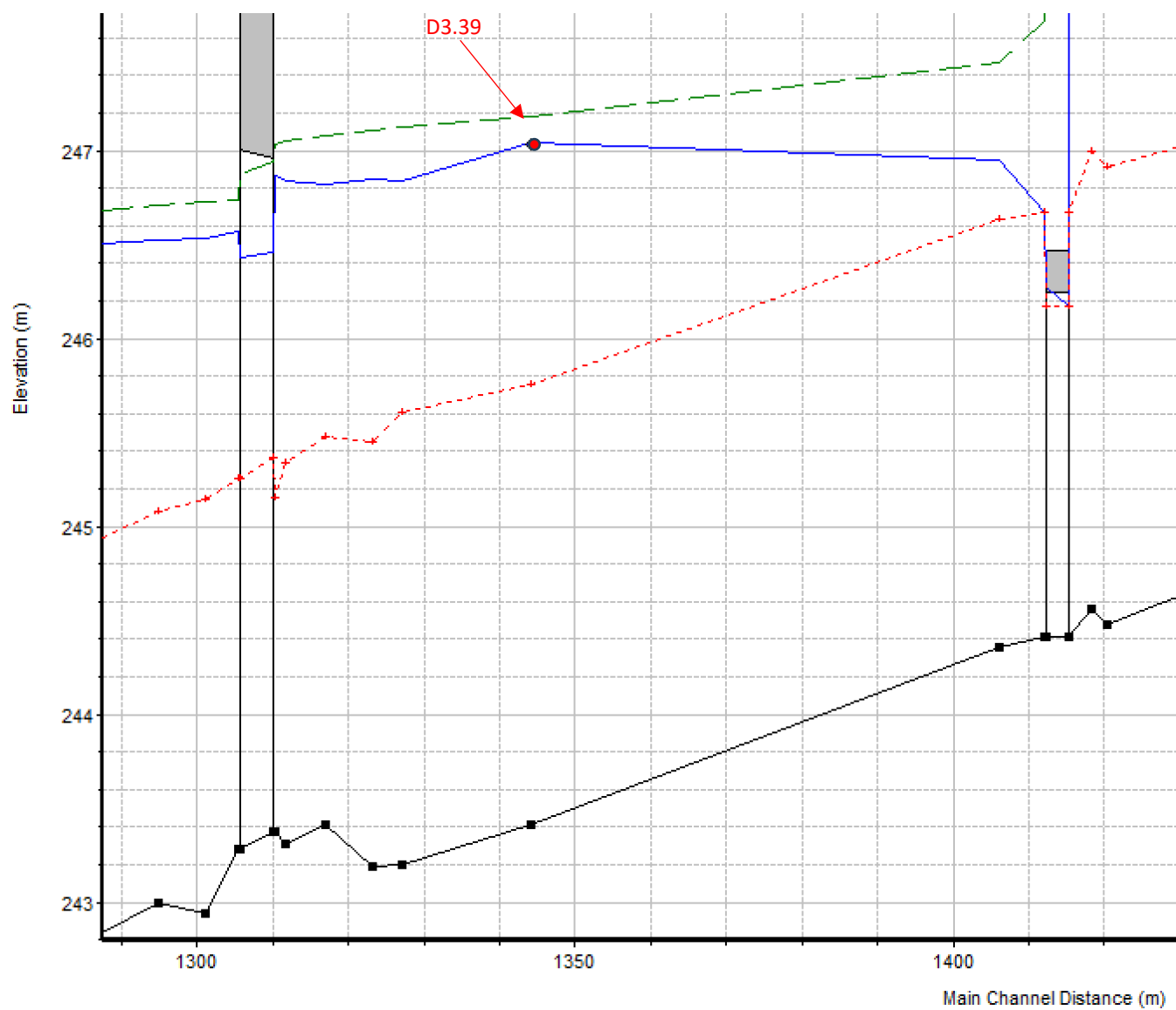


Figure 3-31 : Ligne d'eau du Couzon - 2

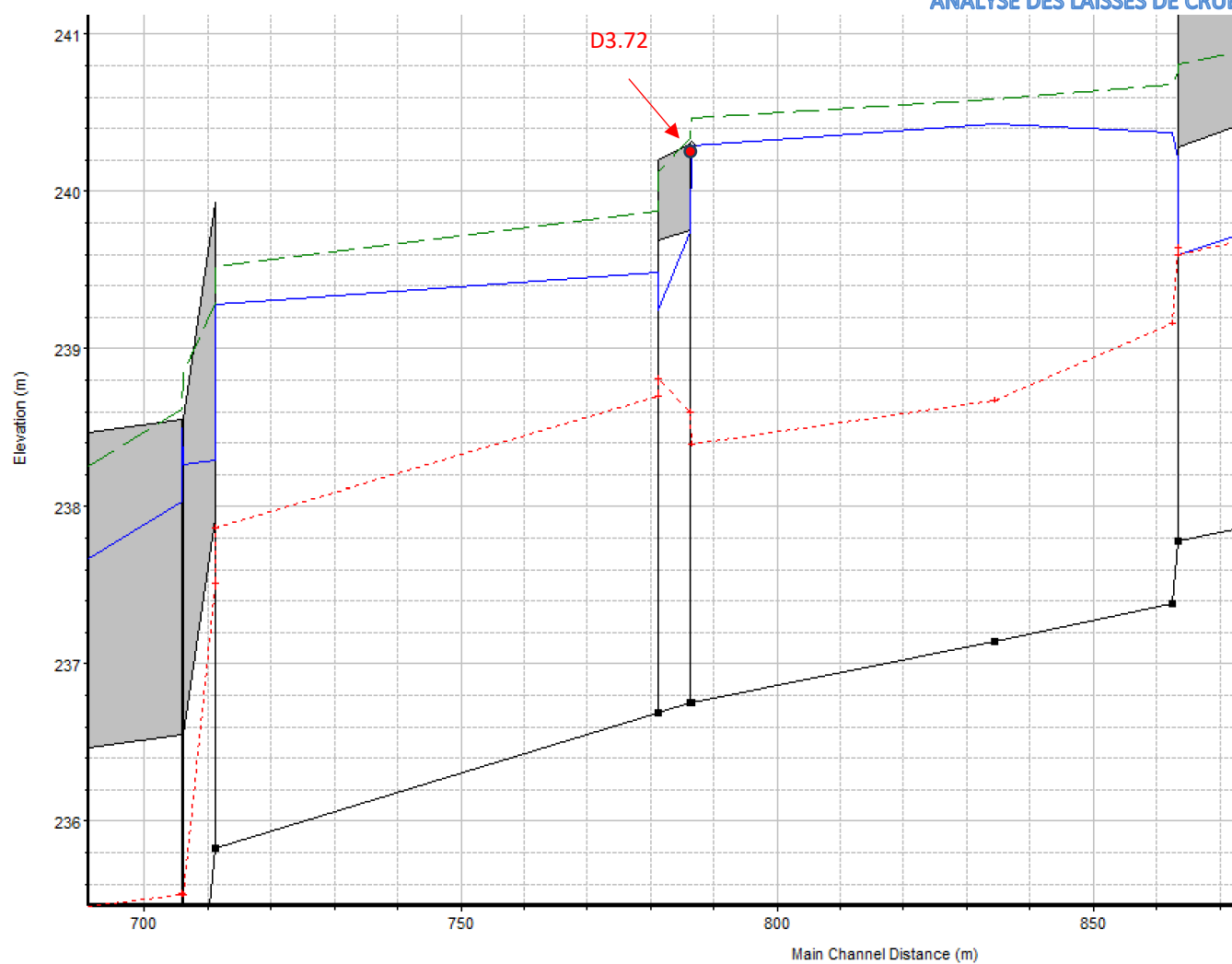


Figure 3-32 : Ligne d'eau du Couzon en amont de la couverture

3.4.10 Le Bourbouillon

11 laisses de crue ont été relevés le long Couzon.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-20 : Estimation du débit du Bourbouillon

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Bourbouillon	D3.58	6.6	50 ans
	D3.6	6.6	50 ans
	D3.59	6.6	50 ans
	D3.61	6.6	50 ans
	D3.63	Anormalement bas	
	D3.71	6.6 (Ligne d'énergie)	50 ans
	D3.69	6.6	78 ans
	D3.68	7.5	78 ans
	D3.67	7.5	78 ans
	D3.65	7.5	78 ans
	D3.62	7.5	78 ans

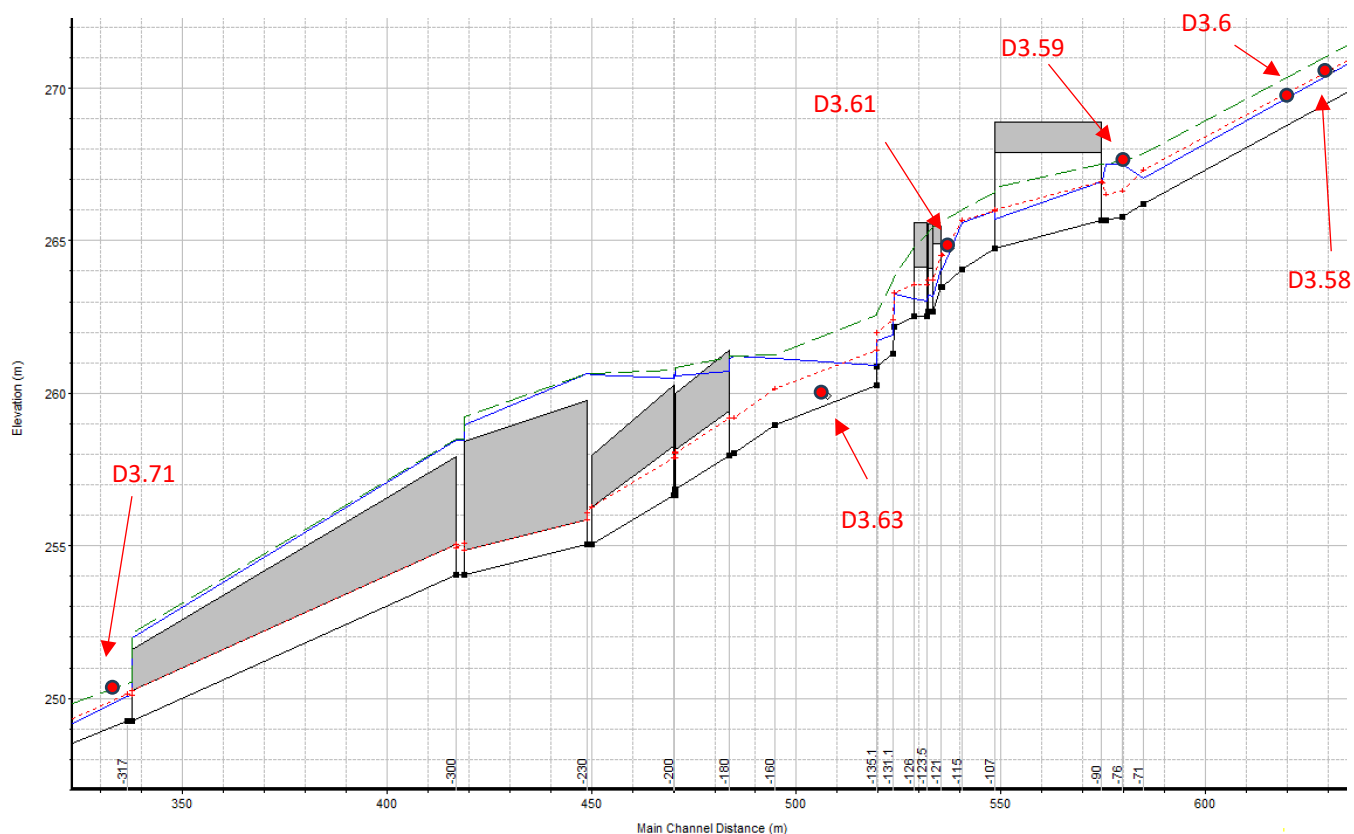


Figure 3-33 : Ligne d'eau du Bourbouillon-1

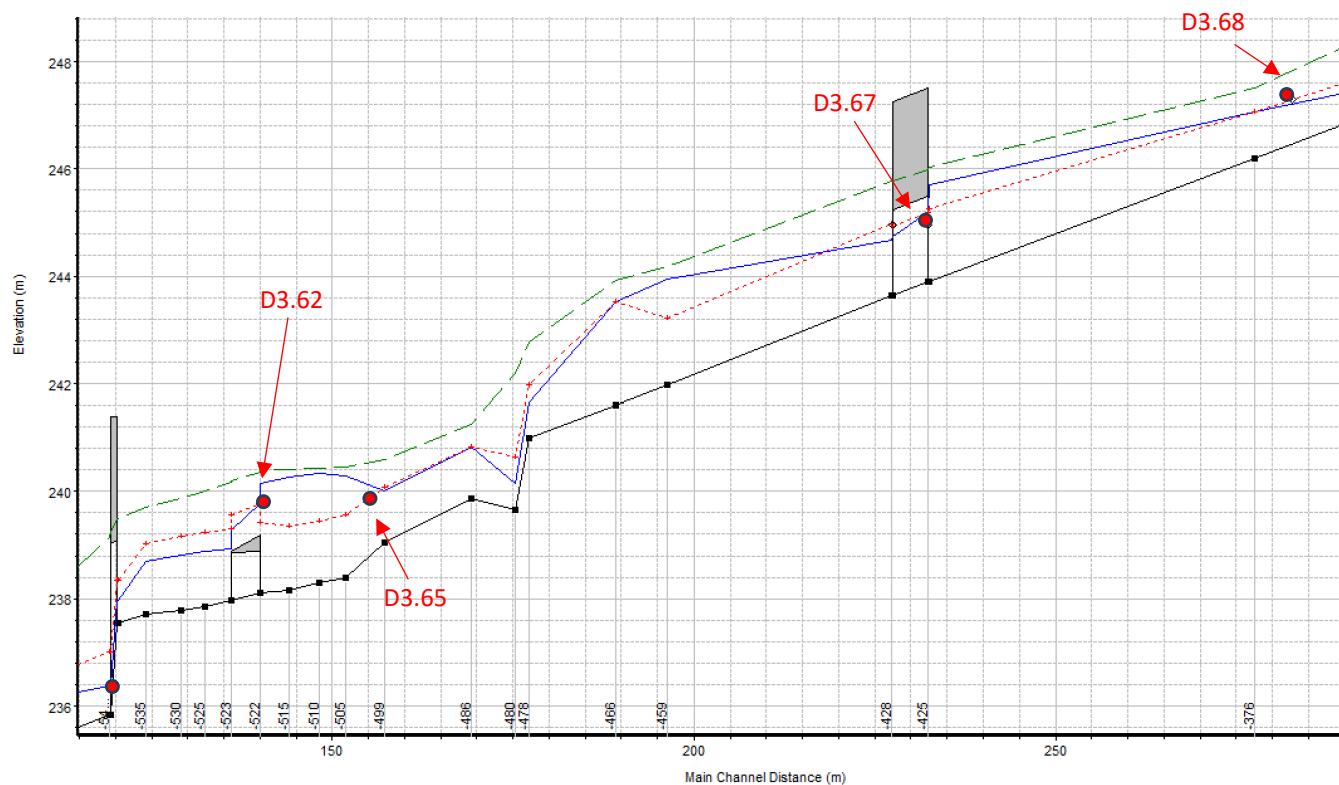


Figure 3-34 : Ligne d'eau du Bourbouillon-2

3.4.11 Le Frigerin

4 laisses de crue ont été relevés le long du Frigerin mais seules 2 laisses sont dans l'emprise de la modélisation hydraulique existante.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-21 : Estimation du débit du Frigerin

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m ³ /s)	Temps de retour
Frigerin	RVFR.3	3.7	60 ans
	RVFR.4	3.7	60 ans

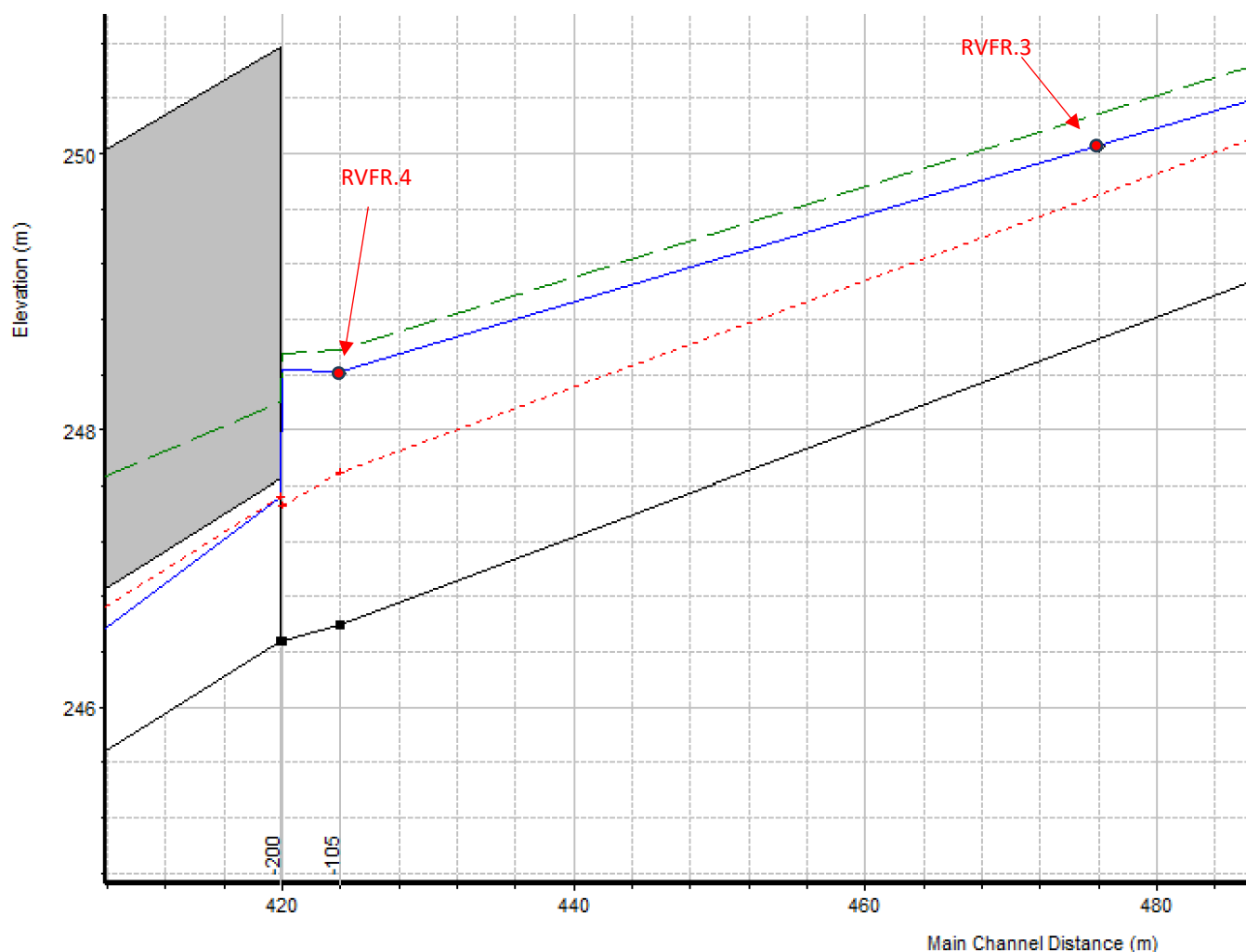


Figure 3-35 : Ligne d'eau du Frigerin

3.4.12 Le Bozançon

5 laisses de crue ont été relevés le long du Bozançon.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-22 : Estimation du débit du Bozançon

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Bozançon	RVB.2	49	36 ans
	RVB.3	49 (Ligne d'énergie)	36 ans
	RVB.1	Anormalement bas	
	RVB.4	Anormalement haut	
	RVVB.5	Sou l'influence du Gier	

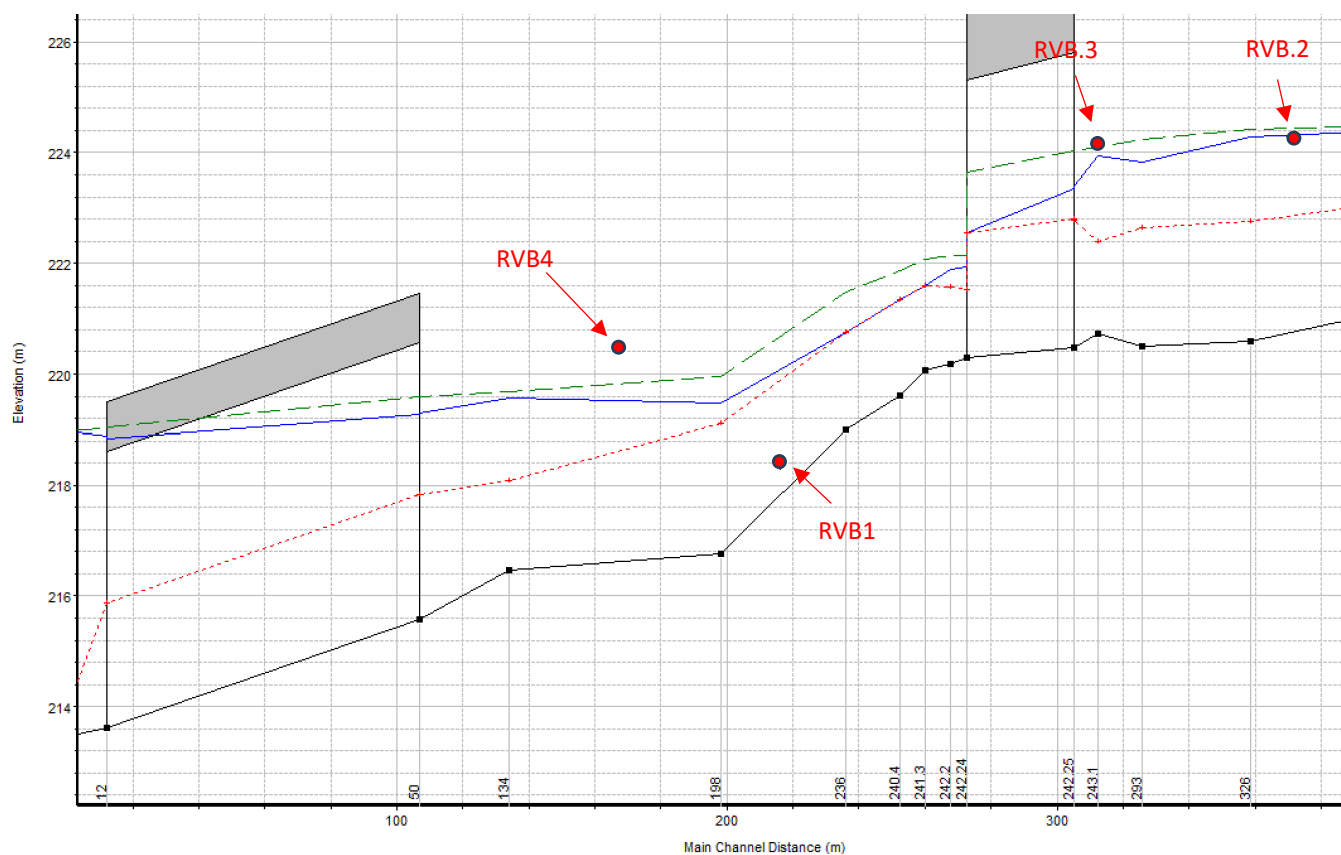


Figure 3-36 : Ligne d'eau du Bozançon

3.4.13 La Gaise

5 laisses de crue ont été relevés le long du Bozançon.

Le modèle hydraulique construit pour l'étude de la Gaise à Châteauneuf (HTV,2020) a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-23 : Estimation du débit de la Gaise

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Gaise	D3.46	Hors modèle	47 ans
	D3.47	8.8	47 ans
	D3.48	8.8	47 ans
	D3.49	8.8	47 ans
	D3.50	8.8	47 ans
	D3.51	8.8	47 ans
	D3.52	8.8	47 ans
	D3.53	8.8 (Niveau critique)	47 ans

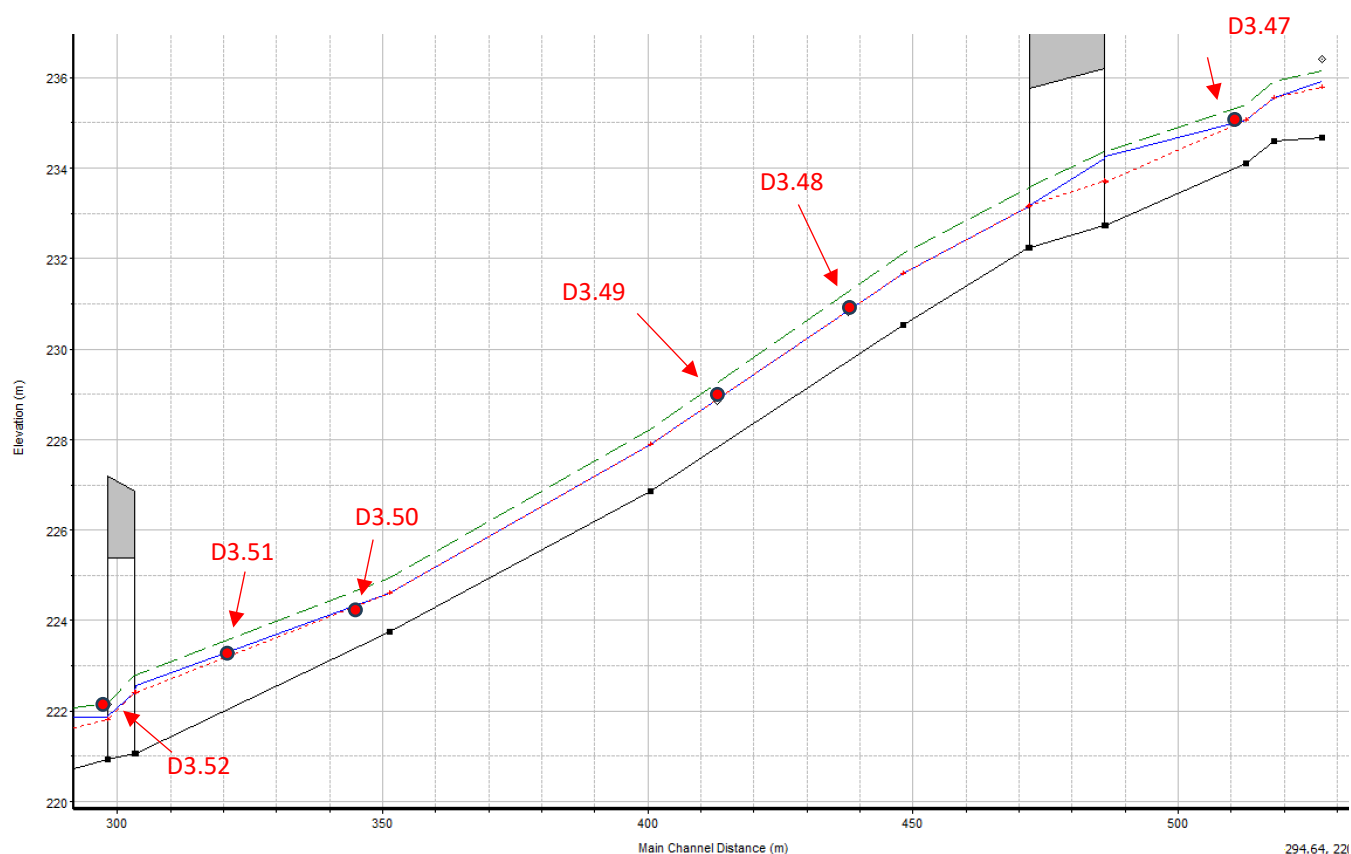


Figure 3-37 : Ligne d'eau de la Gaise -1

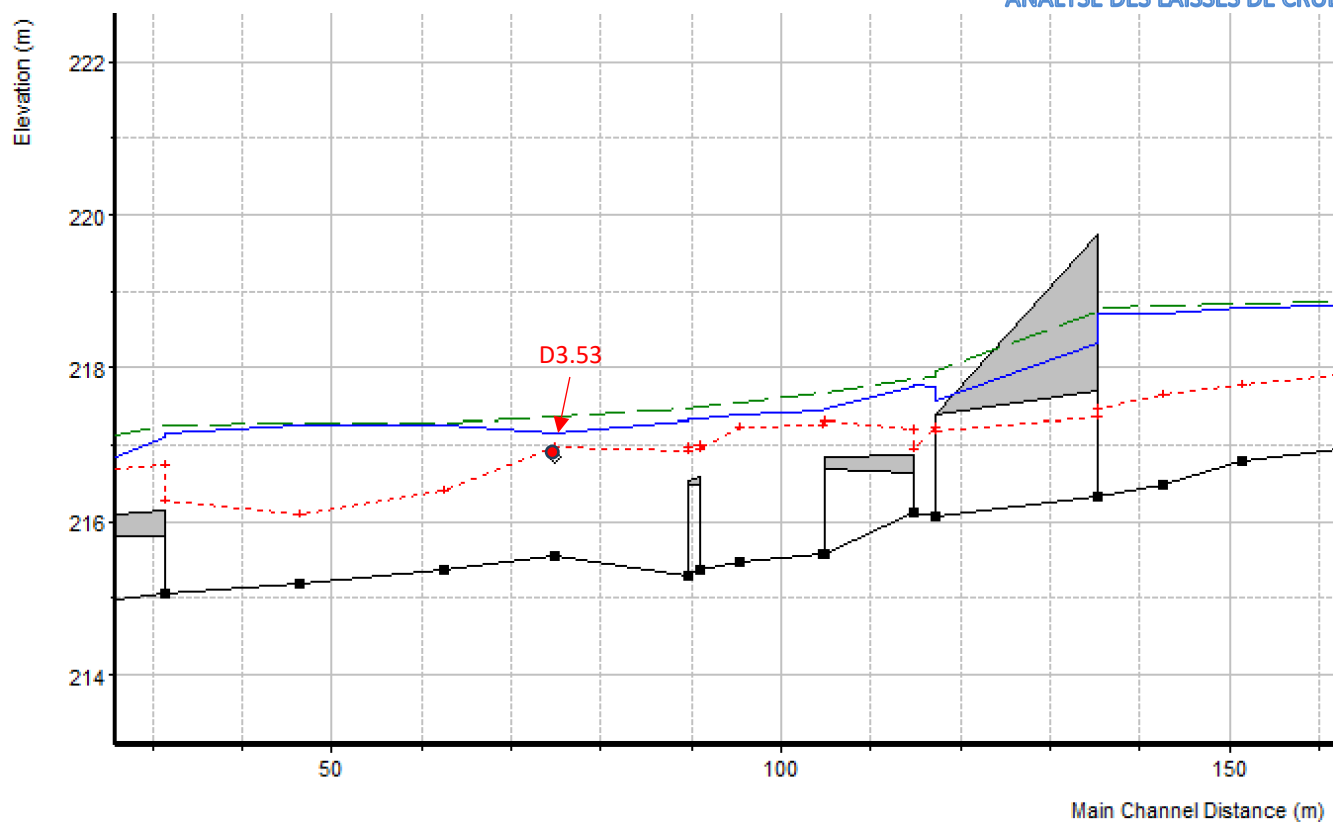


Figure 3-38 : Ligne d'eau de la Gaise -2

3.4.14 Le Lozange

15 laisses de crue ont été relevés le long du Lozange.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue.

Tableau 3-24 : Estimation du débit du Lozange

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m ³ /s)	Temps de retour
Lozange	RVL.3	9	20 ans
	RVL.4	9	20 ans
	RVL.2	9	20 ans
	RVL.1	9	20 ans
	RVL.6	16	50 ans
	RVL.5	16	50 ans
	RVL.7	19 (Ligne d'énergie)	45 ans
	RVL.9	19 (Niveau critique)	45 ans
	RVL.8	15 (Niveau critique)	45 ans
	RVL.10	19	100 ans
	RVL.12	23	100 ans
	RVL.13	23	100 ans
	RVL.14	23	100 ans
	RVL.15	23	100 ans
	RVL.16	23	100 ans

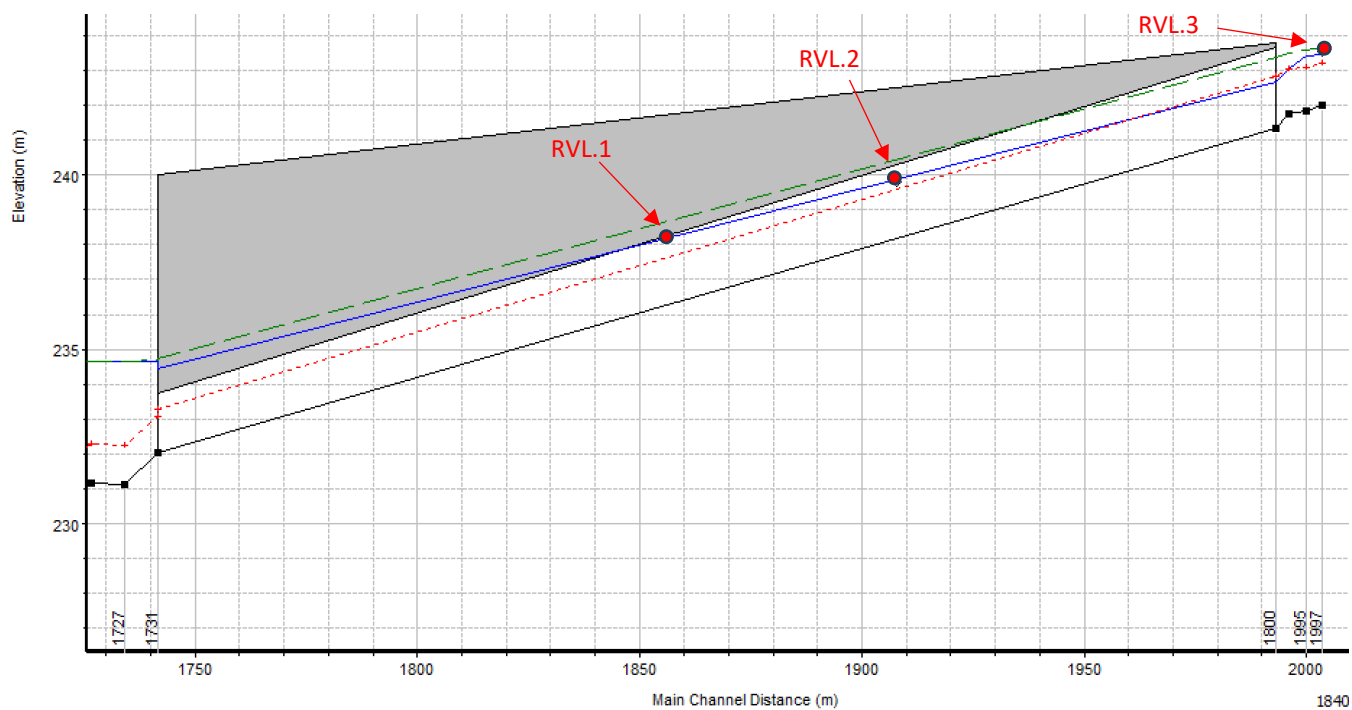


Figure 3-39 : Ligne d'eau du Lozange -1

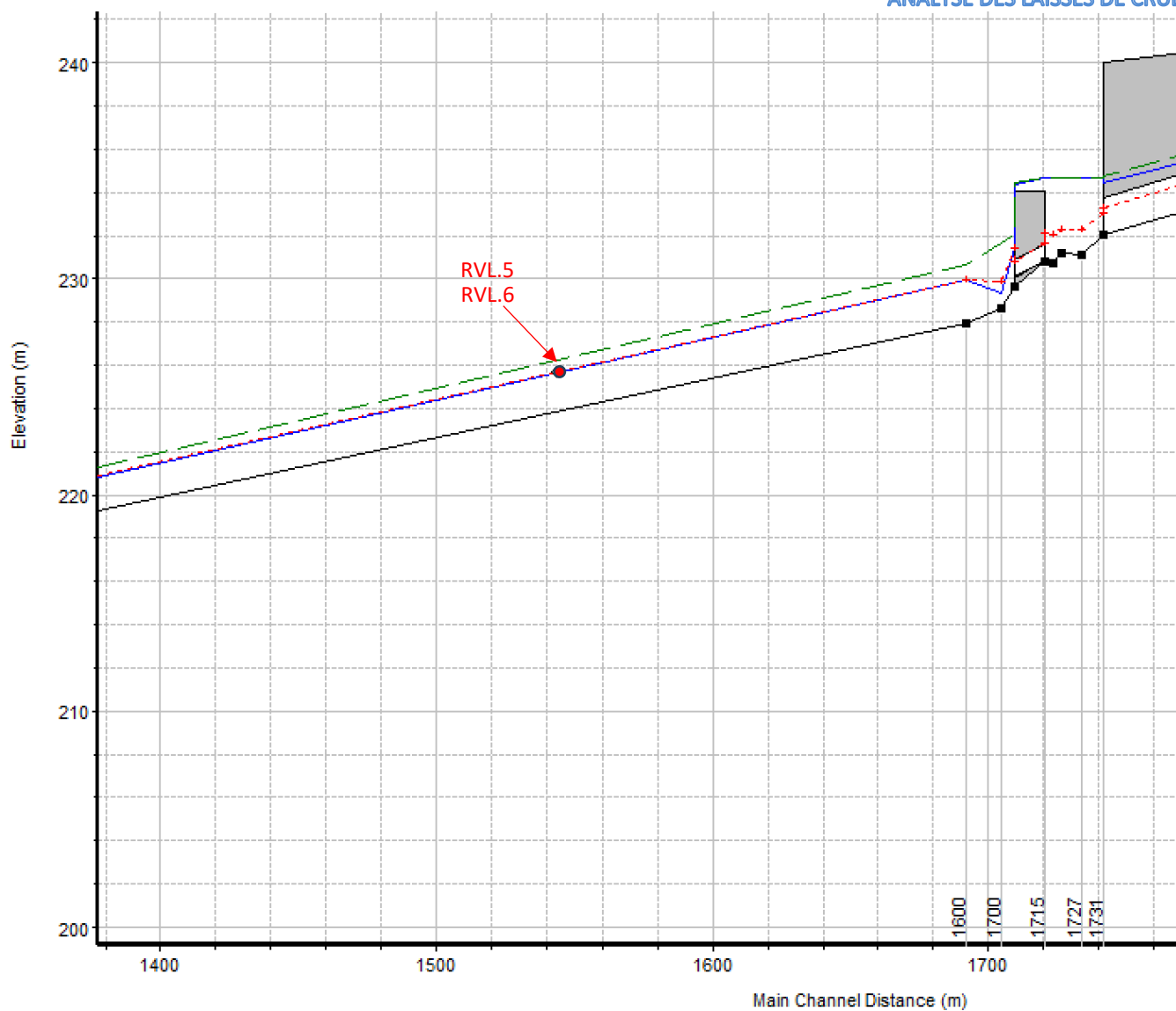


Figure 3-40 : Ligne d'eau du Lozange -2

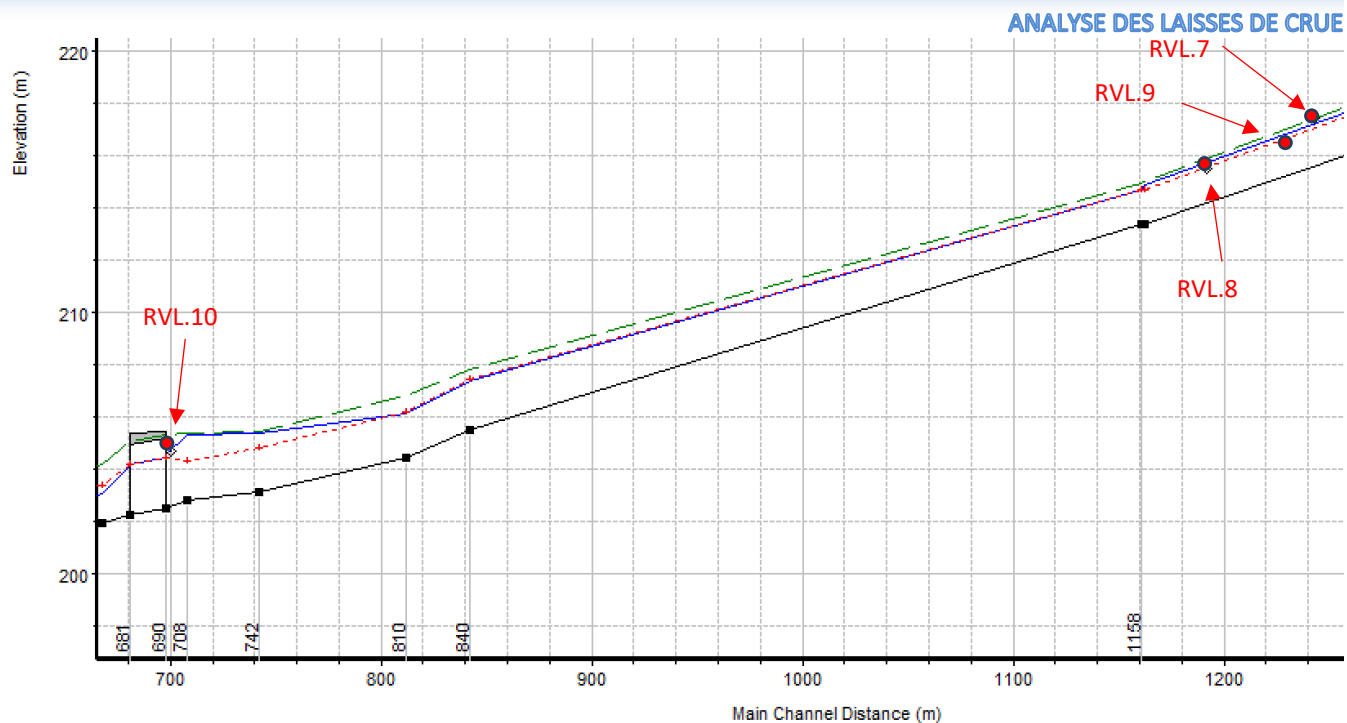


Figure 3-41 : Ligne d'eau du Lozange -3

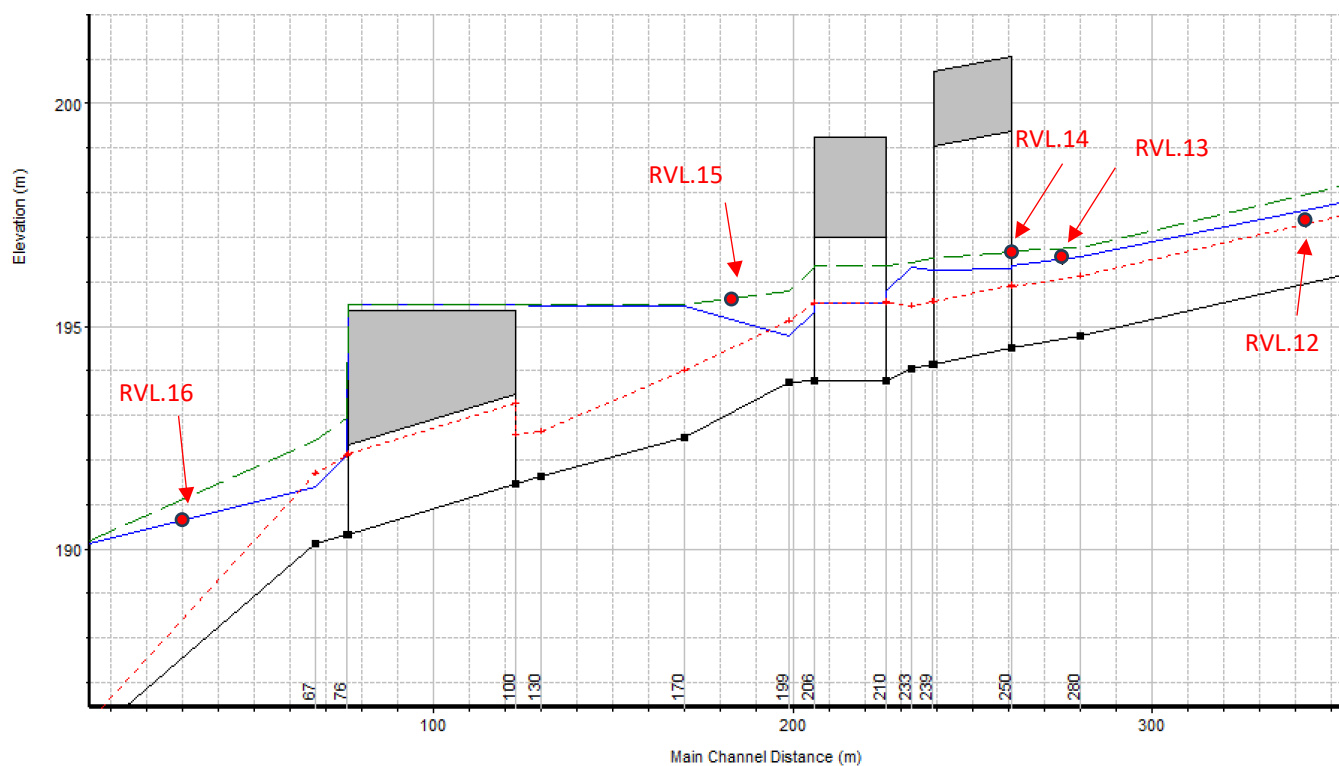


Figure 3-42 : Ligne d'eau du Lozange -4

3.4.15 La Combe d'Allier

2 laisses de crue ont été relevés sur la Combe d'Allier en amont de la RD488.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue. Il a été prolongé vers l'amont en utilisant les données topographiques du RGE Alti de l'IGN pour couvrir la zone de relevé des laisses de crue.

Tableau 3-25 : Estimation du débit de la Combe d'Allier

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Combe d'Allier	LCA_202	13	20 ans
	LCA_201	17.5 (Ligne d'énergie)	46 ans

L'observation de la laisse LCA_201 semble très imprécise.

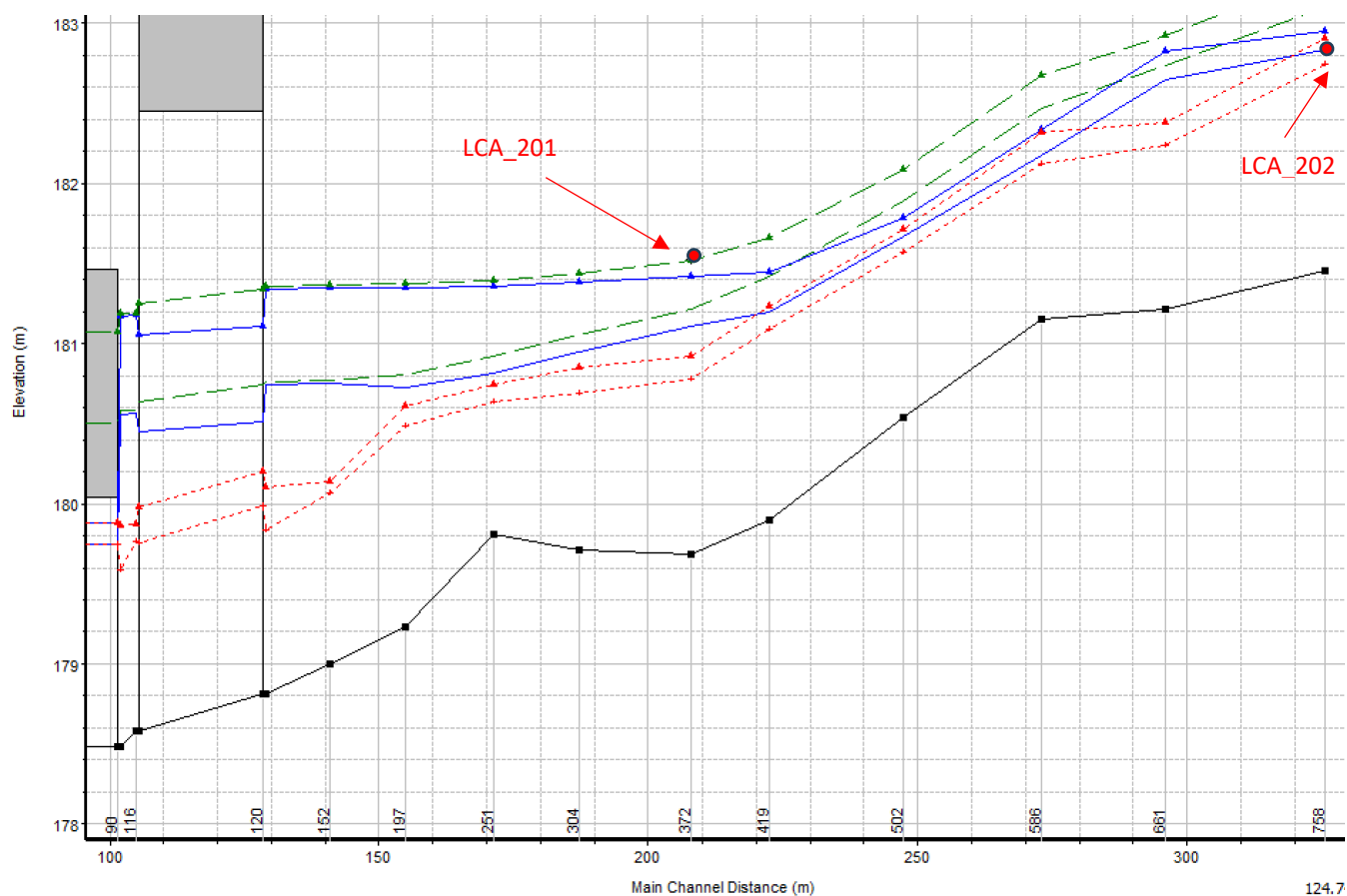


Figure 3-43 : Ligne d'eau de la Combe d'Allier

3.4.16 La Combe d’Enfer

3 laisses de crue ont été relevés sur la Combe d’Enfer.

Le modèle hydraulique construit l’étude hydraulique de la Combe d’Enfer (HTV, 2023) a été utilisé pour estimer les débits de crue. Il a été prolongé vers l’amont en utilisant les données topographiques du RGE Alti de l’IGN pour couvrir la zone de relevé des laisses de crue.

Tableau 3-26 : Estimation du débit de la Combe d’Enfer

Cours d’eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Combe d’Enfer	LCE_01	30	> 100 ans
	LCE_02	30	> 100 ans
	LCE_03	30 (Ligne d’énergie)	> 100 ans

Il nous semble que le positionnement altimétrique de ces laisses est probablement imprécis à cela s’ajoute l’imprécision de modélisation liée à l’utilisation des données topographiques du RGE Alti. De ce fait, la fiabilité des résultats obtenus est faible.

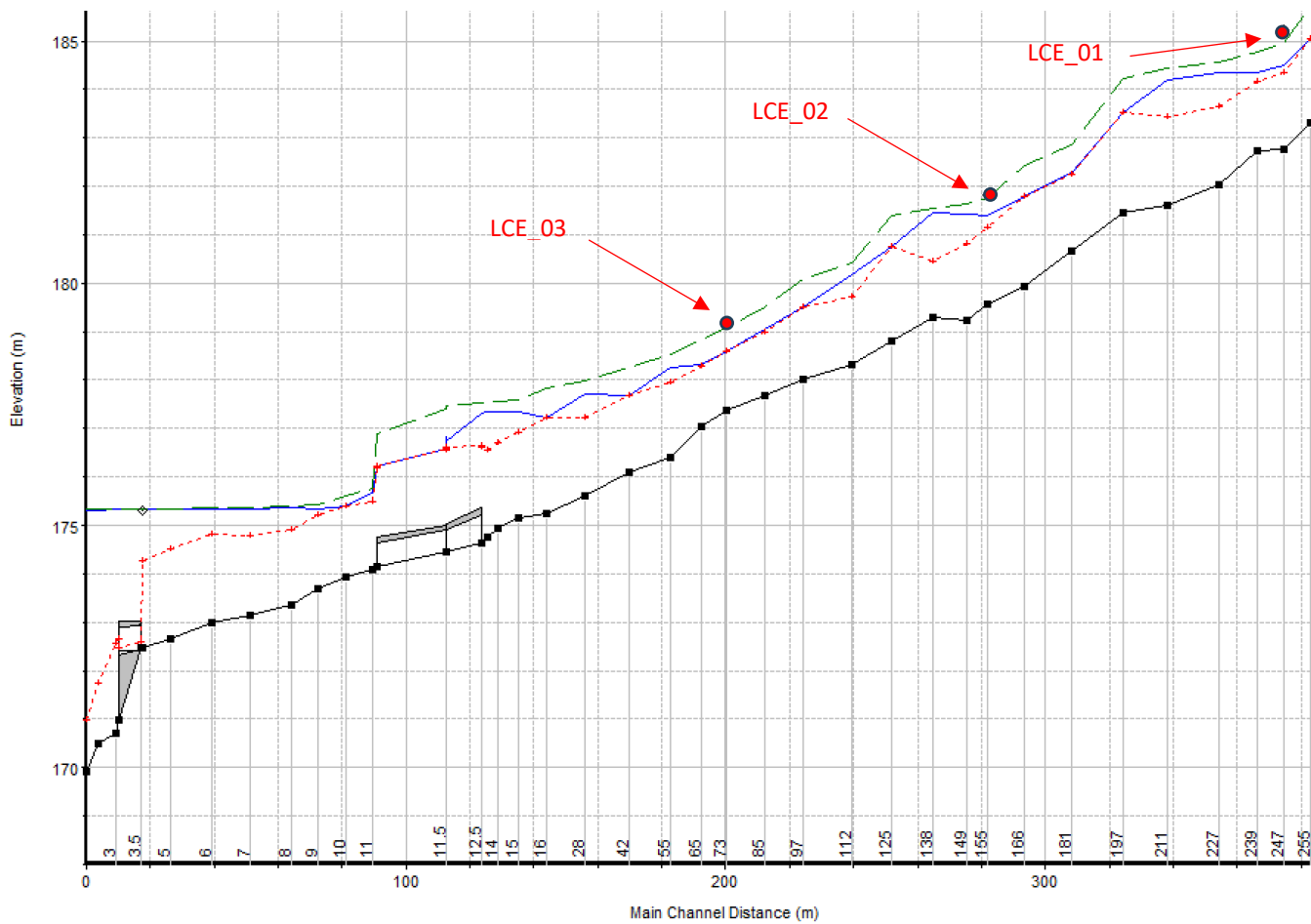


Figure 3-44 : Ligne d’eau de la Combe d’Enfer

3.4.17 Le Godivert et ruisseau de Barny

4 laisses de crue ont été relevés sur le Godivert et son affluent le ruisseau de Barny.

Le modèle hydraulique construit pour l'établissement du PPRNPI du Gier a été utilisé pour estimer les débits de crue. Il a été prolongé vers l'amont en utilisant les données topographiques du RGE Alti de l'IGN pour couvrir la zone de relevé des laisses de crue.

Tableau 3-27 : Estimation du débit du Godivert et du Barny

Cours d'eau	Numéro de laisse	Estimation du débit (m³/s)	Temps de retour
Godivert	LGD_402	14 (Niveau critique)	80 ans
	LGD_401	14	80 ans
Barny	LBY_302	8	35 ans
	LBY_301	8 (Ligne d'énergie)	35 ans

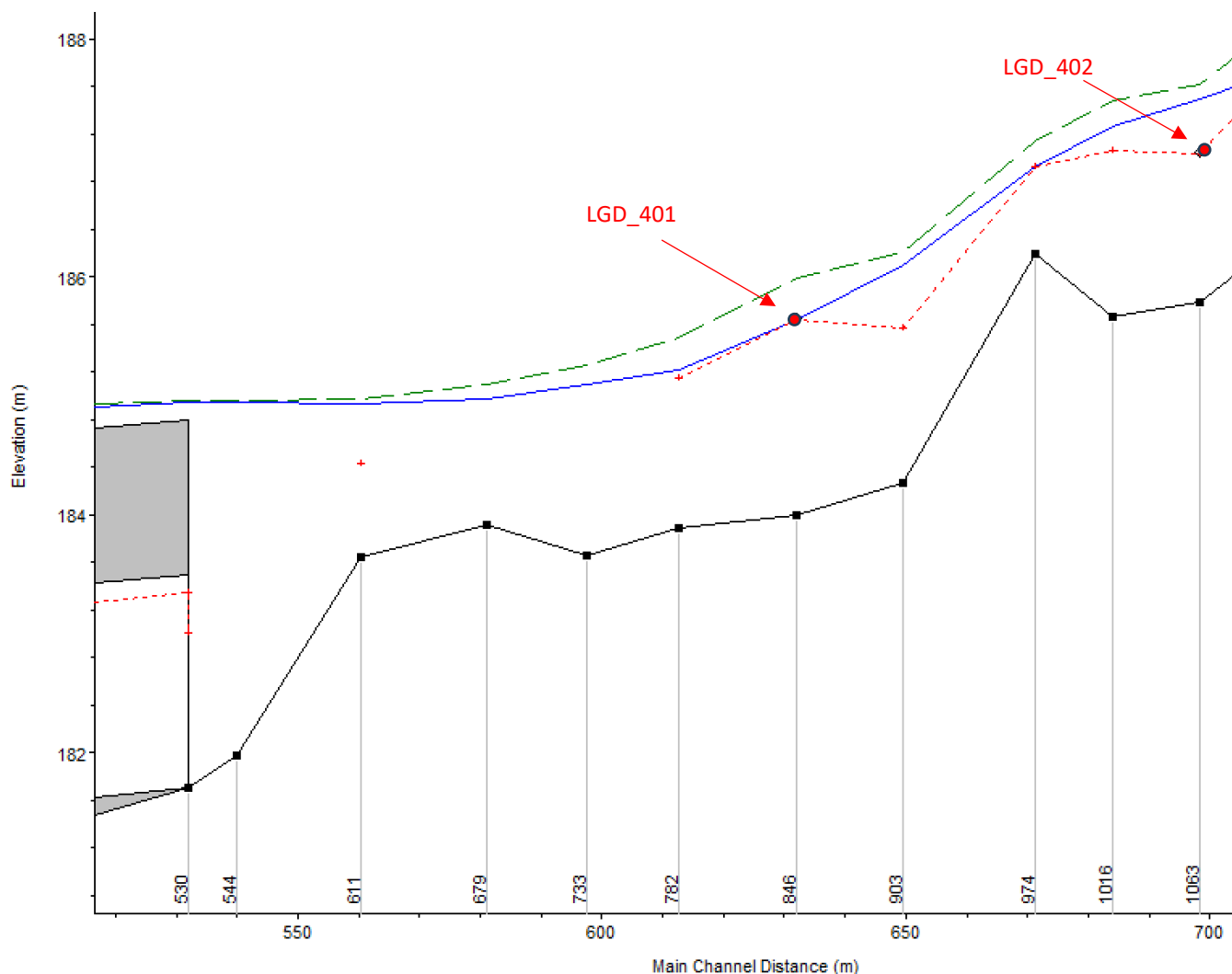


Figure 3-45 : Ligne d'eau du Godivert

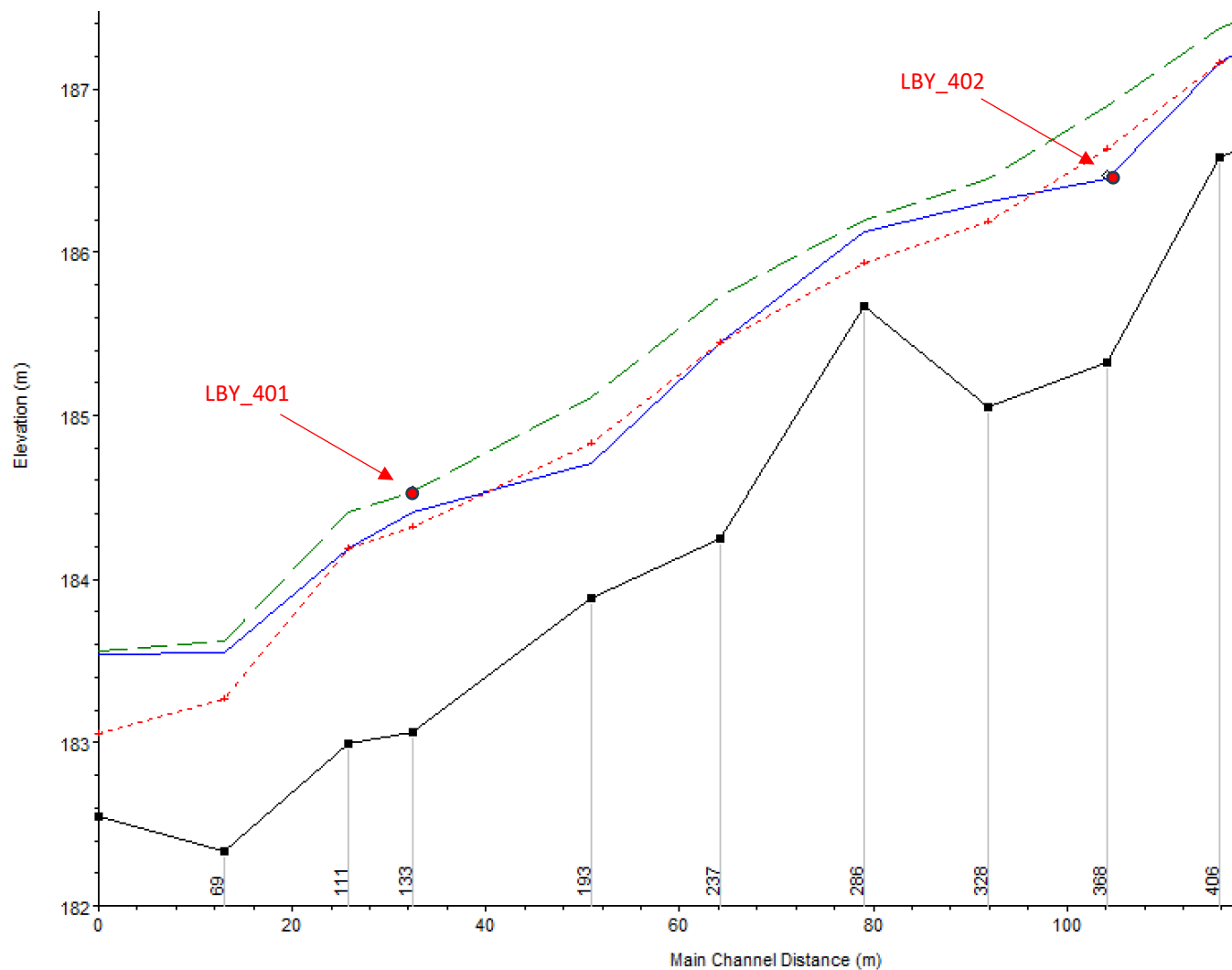


Figure 3-46 : Ligne d'eau du Barny

Chapitre 4

Modélisation pluie-débit

4.1 Modèle retenu

Le principe d'un modèle pluie-débit est d'estimer la réponse d'un bassin versant, en termes de débit et de volume, à un événement pluvieux donné. Dans la présente étude, nous avons utilisé le code de calculs HEC-HMS 4.12 (Hydrologic Modeling System) créé par l'Hydrologic Engineering Center de l'US Army Corps of Engineers. Ce code de calculs est fourni sous la forme d'un logiciel libre et téléchargeable gratuitement à l'adresse suivante :

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

HEC-HMS est une plate-forme de modélisation permettant la combinaison d'une multitude de sous-modèles permettant de décrire différents processus hydrologiques. Ces processus sont le ruissellement direct de surface, l'infiltration dans le sol, l'évapotranspiration, les écoulements de sub-surface et souterrains (nappes phréatiques), la fonte de la neige.

Pour chacun des processus pouvant être impliqués dans la formation des crues à l'exutoire d'un bassin versant donné, il s'agit donc de faire un choix de modèle adapté aux conditions de ruissellement spécifiques de la zone étudiée. Aussi, nous présenterons ci-après les différents sous-modèles proposés dans la plate-forme HEC-HMS qui pourraient s'avérer pertinents compte-tenu des spécificités géomorphologiques et de l'intensité des précipitations du bassin versant.

4.2 Module de calculs et de simulation

4.2.1 Fonction de production

Cette première étape du modèle a pour but d'estimer la part de la pluie qui se transformera en écoulement dans le réseau.

Cette partie de la pluie qui participe à la genèse des crues est appelée "pluie nette" et constitue un certain pourcentage de la pluie totale précipitée sur le bassin versant, appelée "pluie brute".

L'autre partie de la pluie brute qui ne ruisselle pas est retenue sur le bassin versant par la végétation, la nature des sols et du sous-sol et le relief.

Le rapport entre la pluie brute et la pluie nette est appelé "coefficient de ruissellement".

Pour l'estimation de la pluie nette, il existe plusieurs méthodes couramment appliquées.

Pour l'étude, nous avons retenu la méthode du département agricole des Etats-Unis (Soil Conservation Service, SCS) développée en 1972. Elle a été utilisée pour déterminer la quantité d'eau ruisselée sur les bassins versants.

Cette méthode est relativement complète puisqu'elle tient compte, pour l'estimation de la pluie nette, des caractéristiques des sols, du couvert végétal et de l'état de l'humidité du bassin versant avant la pluie.

Formulation analytique de base

Cette méthode prend en compte la variation spatiale des caractéristiques moyennes du bassin versant. La méthode SCS dépend d'abord d'un complexe hydrologique CN (Curve Number) appelé "potentiel de ruissellement" qui est fonction de plusieurs facteurs dont la végétation, le type et l'occupation du sol, la topographie, les techniques culturales, l'aménagement des terres, les conditions antécédentes d'humidité, etc ... La méthode SCS dépend également des précipitations et des pertes non considérées dans la hauteur totale de pluie, c'est-à-dire l'interception par la végétation, l'infiltration dans le sol et l'évapotranspiration.

Les hypothèses de la méthode SCS sont les suivantes :

L'évapotranspiration est négligeable pendant l'événement pluvieux

L'infiltration tend vers 0 quand t tend vers l'infini

On suppose la relation suivante :

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

Avec :

F_a : Volume infiltré

S : Infiltration potentielle maximum

P_e : Pluie nette cumulée

P : Pluie brute cumulée

I_a : Pertes initiales (avant ruissellement)

D'après le principe de conservation :

$$P = P_e + I_a + F_a$$

Pluie brute

En combinant les équations précédentes, on obtient :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

A partir de nombreuses études expérimentales, la relation empirique suivante est adoptée :

$$I_a = 0.2S$$

On obtient finalement la formule de la pluie nette cumulée. Avec comme unité le mm.

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

L'infiltration potentielle maximale S est évaluée à partir du Curve Number (CN) via la relation :

avec S en mm.
$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) * 25.4$$

Ces équations doivent être traitées et résolues en plusieurs étapes :

Calcul de la pluie brute cumulée P

- Si P est inférieure aux pertes initiales avant ruissellement (I_a), toute la précipitation est absorbée avant ruissellement et la pluie nette cumulée est nulle : $P_e = 0$
- Si P est supérieure aux pertes initiales avant ruissellement (I_a), les pertes par infiltration (F_a) sont estimées via la formule :

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S}$$

La pluie nette cumulée est déduite alors de l'équation de continuité :

$$P_e = P - I_a - F_a$$

Finalement, les valeurs de la pluie brute à l'instant t sont déduites de la différence des différentes valeurs de P_e .

4.2.2 Fonction de transfert

Cette deuxième et dernière étape du modèle a pour but de générer, pour chaque nœud, un hydrogramme de crue à partir de la pluie nette estimée préalablement.

Cette fonction de transfert se décompose en deux phases : une première phase au cours de laquelle les hydrogrammes sont calculés pour chacun des sous-bassins (hydrogrammes d'apport), et une deuxième phase où ces hydrogrammes d'apport sont injectés dans le réseau étudié afin de former l'hydrogramme de crue résultant.

Les hydrogrammes d'apport sont calculés par la méthode du double réservoir linéaire, basée sur le principe de la vidange de deux réservoirs. Ils sont ensuite injectés dans le réseau en différents points, correspondant aux regards de jonction, pour progressivement se sommer tout au long du parcours.

4.2.3 Modèle de propagation

Cette partie du modèle s'intéresse au routage et à la propagation des écoulements entre chaque nœud de calcul.

Le routage consiste à faire le cumul arithmétique des hydrogrammes de crue convergents en chaque nœud de calcul.

En termes de propagation des écoulements, la méthode employée est la méthode des vitesses (cf. paragraphe 4.4).

4.3 Données d'entrée de la modélisation

Afin d'en étudier son fonctionnement hydrologique, le bassin versant du Gier a été divisé en 96 sous bassins versants (cf. figure en page suivante).

Les paramètres et variables d'entrée nécessaires à la construction du schéma numérique de modélisation pluie débit sont les suivants :

- La description de la pluviométrie :
 - ✓ Un tableau Hauteurs Durée Fréquence
- La géométrie des sous bassins versants, des axes d'écoulement et des ouvrages de contrôle :
 - ✓ Les caractéristiques géométriques des sous bassins versants (Superficie drainée) ;
 - ✓ Les maillages hydrographiques raccordant les axes de drainage des bassins versants et leurs points de connexion (Longueur, pente, section, temps de transferts) ;
 - ✓ Les ouvrages recensés
- Paramètres hydrologiques des sous bassins versants :
 - ✓ Temps de concentration des bassins versants ;
 - ✓ Paramètre de potentiel de ruissellement (CN) selon l'occupation des sols.
- Impact hydraulique de la présence de la couverture de Rive de Gier :
 - ✓ Débit maximum transitant sous la couverture = 260 m³/s
- Caractéristiques des barrages (Rive, Soulages, Dorlay et Couzon) : Lois hauteur/volume/débit
- Niveau de remplissage des barrages avant la crue du 17 octobre :
 - ✓ Rive : déversement (environ 5 cm d'eau sur le déversoir)
 - ✓ Soulages : déversement (environ 9 cm d'eau sur le déversoir)
 - ✓ Dorlay : pas de déversement, niveau d'eau situé au niveau du déversoir
 - ✓ Couzon : pas de déversement, niveau d'eau 30 cm sous le niveau du déversoir

La figure suivante illustre le découpage du bassin versant du Gier en 96 sous bassins versants.

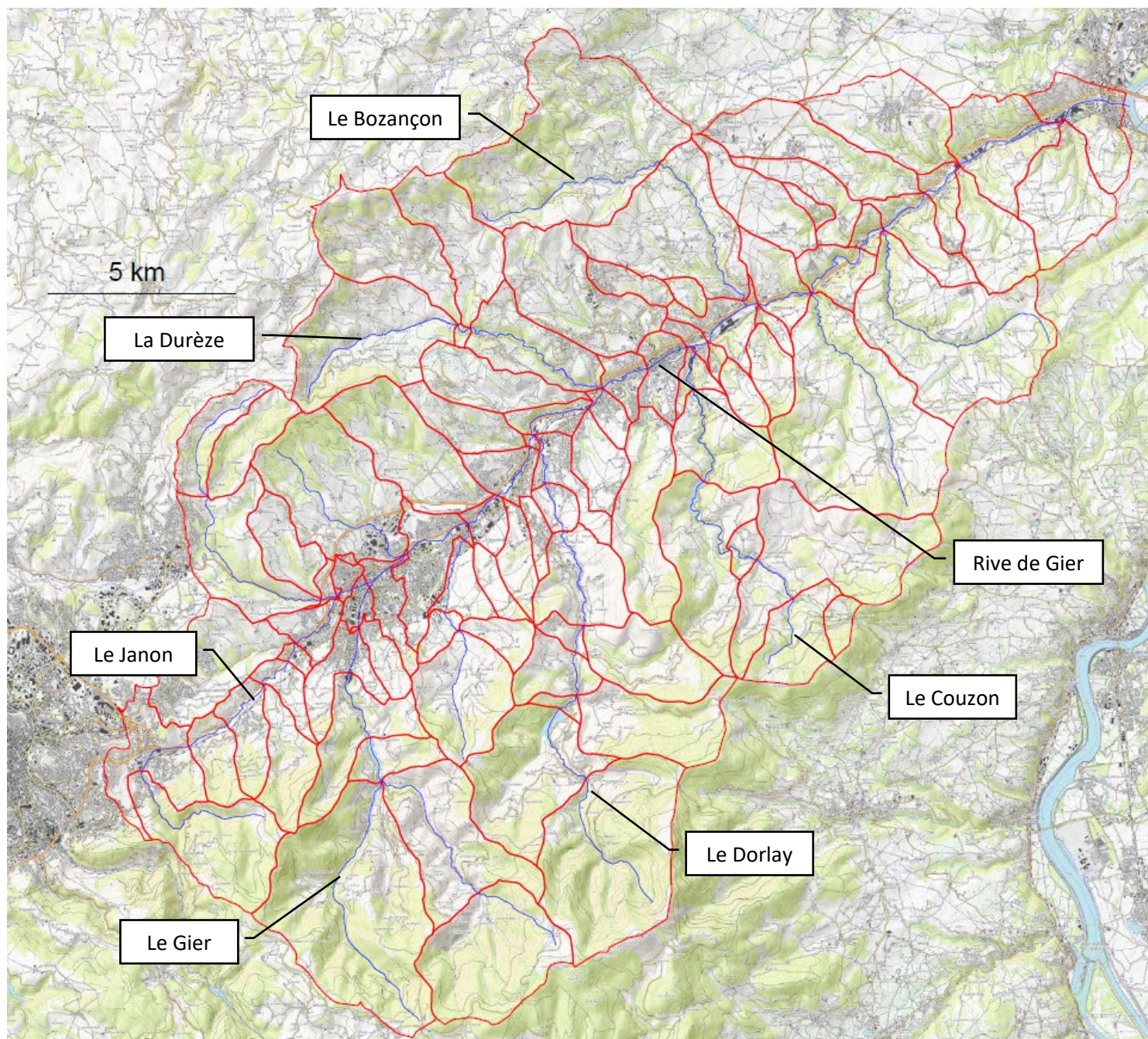


Figure 4-1 : *Modélisation pluie débit – découpage en sous bassins versants.*

4.3.1 Estimation du potentiel de ruissellement

Le potentiel de ruissellement, ou Curve Number (CN), est ajusté selon la typologie d'occupation des sols du bassin versant.

L'analyse de l'occupation du sol a été réalisée à partir de la base de données géographique CORINE Land Cover 2018 fournissant un inventaire biophysique de l'occupation des terres.

L'objectif de cette analyse étant d'appréhender le potentiel de ruissellement du bassin versant, l'occupation du sol a été divisée en 5 sous-ensembles :

- Zones cultivées
- Zones boisées : feuillus / conifères
- Prairies
- Zones urbanisées

Les valeurs retenues pour les paramètres CN sont les suivantes :

Zone cultivée	Zones boisées Feuillu / conifères	Prairie	Zone urbanisée
68	55 / 50	56	90

Tableau 4-1 : Valeurs du paramètre CN retenues

Ces valeurs sont identiques à celles retenues pour les études hydrologiques récentes menées sur le bassin versant du Gier.

Le coefficient moyen sera alors :

$$CN_m = \frac{\sum_i C_i S_i}{\sum_i S_i} \text{ Avec } S_i \text{ la surface correspondante au type de sol } i \text{ considéré.}$$

4.3.2 Définition du Curve Number en conditions hydrologiques particulières

La valeur du CN varie en fonction des conditions antécédentes d'humidité.

Pour l'événement 2008, afin de prendre en compte une saturation du sol en eau par des événements pluviométriques antécédents aux crues, les valeurs du paramètre CN sont supérieures aux valeurs utilisées pour l'estimation des débits statistiques.

Les CN en conditions humides (CN humide : groupe III) sont obtenus à partir des formules suivantes (source : SCS, 1986 ; Chow et al., 1988) :

$$CN_{humide} = \frac{23CN}{10 + 0.13CN}$$

Pour la crue de novembre 2008, afin de ne pas surestimer les valeurs du CN et les débits de crue, la formule a été appliquée en prenant en compte d'un coefficient minorant de 0,5.

Les valeurs retenues pour les paramètres CN en conditions humides sont les suivants :

Zone cultivée	Zone boisée Feuillu / conifères	Prairie	Zone urbanisée
76	64/60	65	93

Valeurs du paramètre CN retenues pour la crue 2008

4.4 Temps de concentration des sous-bassins versants

Le temps de concentration des sous-bassins versants a été calculé par la formule des vitesses :

$$t_c = \sum_i \frac{L_i}{V_i}$$

Avec :

- L_i : longueur du chemin hydraulique en fonction du type de sol i
- V_i : vitesse dépendant du terrain

Les vitesses d'écoulement retenues sont les suivantes :

Pente (%)	Vitesse d'écoulement (m/s)
$p < 1 \%$	0.5
$1 \% < p < 3 \%$	0.7
$3 \% < p < 5 \%$	0.9
$5 \% < p < 10 \%$	1.2
$p > 10 \%$	1.4

Tableau 4-2 : Vitesses d'écoulement

4.5 Calage du modèle pluie-débit

Les deux paramètres de calage sont les suivants :

- Vitesse de propagation de l'onde de crue ;
- Débit maximal de la crue.

Le modèle pluie -débit a été calé en intégrant les cumuls horaires des données RADAR MétéOfrance du 17 octobre 2024 (cf. paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) puis en comparant les résultats obtenus avec les hydrogrammes des stations hydrométriques et des limnimètres présents sur le bassin versant du Gier.

Le calage du modèle pluie a ensuite été vérifié à partir de plusieurs autres crues.

- Crue du 1^{er} décembre 2003
- Crue du 1^{er} novembre 2008

Les niveaux d'eau dans les barrages avant les épisodes pluvieux ont été pris en compte dans la modélisation pluie-débit.

Episode de crue	Niveau d'eau dans les barrages			
	rives	soulages	dorlay	couzon
1/12/2003	507.70	472.10	502.40	343.07
1/11/2008	523.16	483.75	510.00	349.44
17/10/2024	523.15	483.69	509.73	350.66

4.5.1 Pluviométrie du 1^{er} décembre 2003

La figure suivante illustre les cumuls pluviométriques RADAR pour la crue du 1^{er} novembre 2008

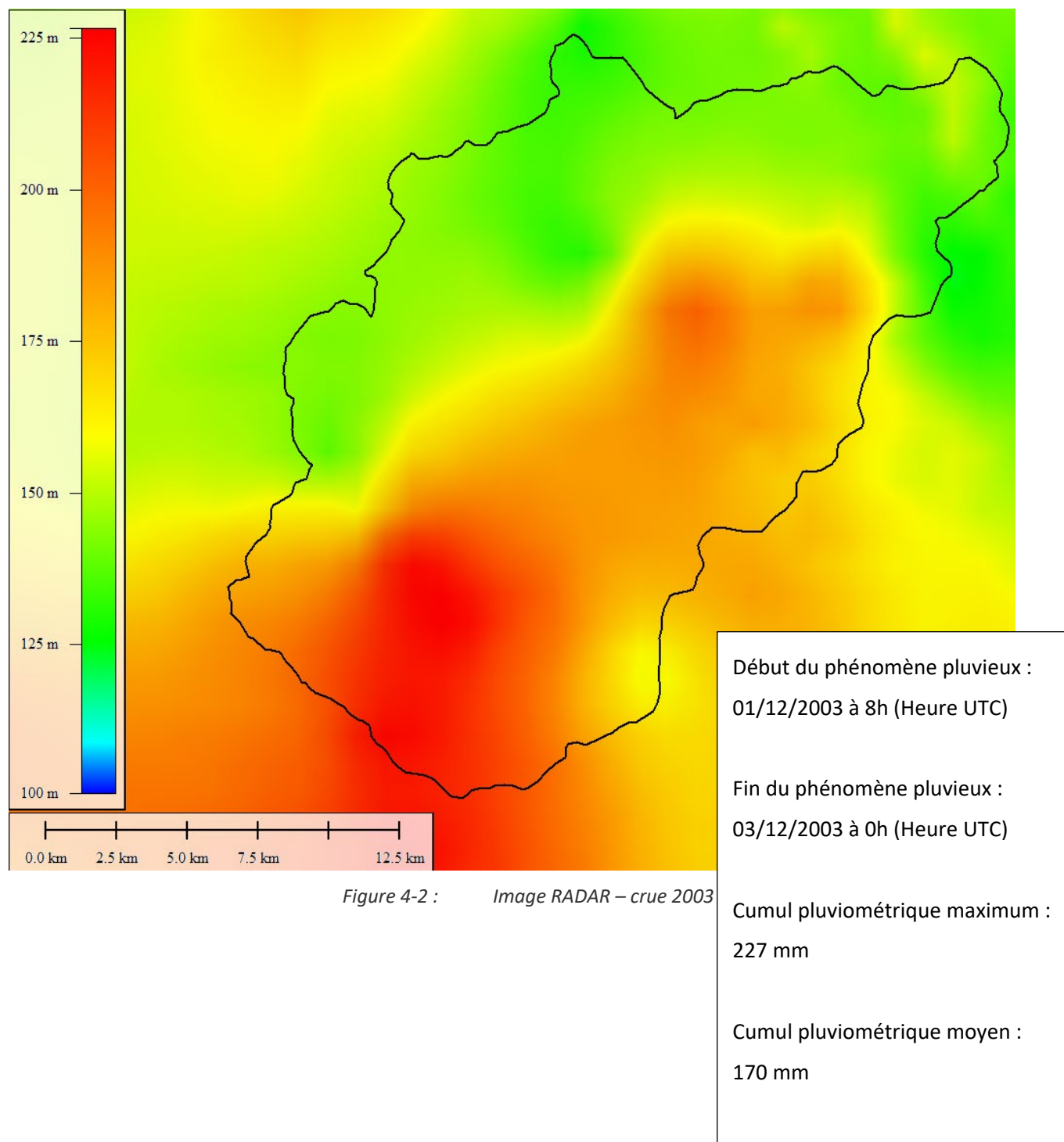


Figure 4-2 : Image RADAR – crue 2003

4.5.2 Pluviométrie du 1^{er} novembre 2008

La figure suivante illustre les cumuls pluviométriques RADAR pour la crue du 1^{er} novembre 2008

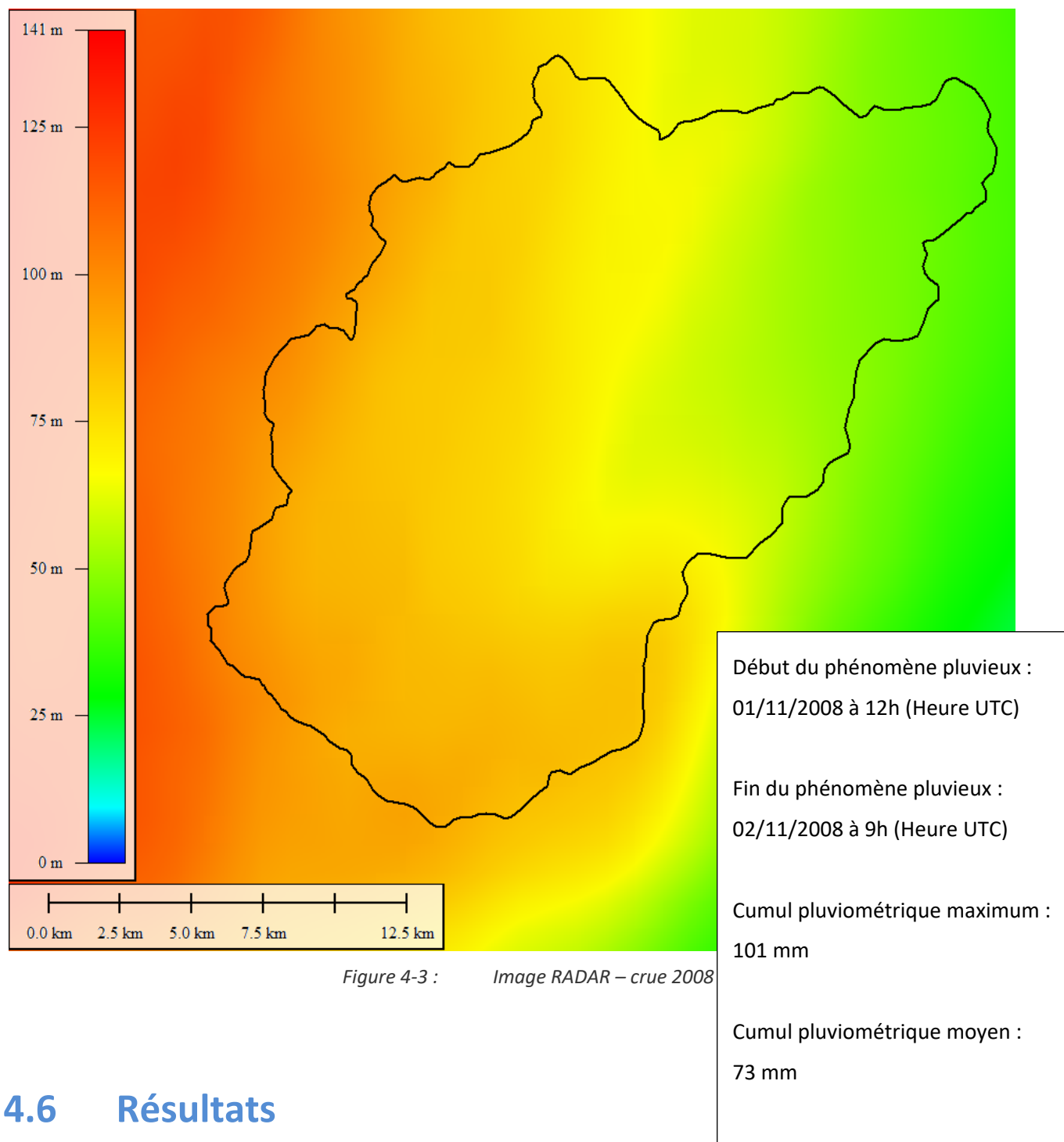


Figure 4-3 : Image RADAR – crue 2008

4.6 Résultats

4.6.1 Crue du 1^{er} décembre 2003

Les hydrogrammes de la crue de décembre 2003 ont été comparés avec les deux stations hydrométriques présentes sur le Gier à Châteauneuf et Givors.

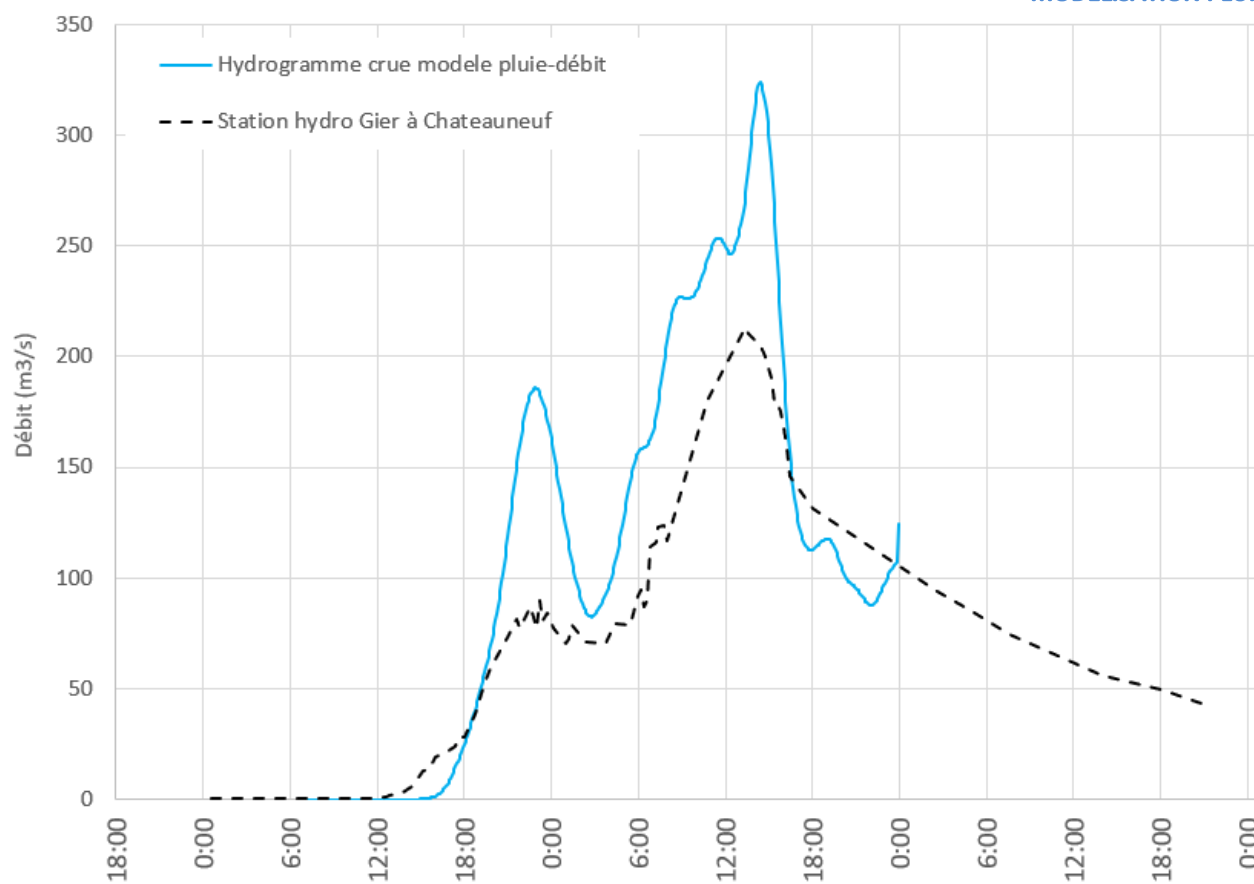


Figure 4-4 : Hydrogramme crue 2003 – station hydro Châteauneuf

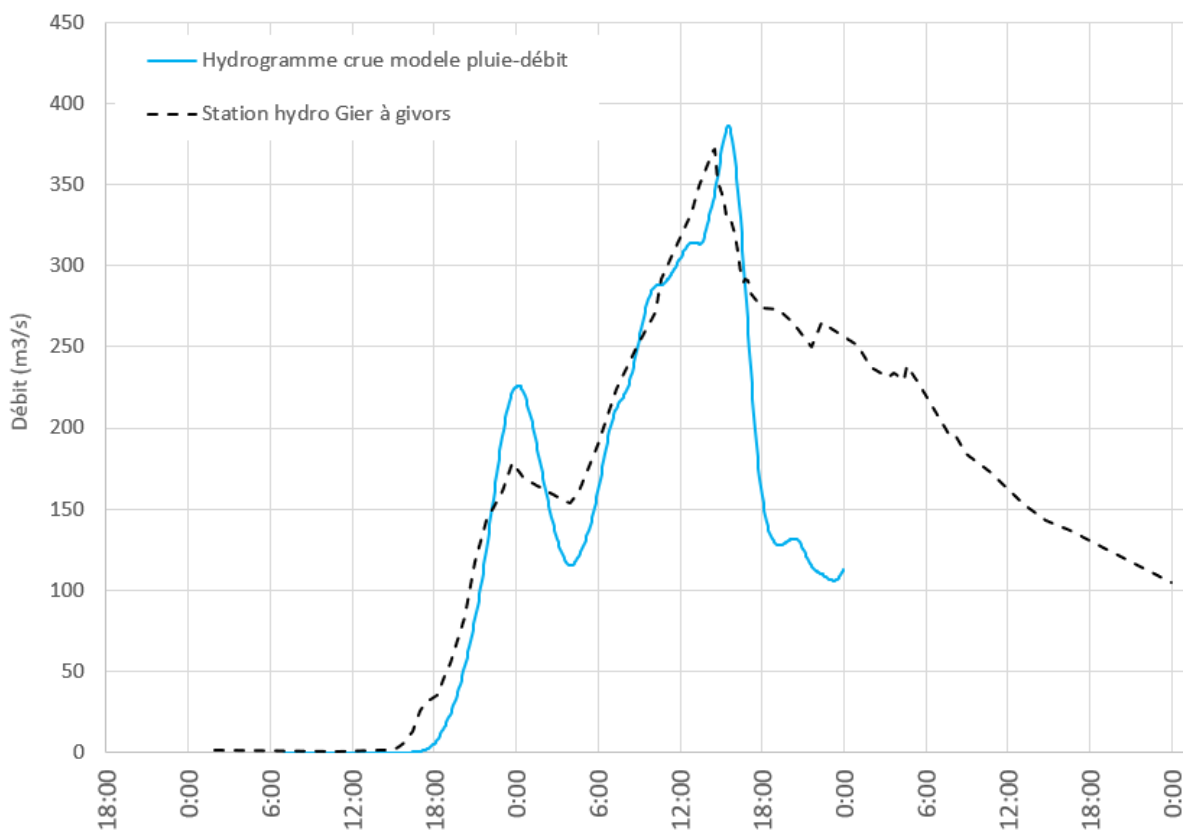


Figure 4-5 : Hydrogramme crue 2003 – station hydro Givors

Pour la crue 2003, les hydrogrammes issus du modèle pluie-débit coïncidents lors de la montée en crue ainsi qu'au moment des pics de crue sur les deux stations.

✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**

Sur la station de Châteauneuf, située à l'amont, les débits obtenus avec le modèle pluie-débit sont supérieurs aux débits calculés à la station hydrométrique.

Sur la station de Givors, située à l'aval, les débits obtenus avec le modèle pluie-débit sont très proches des débits estimés à la station hydrométrique.

Remarque : Le tableau suivant présente une comparaison des débits de crue pour les deux stations et des débits spécifiques (débit rapporté à la surface du bassin versant).

Station hydrométrique	Surface bassin versant (km ²)	Station hydrométrique		Résultat pluie débit	
		Débit (m ³ /s)	Débits spécifique (m ³ /s/km ²)	Débit (m ³ /s)	Débits spécifique (m ³ /s/km ²)
Chateauneuf	328	213	0.65	324	0.99
Givors	402	372	0.93	386	0.96

Tableau 4-3 : Débits crue 2003

Ce tableau met en évidence les éléments suivants :

- le débit spécifique calculé à la station de Châteauneuf est très bas comparé à celui calculé à la station de Givors.
- Les débits spécifiques calculés à partir du modèle pluie-débit sont très proches avec une valeur légèrement supérieure à la station de Châteauneuf

L'analyse des pluies lors de cette crue indique un maximum de précipitation sur l'amont du bassin versant du Gier. Dans ce cas l'intensité de la crue doit diminuer progressivement en direction de l'aval : Cette observation concorde avec le résultats obtenus avec le modèle pluie-débit.

- ✓ Sous-évaluation probable du débit calculé à la station de Châteauneuf
- ✓ **Calage OK concernant les débits de pointe en crue**

4.6.2 Crue du 1^{er} novembre 2008

Les hydrogrammes de la crue de décembre 2008 ont été comparés avec les deux stations hydrométriques présentes sur le Gier à Châteauneuf et Givors.

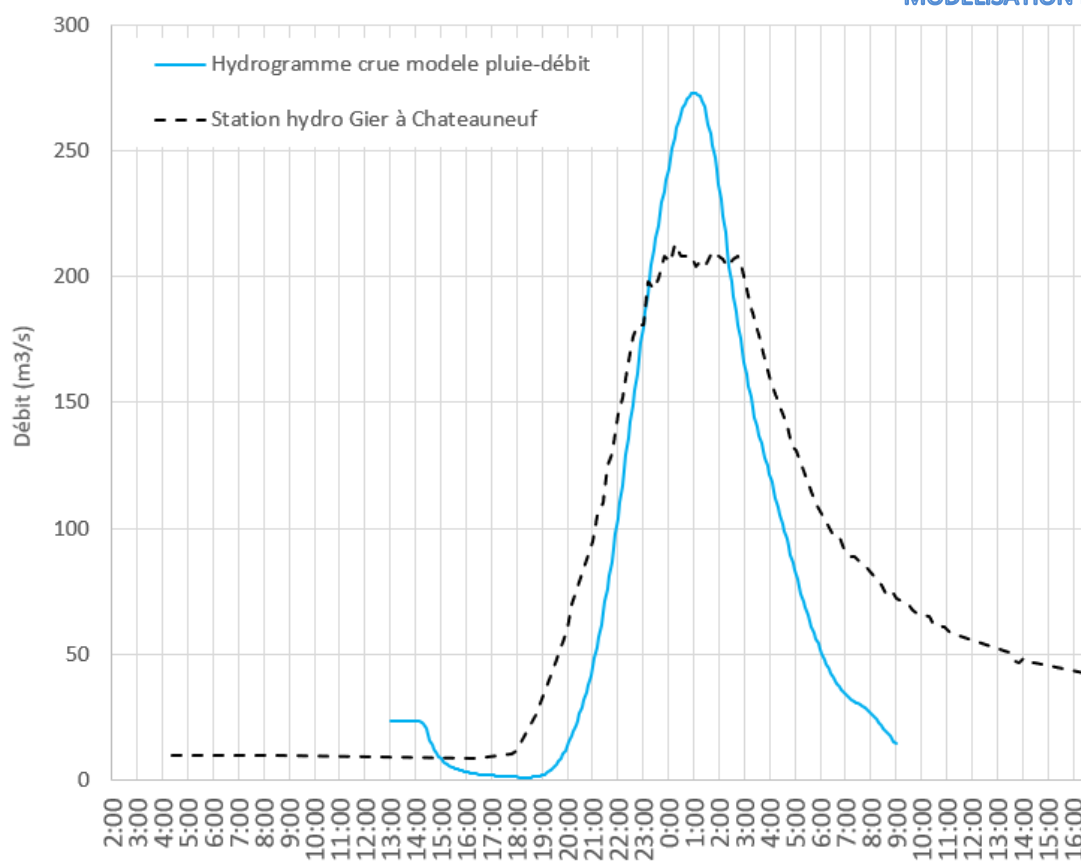


Figure 4-6 : Hydrogramme crue 2008 – station hydro Châteauneuf

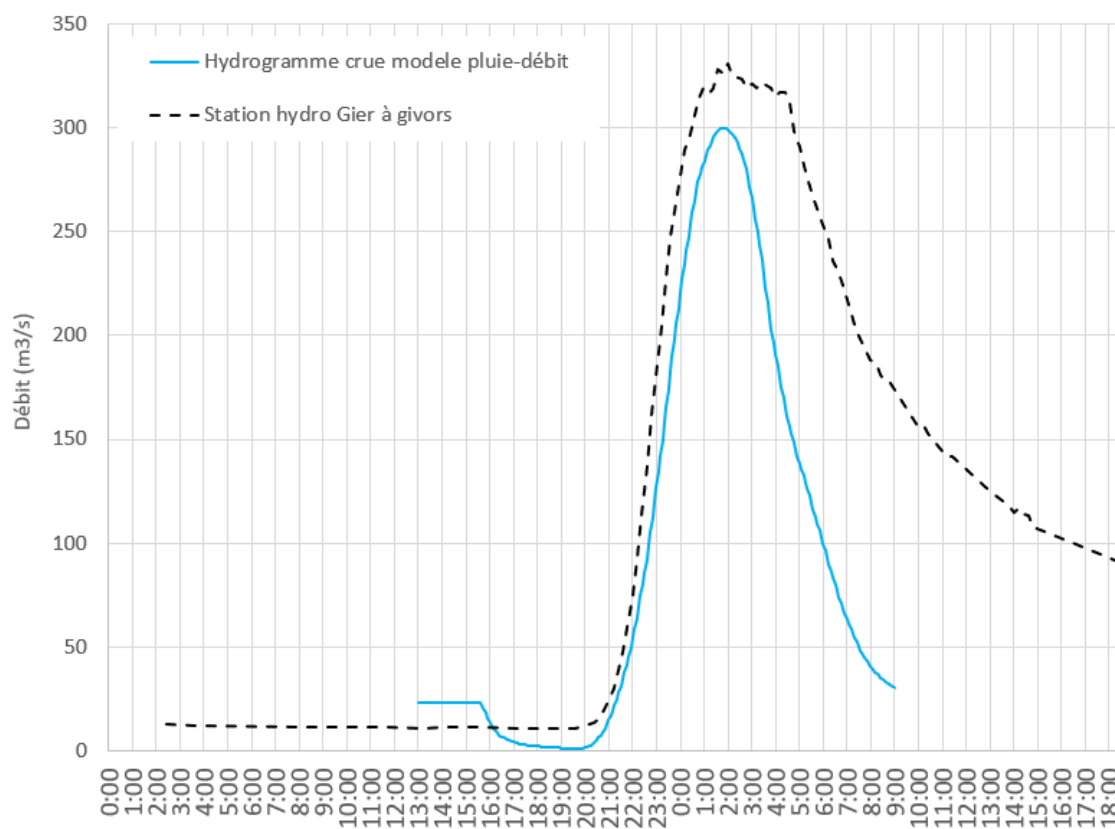


Figure 4-7 : Hydrogramme crue 2008 – station hydro Givors

Pour la crue 2008, les hydrogrammes issus du modèle pluie-débit coïncidents lors de la montée en crue ainsi qu'au moment des pics de crue sur les deux stations.

✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**

Sur la station de Châteauneuf l'hydrogramme de crue de la station hydrométrique présente un plateau à 205 m³/s tandis que le modèle pluie débit indique une pic à 273 m³/s

Sur la station de Givors, les débits obtenus avec le modèle pluie-débit sont légèrement inférieurs à ceux de la station hydrométrique.

Station hydrométrique	Surface bassin versant (km ²)	Station hydrométrique		Résultat pluie débit	
		Débit (m ³ /s)	Débits spécifique (m ³ /s/km ²)	Débit (m ³ /s)	Débits spécifique (m ³ /s/km ²)
Chateauneuf	328	213	0.65	273	0.83
Givors	402	331	0.82	300	0.75

Tableau 4-4 : Débits crue 2008

Le débit spécifique sur la station de Châteauneuf indique également une sous-évaluation du débit à cette station.

Les débits obtenus avec le modèle pluie-débit sont plus cohérent avec une diminution vers l'aval du débit spécifique (cas identique à la crue 2003 avec une intensité de pluie plus forte sur la partie amont du bassin versant).

✓ **Sous-évaluation probable du débit calculé à la station de Châteauneuf**

4.6.3 Crue du 17 octobre 2024

Les hydrogrammes de la crue du 17 octobre 2024 ont pu être comparés avec les deux stations hydrométriques, sur les différents capteurs présents sur le bassin versant du Gier et au niveau des barrages.

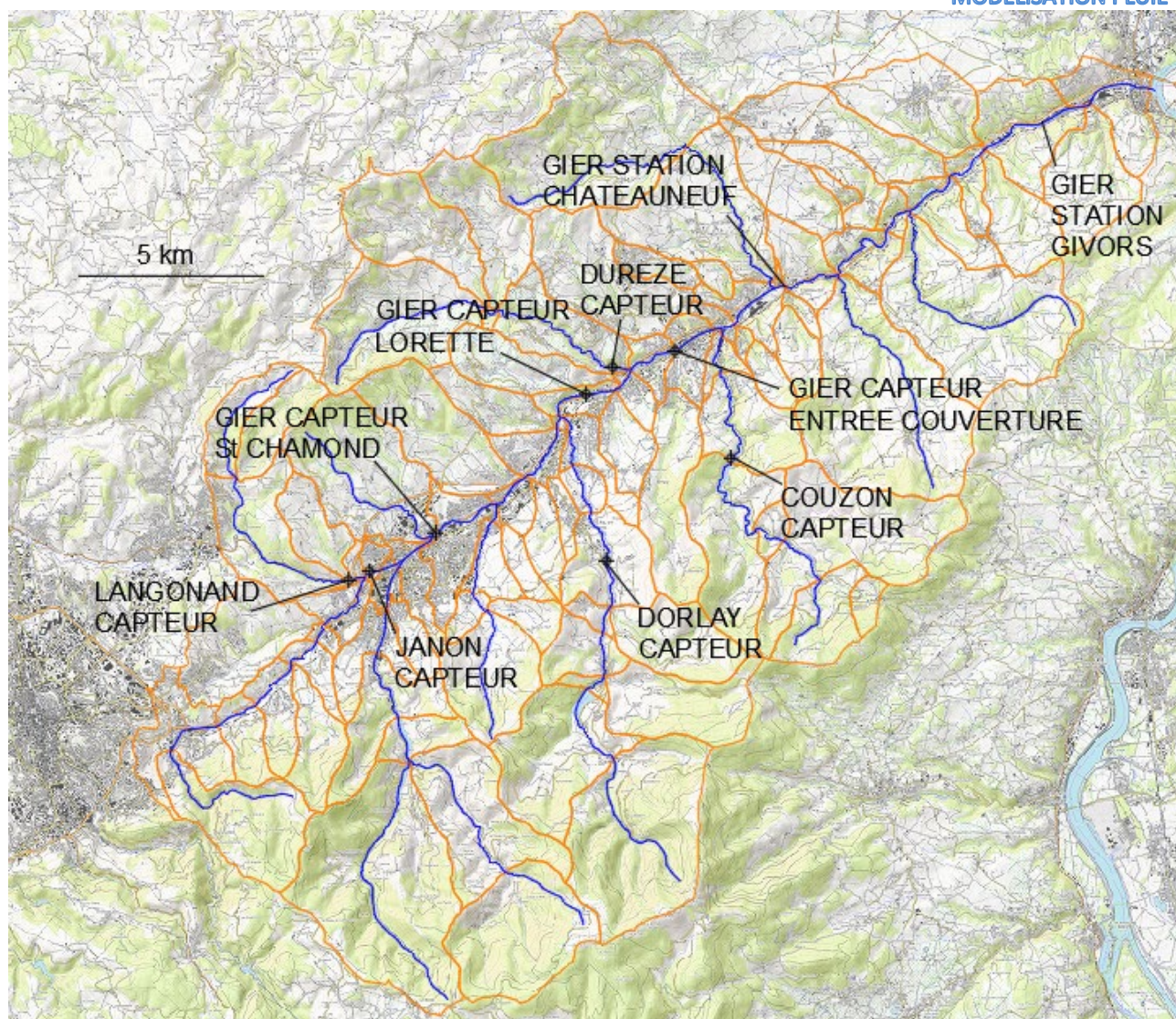


Figure 4-8 : Stations hydrométriques et capteurs du BV du Gier

Remarque :

- Le capteur du Couzon n'a pas fonctionné lors de cette crue (arrêt le 17/10 à 9h).
- Le capteur du Lagonand n'a pas fonctionné lors de cette crue (arrêt le 17/10 à 5h30).
- Le capteur du Gier à Lorette s'est arrêté à 12h50 lors de la montée en crue.

Pour cette crue les heures indiquées sur les capteurs sont les heures locales (UTC+2).

A- Barrages

Sur les barrages les hydrogrammes calculés par le modèle pluie-débit en amont des barrages et au niveau des déversoirs sont comparés avec les débits calculés au niveau des déversoirs (capteurs SEM).

a- Barrage de la Rive

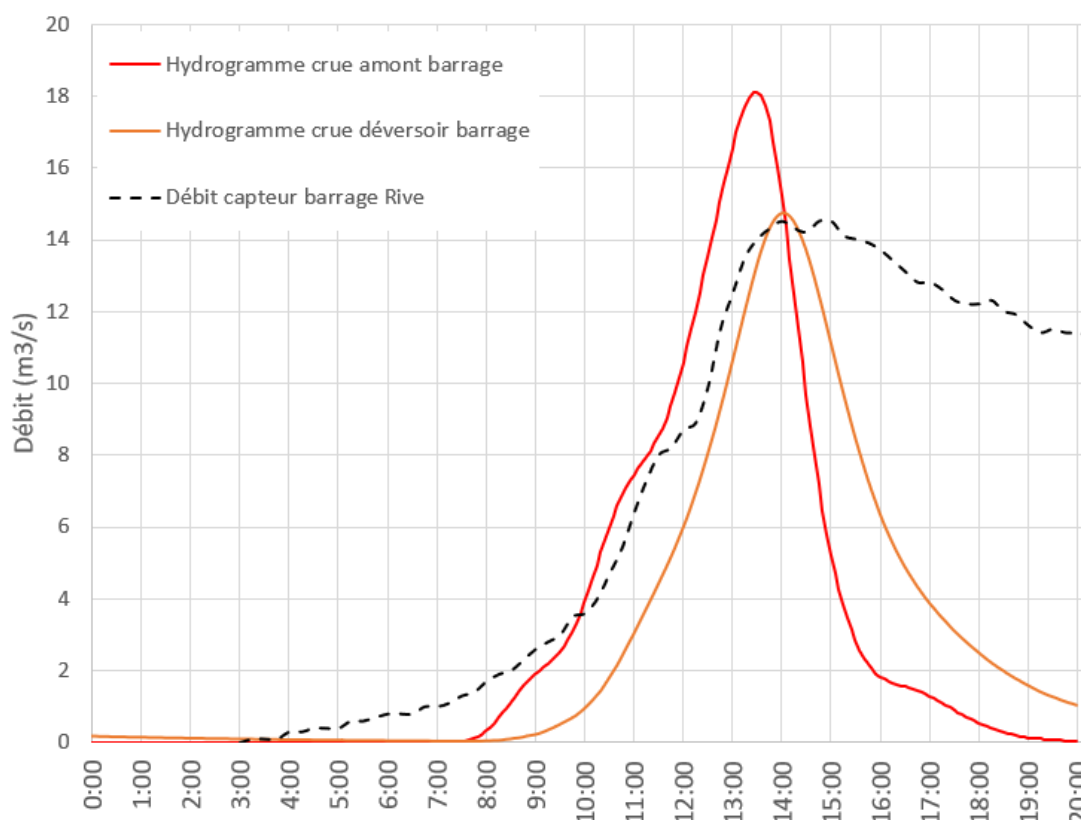


Figure 4-9 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Rive

Sur le barrage de la Rive :

- Lors de la montée en crue, la forme des hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont proches.
- Le pic de crue calculé avec le modèle pluie débit à l'aval du barrage est situé au même moment que celui mesuré avec le capteur.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Le débit de pointe calculé avec le modèle pluie débit ($15 \text{ m}^3/\text{s}$) est identique à celui défini avec le capteur.
 - ✓ **Le calage OK concernant le débit de pointe en crue**

b- Barrage de Soulages

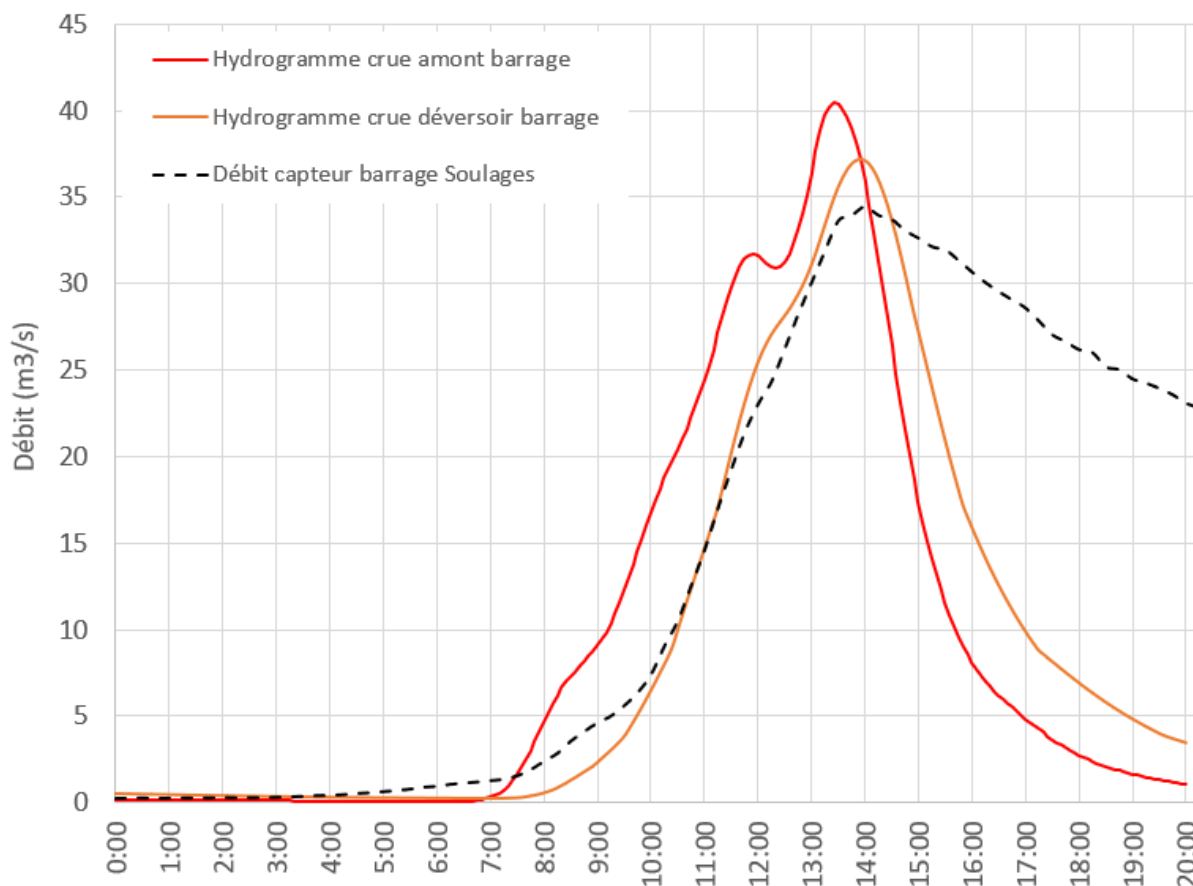


Figure 4-10 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Soulages

Sur le barrage de Soulages :

- Lors de la montée en crue, la forme des hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont proches.
- Les pics de crue du modèle pluie débit et du capteur coïncident.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Le débit de pointe calculé avec le modèle pluie débit ($40 \text{ m}^3/\text{s}$) est proche de celui défini avec le capteur ($34 \text{ m}^3/\text{s}$).
 - ✓ **Le calage OK concernant le débit de pointe en crue**

c- Barrage du Dorlay

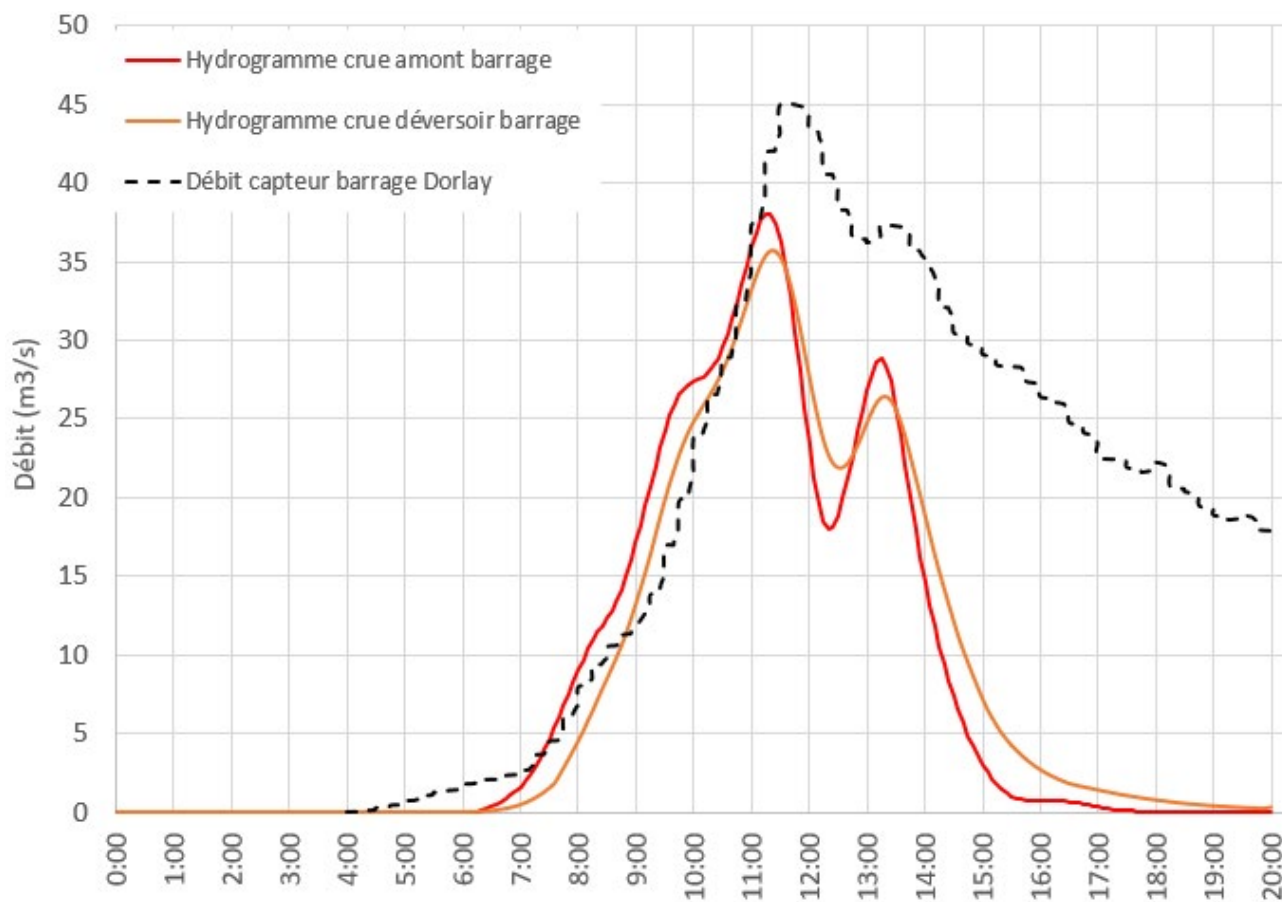


Figure 4-11 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Dorlay

Sur le barrage de Soulages :

- Lors de la montée en crue, la forme des hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont proches lors de la montée en crue.
- Le pic de crue calculé avec le modèle pluie débit à l'aval du barrage est légèrement avancé par rapport à celui mesuré avec le capteur (20 min).
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue lors de la montée en crue**
- Le débit de pointe calculé avec le modèle pluie débit ($38 \text{ m}^3/\text{s}$) est légèrement inférieur à celui défini avec le capteur ($45 \text{ m}^3/\text{s}$) – Courbe de tarage à vérifier ?.

d- Barrage du Couzon

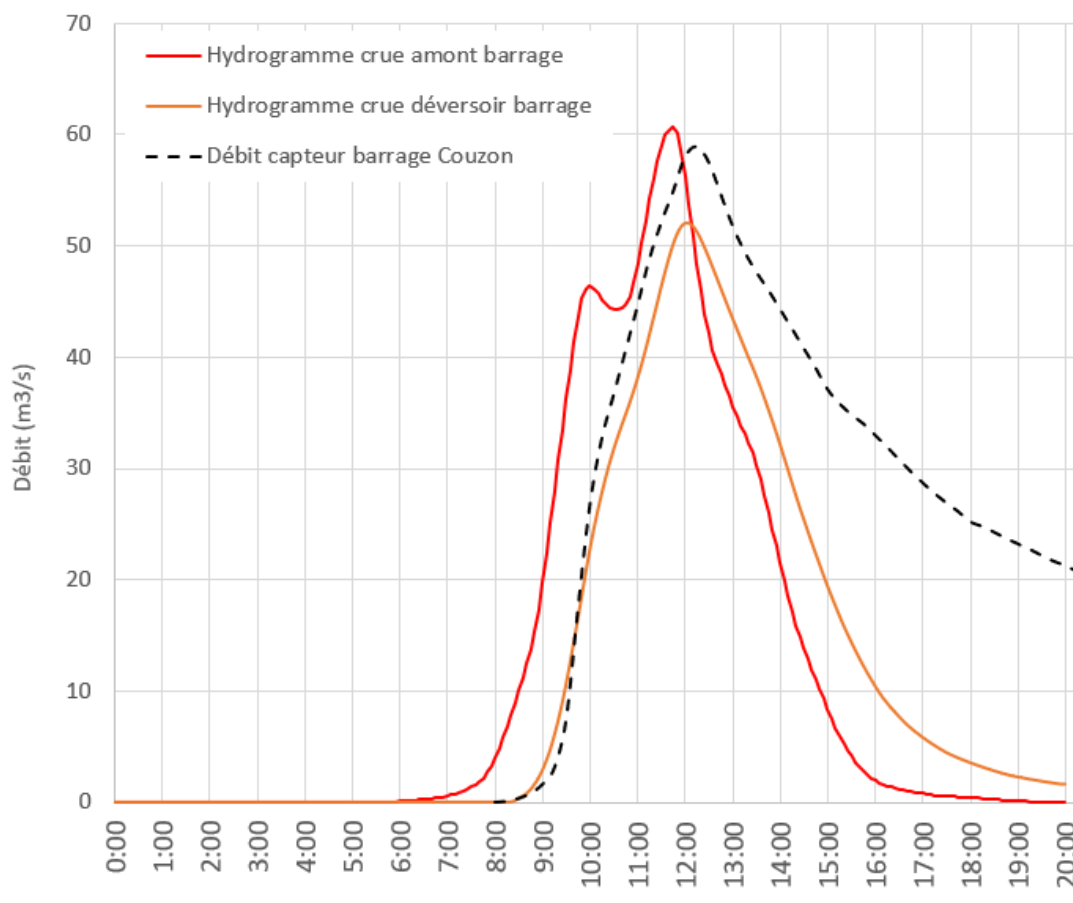


Figure 4-12 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur barrage Couzon

Sur le barrage de Soulages :

- Lors de la montée en crue, la forme des hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont proches.
- Les pics de crue du modèle pluie débit et du capteur coïncident.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Le débit de pointe calculé avec le modèle pluie débit ($61 \text{ m}^3/\text{s}$) en amont du barrage est proche de celui défini avec le capteur ($59 \text{ m}^3/\text{s}$) mais le débit calculé au déversoir est légèrement inférieur ($52 \text{ m}^3/\text{s}$).
 - ✓ **Le calage OK concernant le débit de pointe en crue**

B- Capteurs affluents du Gier

a- Capteur Janon

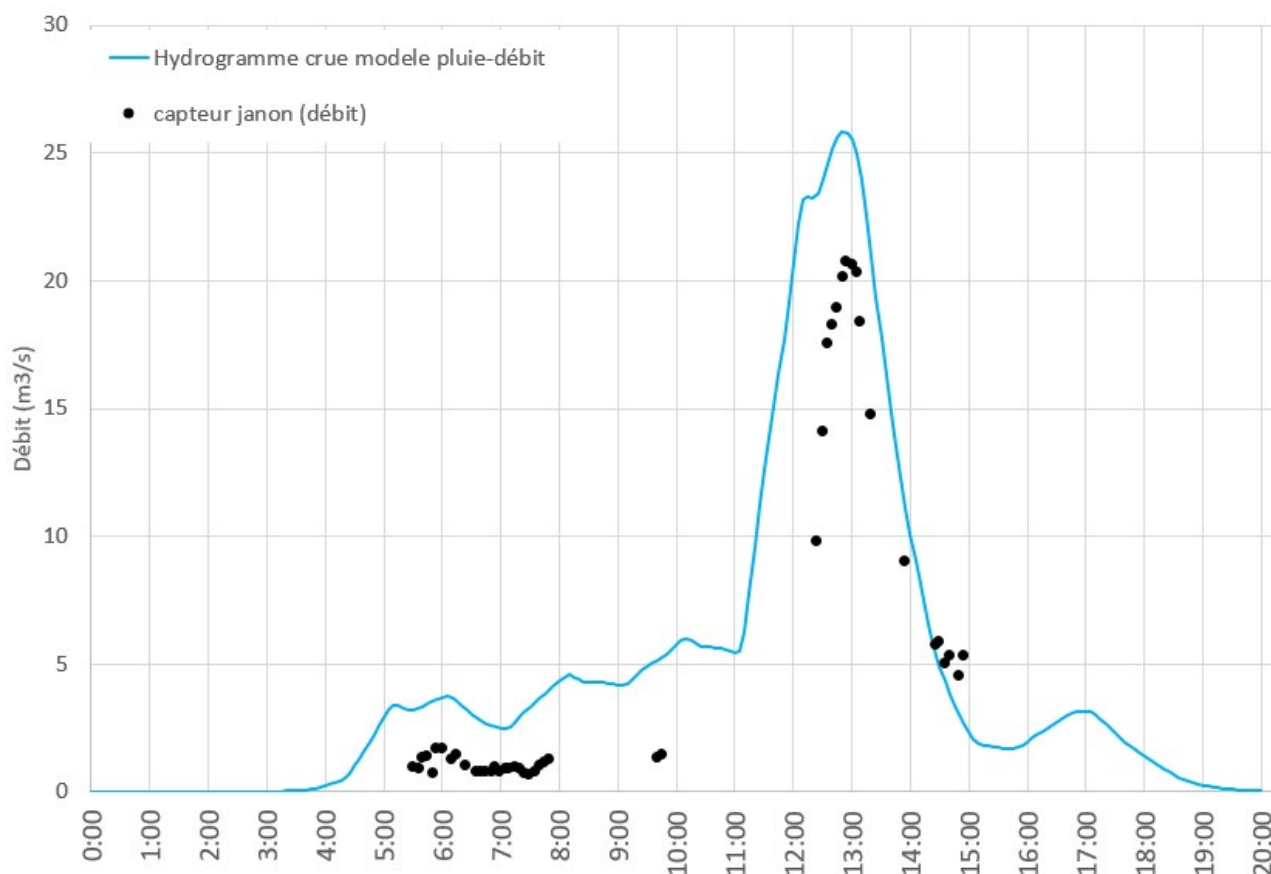


Figure 4-13 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Janon

Sur le Janon :

- Les pics de crue du modèle pluie débit et du capteur coïncident.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Les débits calculés avec le modèle pluie débit sont supérieurs à ceux définis avec le capteur.
- Sur cette station où le lit a récemment fait l'objet de travaux, la courbe de tarage devra être revue.
 - ✓ **Le calage concernant le débit maximal de la crue ne peut être déterminé sur ce capteur.**

b- Capteur Dorlay

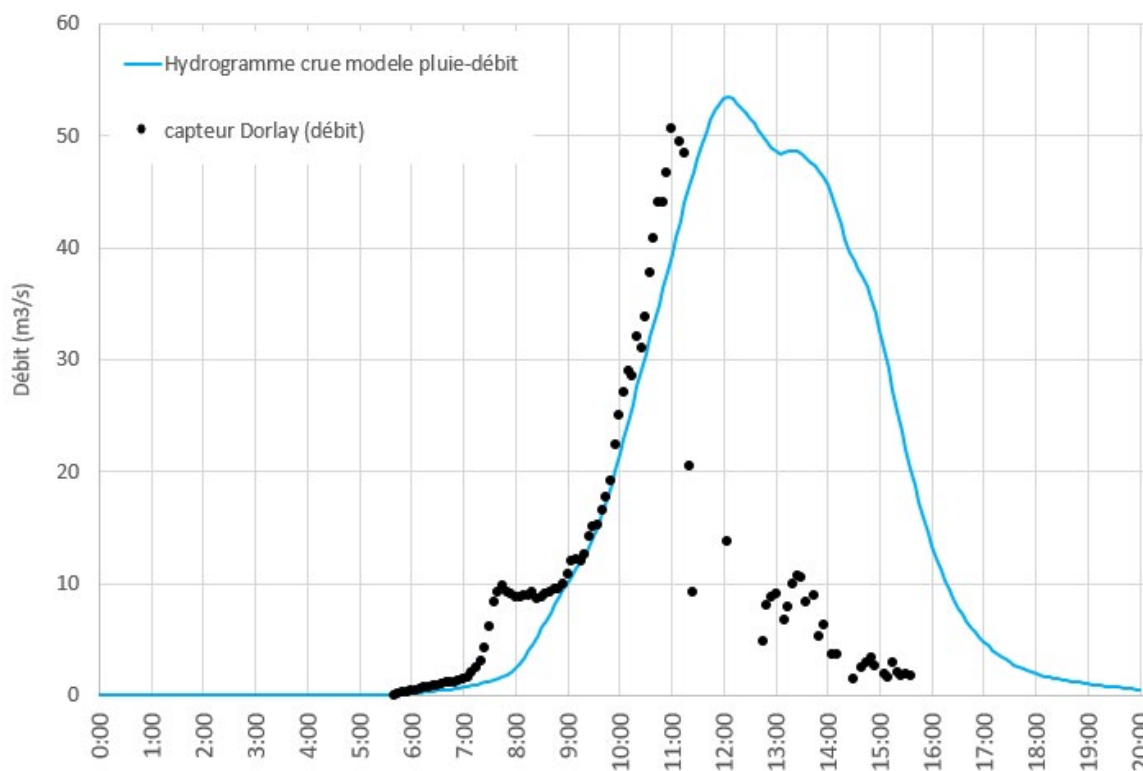


Figure 4-14 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Dorlay

Sur le Dorlay :

- La montée en crue est identique mais le pic de crue du capteur est plus tôt que celui du modèle pluie débit. A noter une intermittence des résultats du capteur à partir de 50 m³/s.
 - ✓ **Calage OK concernant vitesse de propagation de l'onde de crue lors de la montée en crue**
- Le seuil en aval du capteur a été emporté par la crue ce qui explique la décroissance très rapide de la crue.

c- Capteur Durèze

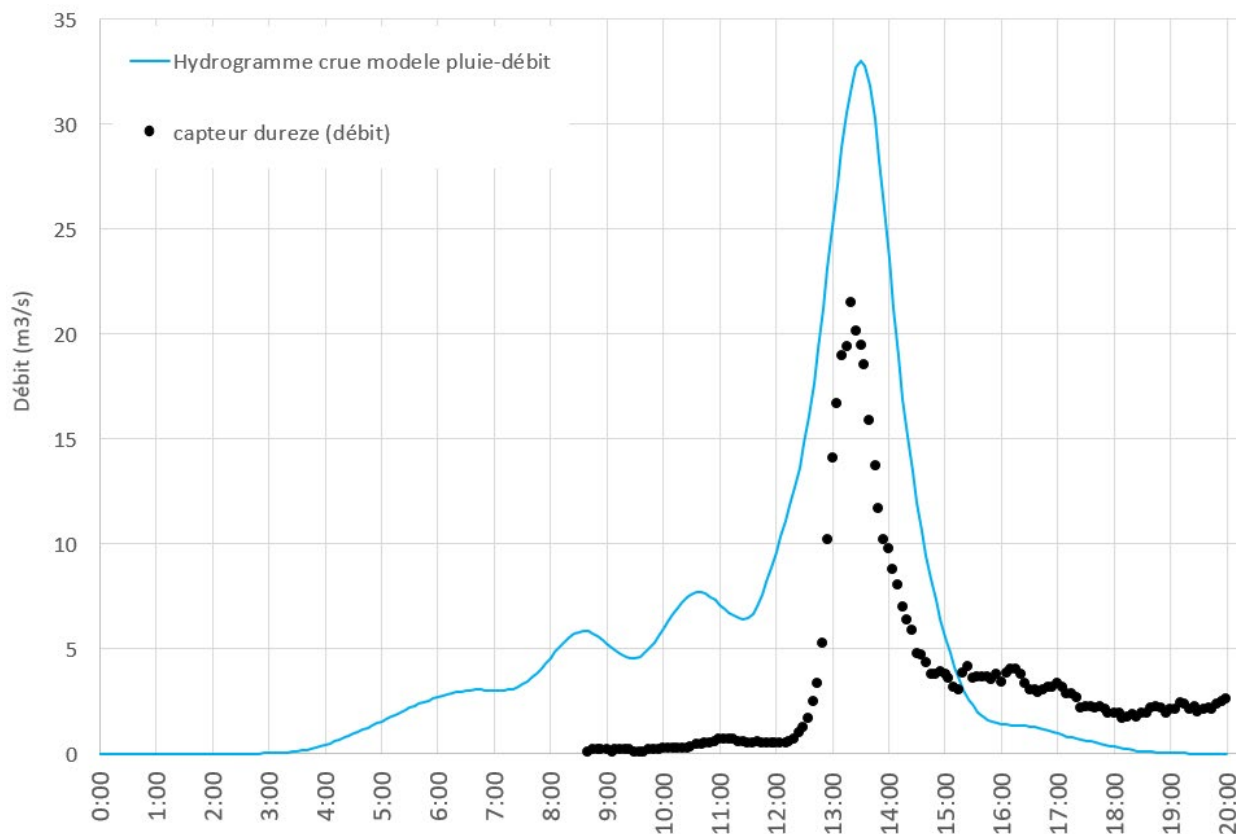


Figure 4-15 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Durèze

Sur la Durèze :

- La forme des hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont identiques et les pics de crue sont situés au même moment.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Les débits calculés avec le modèle pluie débit sont supérieurs à ceux définis avec le capteur.
 - ✓ **Le calage concernant le débit maximal de la crue ne peut être déterminé sur ce capteur.**

La courbe de tarage de ce capteur devra être vérifiée.

C- Capteurs du Gier

a- Capteur Gier à St Chamond

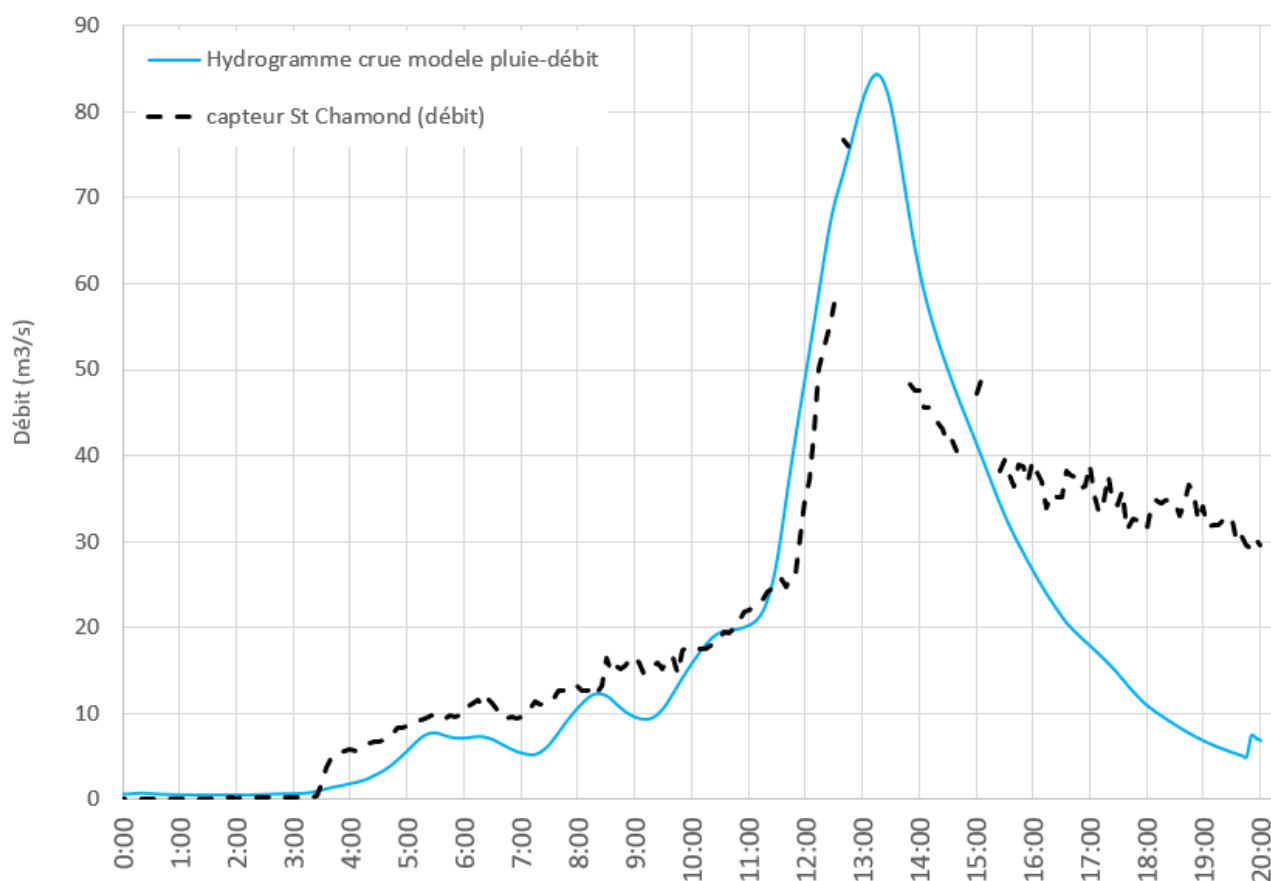


Figure 4-16 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Gier St Chamond

Sur le Gier à St Chamond :

- Les pics de crue du modèle pluie débit et du capteur coïncident.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Le pic de crue calculé avec le modèle pluie débit ($84 \text{ m}^3/\text{s}$) est proche de celui définis avec le capteur ($77 \text{ m}^3/\text{s}$). A noter que lors du pic de crue le capteur n'a pas fonctionné durant plus d'une heure, le capteur n'a pas mesuré de manière fiable le débit maximal de la crue.

b- Capteur Gier à Lorette

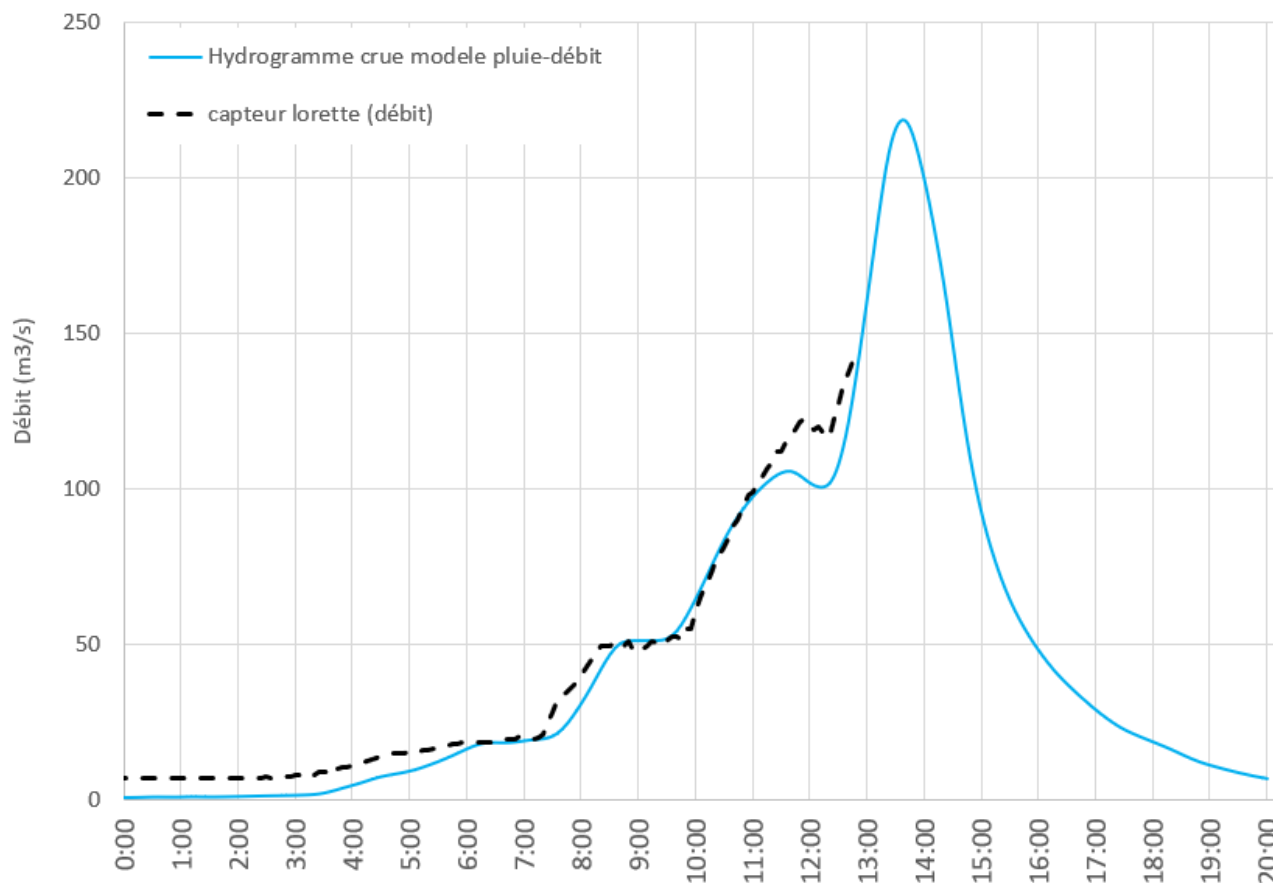


Figure 4-17 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Gier lorette

Sur le Gier à Lorette :

- ✓ La montée en crue des hydrogrammes du modèle pluie débit et du capteur coïncident.
- ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Les débits calculés avec le modèle pluie débit sont très proches de ceux définis avec le capteur.
- ✓ **Le calage OK concernant les débits lors de la montée en crue**

La capteur a été noyé par la crue ce qui explique que la pointe de crue n'a pas été enregistrée.

c- Capteur Gier à l'entrée de la couverture de Rive de Gier

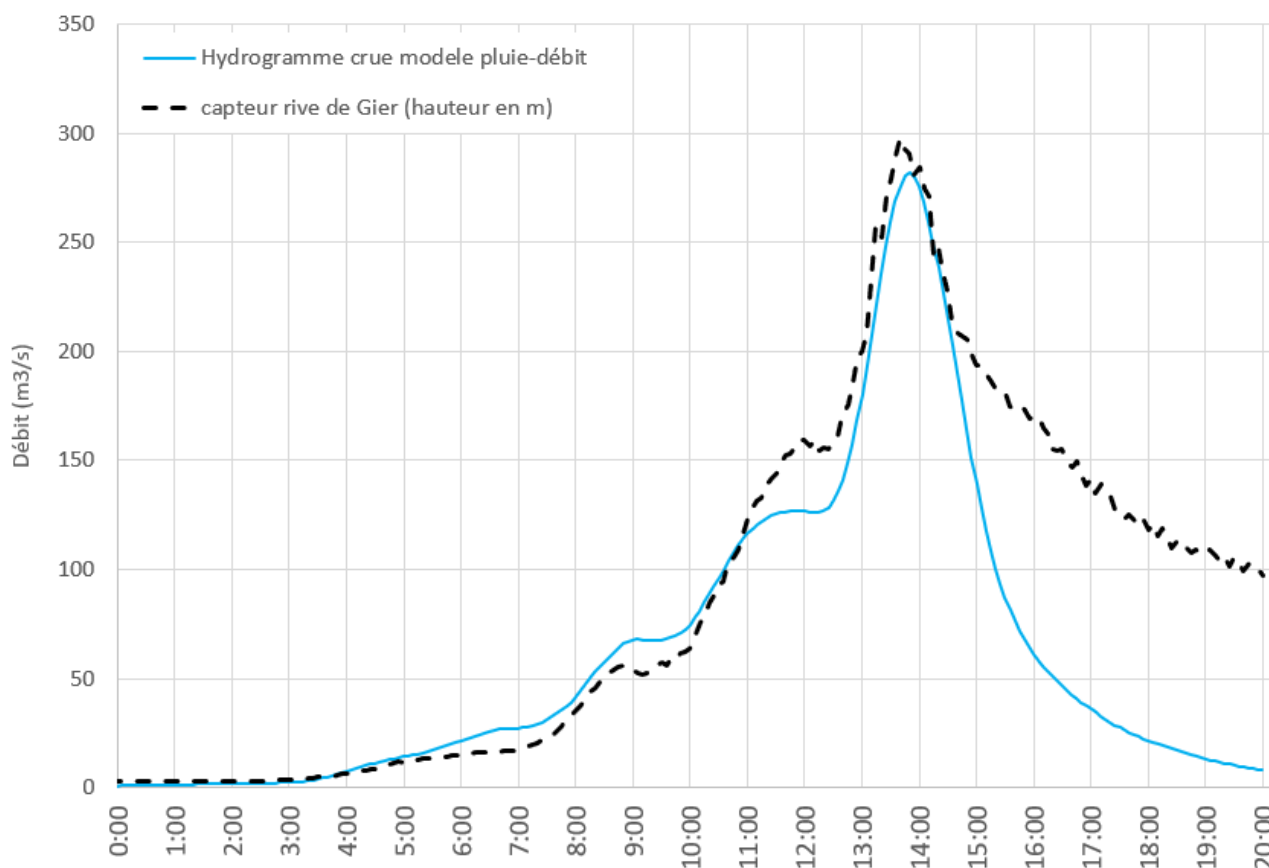


Figure 4-18 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – capteur Gier rive de Gier

Sur le Gier à l'entrée de la couverture de Rive de Gier :

- La forme de l'hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont identiques.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Les débits calculés avec le modèle pluie débit (pic à 282 m³/s) sont très proches de ceux définis avec le capteur (pic à 298 m³/s).
 - **Le calage OK concernant le débit de pointe en crue**

d- Station hydrométrique Châteauneuf

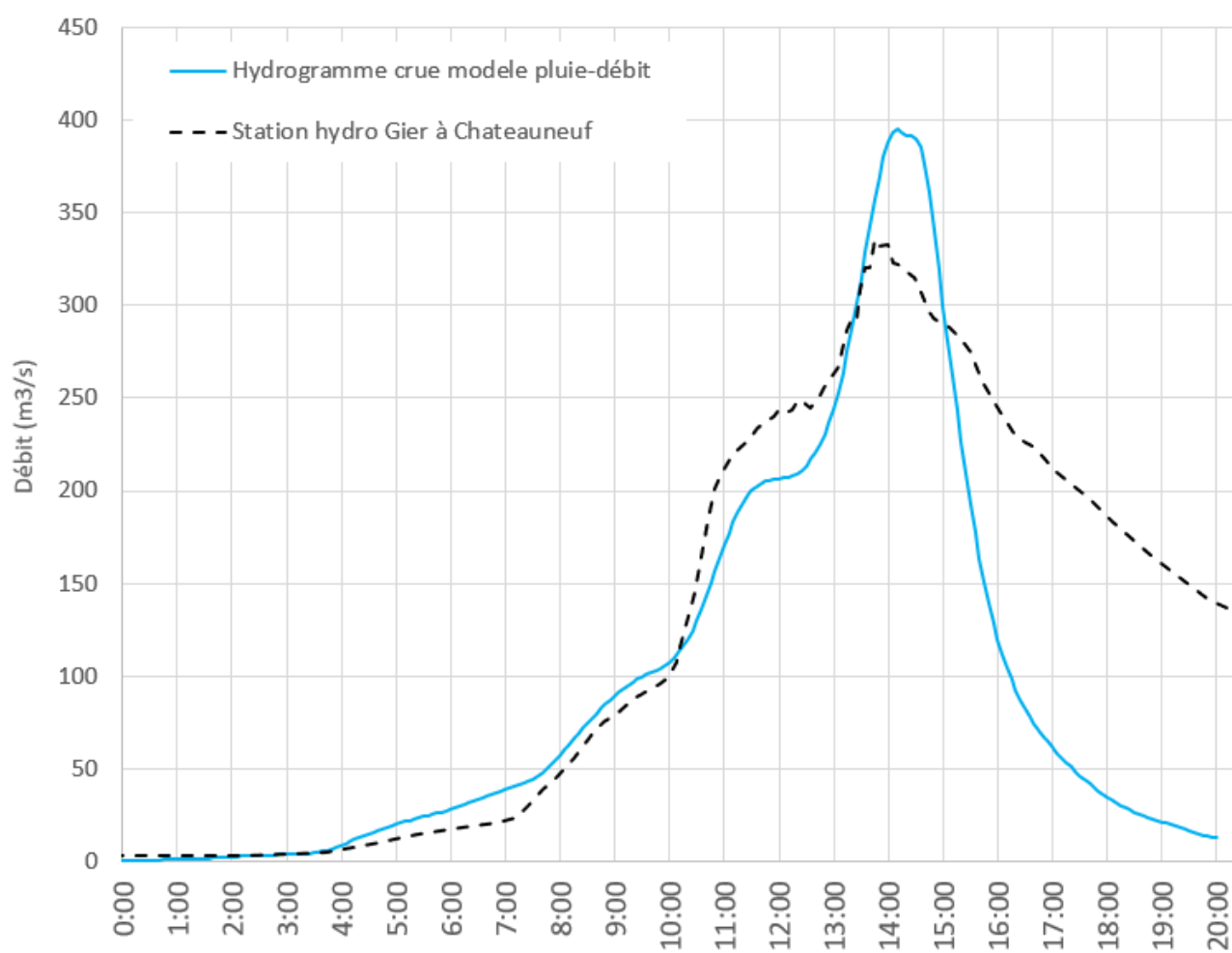


Figure 4-19 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – station hydrométrique de Châteauneuf

Sur le Gier à la station hydrométrique de Châteauneuf :

- ✓ La forme des hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont proches et les pics de crue sont situés au même moment.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Les débits calculés avec le modèle pluie débit (pic à 395 m³/s) sont supérieurs à ceux définis avec le capteur (pic à 335 m³/s).
 - ✓ **Sous-évaluation probable du débit calculé à la station de Châteauneuf**

e- Station hydrométrique Givors

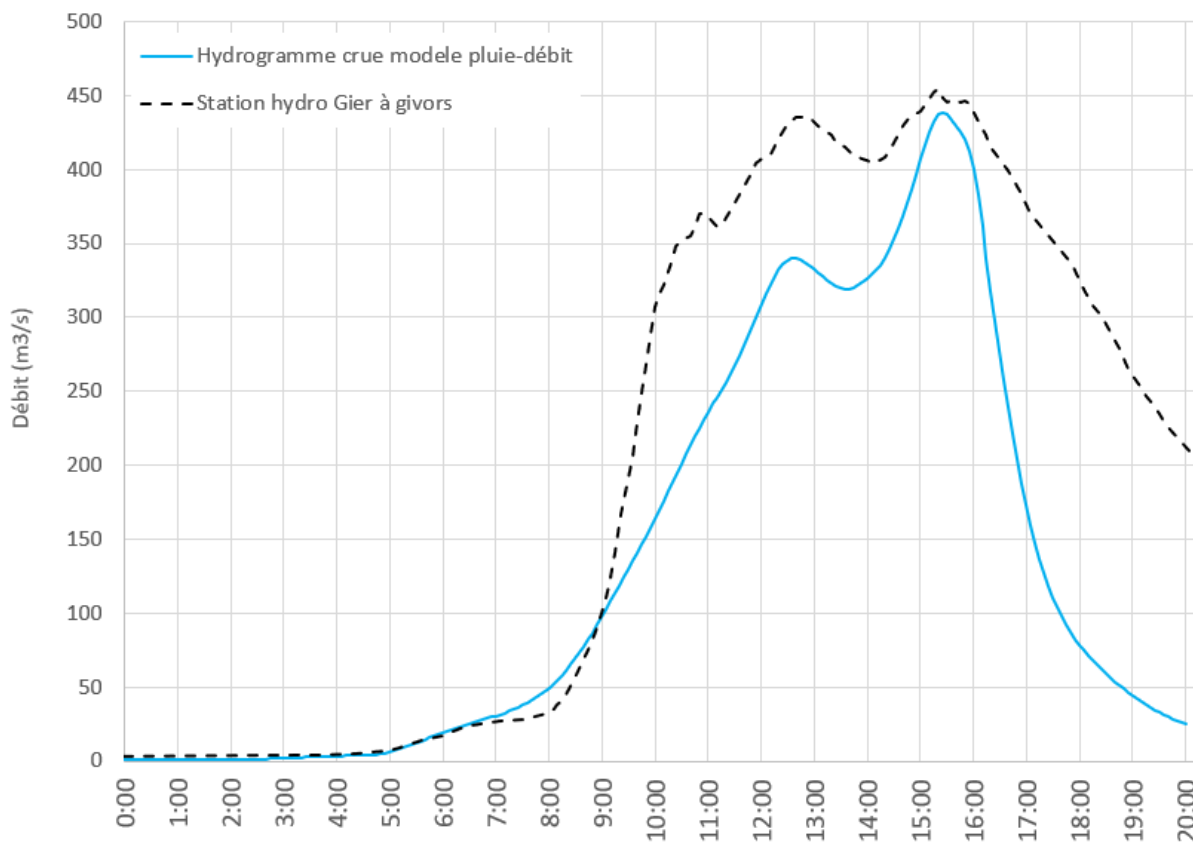


Figure 4-20 : Hydrogramme crue 17/10/2024 – station hydrométrique de Givors

Sur le Gier à la station hydrométrique de Givors :

- ✓ La forme des hydrogrammes obtenus avec le modèle pluie-débit et celui du capteur sont identiques et les pics de crue sont situés au même moment.
 - ✓ **Calage OK concernant la vitesse de propagation de l'onde de crue**
- Les pic de crue calculé avec le modèle pluie débit (pic à 439 m³/s) est proche de celui défini avec le capteur (pic à 454 m³/s) mais lors de la monte en crue les débits du capteur sont supérieurs.
 - **Le calage OK concernant le débit de pointe en crue**

4.6.4 Synthèse

Le modèle pluie débit est correctement calé en terme de vitesse de propagation sur le Gier et ses affluents.

Concernant les débits de pointe :

- le calage du modèle pluie-débit est pertinent sur les capteurs du Gier.
- Sur les affluents, les jaugeages réalisés étant nettement inférieurs aux débits survenus lors de cette crue, les courbes de tarage ne sont pas suffisamment fiables pour permettre de comparer les valeurs du modèle pluie-débit.

4.7 Estimation des débits de la crue du 17 octobre 2024 par la modélisation pluie-débit

Le tableau suivant présente une comparaison des débits de pointe de la crue du 17 octobre 2024 obtenus à partir du modèle pluie-débit et les valeurs du PPRNPI.

Point de calcul	Pt calcul HEC HMS	Surface BV (km ²)	Débits (m ³ /s)		Temps de retour crue 2024
			Résultats modèle pluie-débit	Q100 PPRi	
Gier - barrage soulages	barrage soulages	42	37	85	10 ans
Gier moulin Combat	aval_gier3	47	38	90	10 ans
Gier aval confluence Janon	aval_gier6	115	84	163	> 10 ans
Gier à l'Horme (amont onzion)	aval_gier7	132	121	181	< 30 ans
Gier amont Dorlay	T_Gier10	149	150	216	30 ans
Gier aval Dorlay	aval_gier11	208	219	270	<50 ans
Gier entrée couverture Rive de Gier	aval_gier13	246	282	308	>50 ans
Gier aval couzon	T_Gier15	293	342	361	<100 ans
Gier station hydro chateaneuf	station_hydro_chateaneuf	328	395	395	100 ans
Gier amont lozange	T_Gier18	352	411	415	100 ans
Gier amont Combe d'Enfer	T_Gier21	389	435	458	>50 ans
Gier station hydro givors	T_Gier22	402	438	468	>50 ans
Gier confluence Rhône	aval_gier23	418	439	480	>50 ans

Tableau 4-5 : Débits crue 2024 – Gier

Ce tableau met en évidence que le temps de retour de la crue du Gier augmente progressivement en direction de l'aval.

- Temps de retour = 10 ans sur la partie amont du bassin versant
- Temps de retour = 30 ans à l'amont du Dorlay
- Temps de retour = 50 ans à l'amont de la couverture de Rive de Gier
- Temps de retour = 100 ans (ou proche de 100 ans) à l'aval de Rive de Gier
- Temps de retour d'environ 70 ans sur la partie aval du bassin versant

Point de calcul	Pt calcul HEC HMS	Surface BV (km ²)	Débits (m ³ /s)		Temps de retour crue 2024
			Résultats modèle pluie-débit	Q100 PPRi	
Janon aval Langonand	T_janon8	50	26	96	<10 ans
Lagonand	aval_langonand2	16	12	42	<10 ans
Onzion	couverture horme	11	24	27	< 30 ans
Arc	arc	8	9	18	10 ans
Dorlay	dorlay_conf_gier	50	71	81	50 ans
Collenon	collenon	4	11	16	30 ans
Dureze	dureze_conf_gier	29	33	65	> 10 ans
Egarande	egarande	7	11	23	10 ans
Feloin amont durantière	feloin	8	26	21	>100 ans
Couzon	aval_couzon3	33	56	73	<50 ans
Bourbouillon	bourbouillon_conf_gier	2	5	8	< 30 ans
Frigerin	frigerin	1	2	4	10 ans
Bozançon	aval_bozancon2	30	49	66	30 ans
Villette	villette_conf_gier	3	8	9	>50 ans
Lozange	aval_lozange3	8	15	23	< 30 ans
Combe Allier	combe_allier	7	12	21	10 ans
Combe Enfer	combe_enfer	4	13	15	50 ans
Godivert	godivert	7	19	21	>50 ans
Coteon	coteon	6	13	20	30 ans

Tableau 4-6 : Débits crue 2024 – Affluents Gier

Ce tableau met en évidence une disparité des temps de retour sur les affluents du Gier.

Rappel : **les débits PPRNPI sur le Gier et ses affluents ont été déterminés par la méthode des débits réduits** : Méthode basée sur les valeurs du Gier à Châteauneuf puis extrapolation des débits sur l'ensemble du bassin versant uniquement en tenant compte des surfaces de bassin versant. **Cette méthode ne prend pas en compte les caractéristiques des bassins versants propres à chaque affluents** (temps de concentration, occupation du sol, temps de transfert).

Ce tableau met cependant en évidence de faibles temps de retour (10 ans) sur l'amont du bassin versant et des valeurs supérieures (30 à 100 ans) sur la partie aval du bassin versant.

La carte suivante illustre l'estimation des temps de retour de la crue du 17 octobre 2024 calculés pour les affluents et tronçons du Gier à partir de la modélisation pluie débit.

Les tronçons de couleur noir sont ceux dont le PPRNPI ne précise pas les débits en crue.

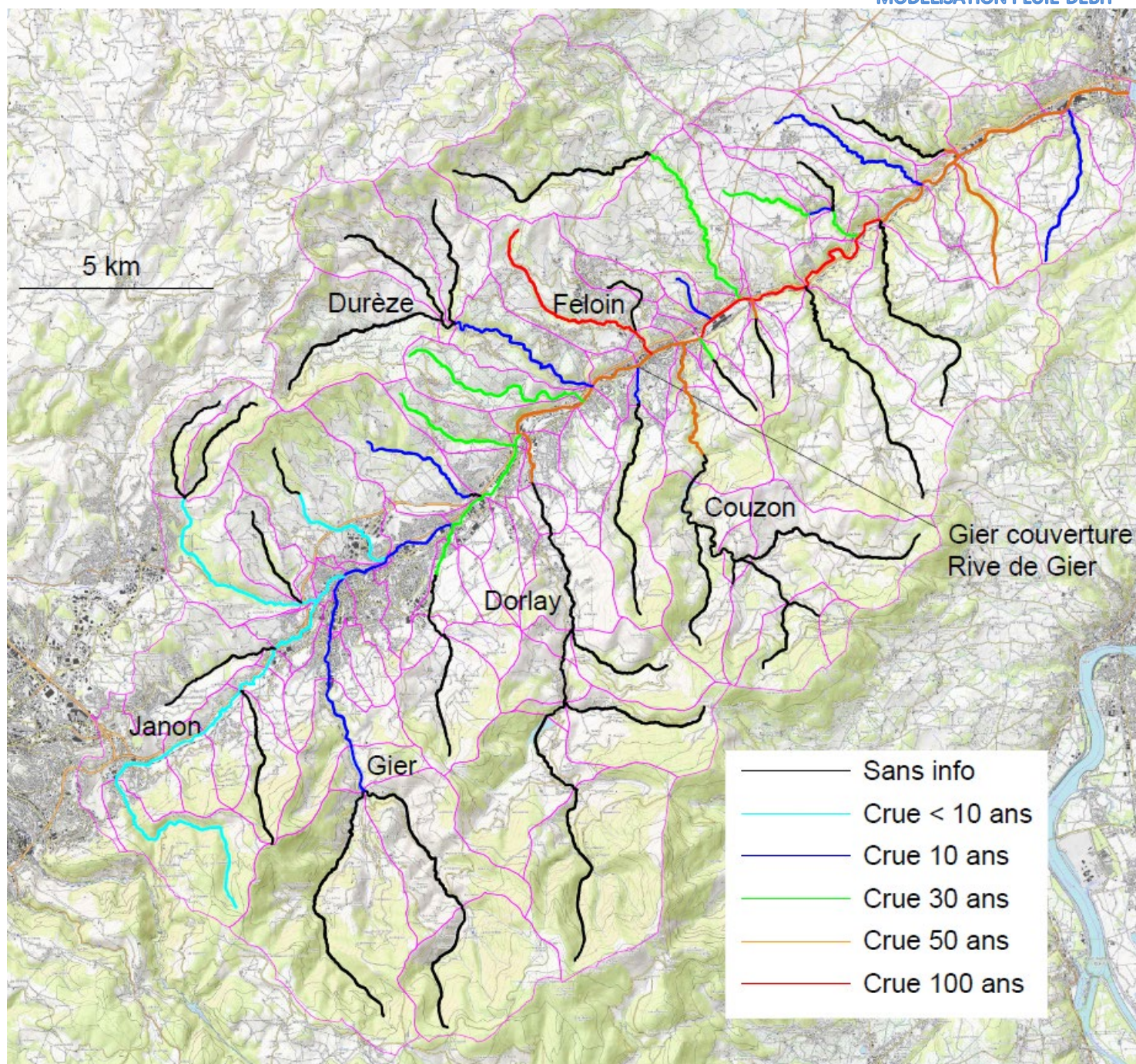


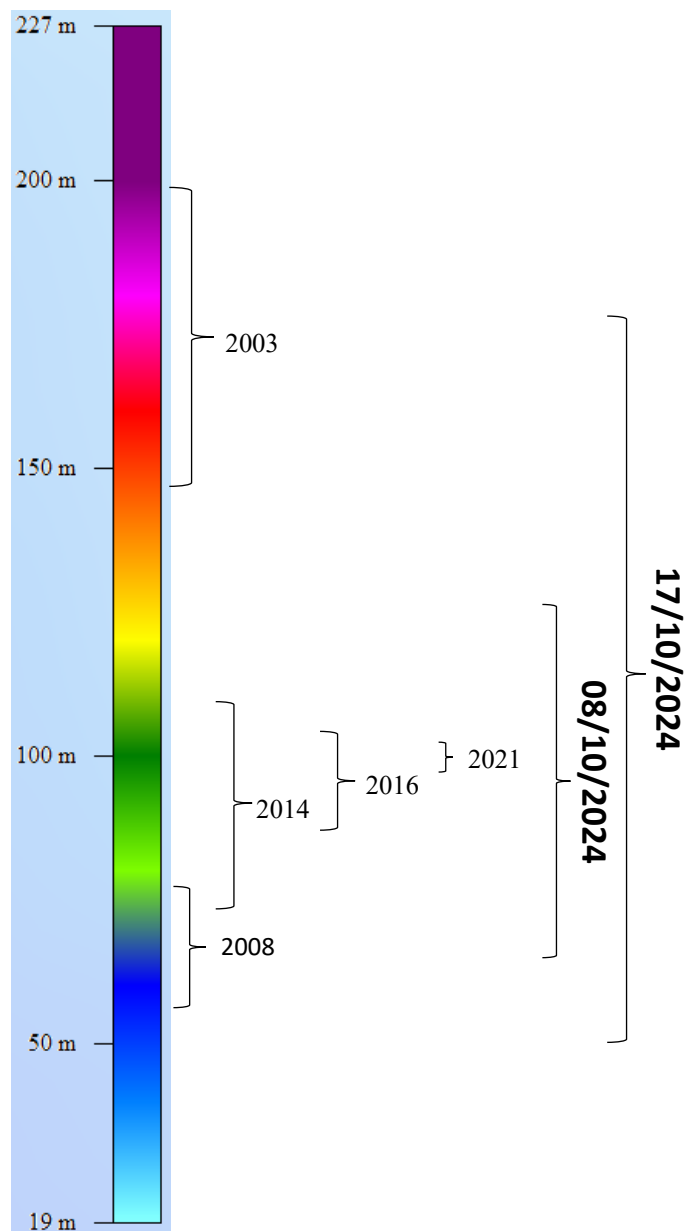
Figure 4-21 : Temps de retour de la crue du 17 octobre 2024

Chapitre 5

Comparaison avec les crues antérieures

5.1 Comparaison des cumuls pluviométriques des dernières importantes du Gier

La figure suivante présente une comparaison entre les pluies du 8 et 17 octobre et les pluies d'événements intenses recensés sur le BV du Gier.



Le tableau suivant présente une comparaison des événements de crue en terme de cumuls et d'hétérogénéité des pluies sur la zone d'étude.

Tableau 5-1 : Comparaison des cumuls pluies intenses des dernières crues du Gier

Cumul (mm)	2003	2008	2014	2016	2021	08-oct-24	17-oct-24
Cumul moyen	171	71	92	103	104	95	121
Cumul mini	145	62	73	91	101	63	54
Cumul maxi	198	79	113	111	110	122	175
Différence maxi / mini	53	17	40	20	9	59	121
Rapport maxi/mini	1.4	1.3	1.5	1.2	1.1	1.9	3.2

5.2 Comparaison des débits de crue du Gier

Le tableau suivant compare les débits des dernières crues importantes du Gier au niveau des stations hydrométriques de Rive-de-Gier et de Givors. La crue du 17 octobre 2024 est la plus importante enregistrée à ces stations. Elle dépasse largement la dernière crue majeure de décembre 2003.

Tableau 5-2 : Débits des dernières crues du Gier

Date de la crue	Débit à la station hydrométrique de Rive de Gier (m³/s)	Débit à la station hydrométrique de Givors (m³/s)
2 décembre 2003	213	372
2 novembre 2008	213	331
4 novembre 2014	171	280
22 novembre 2016	191	271
11 mai 2021	129	183
8 octobre 2024	93	111
17 octobre 2024	335 (Valeur DREAL) 392 (Estimation laisse de crue)	454