



*Liberté • Égalité • Fraternité*  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

## Direction Départementale des Territoires du Puy de Dôme

---

### Définition et cartographie de l'aléa inondation sur le territoire à risque important d'inondation CLERMONT-FERRAND - RIOM

#### **Volet hydraulique**

01630296-01630297 | Avril 2015 |







hydratec

setec

Immeuble Le Crystallin  
191/193 cours Lafayette  
CS 20 087  
69458 LYON CEDEX 06  
T. +33(0)4 27 85 48 80  
F. +33(0)4 27 85 48 81

Directeur d'affaire : MUF

Responsable d'affaire : DUC

N°affaire : 01630296 - 01630297

Fichier : 30296-30297\_Rapport\_hydraulique\_VF.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	04/2015	DUC	MUF	77	



## TABLE DES MATIÈRES

1	PREAMBULE .....	8
2	PRESENTATION DU LOGICIEL DE MODELISATION.....	10
2.1	Généralités.....	10
2.2	Présentation du logiciel .....	10
2.2.1	Architecture du logiciel .....	10
2.2.2	Découpage en sous modèles.....	12
2.2.3	Principes de modélisation .....	13
2.2.4	Traçabilité .....	14
2.3	Présentation des schémas de modélisation.....	15
2.3.1	Schématisation filaire .....	15
2.3.2	Schématisation casiers .....	17
2.3.3	Schématisation bi-dimensionnelle (2D) .....	19
2.3.4	Schématisation bi-dimensionnelle en zone urbaine dense (ZUI).....	21
2.3.5	Les liaisons latérales .....	21
2.3.6	Couplage 1D-2D.....	22
2.4	Modélisation des ouvrages hydrauliques .....	24
2.4.1	Ouvrages de franchissement .....	24
2.4.2	Ouvrages souterrains.....	25
2.4.3	Seuils et vannages .....	25
2.5	Conditions aux limites.....	25
3	MODELISATION HYDRAULIQUE DES COURS D'EAU DE L'AGGLOMERATION DE CLERMONT-FERRAND .....	27
3.1	Données topographiques .....	27
3.2	Architecture du modèle.....	27
3.2.1	Description générale .....	27
3.2.2	Les bassins d'orage .....	29
4	MODELISATION HYDRAULIQUE SUR L'AGGLOMERATION DE RIOM .....	32
4.1	Données topographiques .....	32
4.1.1	Description générale .....	32
4.1.2	Les bassins d'orage .....	34
5	CALAGE.....	36
5.1	Paramètres de calage .....	36
5.2	Résultats de calage .....	37
6	LES CARTOGRAPHIES DES ZONES INONDABLES.....	40

6.1	Cartographie des surfaces inondables dans le cadre de la directive inondation .....	40
6.2	Cartographie de l'aléa de référence de PPRNPi.....	41
6.3	Prise en compte des infrastructures routières et ferroviaires en remblai .....	42
6.3.1	Scénario de crue trentennale :.....	42
6.3.2	Scénario de crue centennale et millennale :.....	42
7	APPROFONDISSEMENT DE LA CONNAISSANCE DU RISQUE INONDATION .....	45
7.1	Simulation des crues décennale et cinquennale.....	45
7.2	Analyse du fonctionnement des ouvrages de franchissement .....	45
7.3	Scénarios d'embâcles .....	50
7.3.1	Principe.....	50
7.3.2	Analyse.....	50
7.3.3	Scénarios d'effacement.....	61
7.4	Définition des durées de submersion .....	67

## ANNEXES

Annexe 1 Liste des ouvrages de franchissement en charge pour la crue décennale

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : découpage du territoire en trois sous modèles	12
Figure 2 - Schématisation de la vallée : coupe transversale	15
Figure 3 - Schématisation d'un domaine filaire maillé	17
Figure 4 : Modélisation des secteurs d'urbanisation dense sous Hydrariv (1D, 2D et ZUI)	21
Figure 5 : plan de situation des conditions limites des modèles hydrauliques	26
Figure 6 : plan de localisation des linéaires de cours d'eau modélisés sur l'agglomération de Clermont-Ferrand	28
Figure 7 : plan de localisation des linéaires de cours d'eau modélisés sur l'agglomération de Riom	33
Figure 8 : débordements calculés pour l'événement d'août 2013 à Saint Alyre (Clermont Ferrand)	38
Figure 9 : débordements calculés pour l'événement d'août 2013 à Gerzat	38
Figure 10 : débordements calculés pour l'événement d'août 2013 à Mozac	39
Figure 11 : Analyse du fonctionnement des ouvrages de l'agglomération de Clermont-Ferrand	47
Figure 12 : Analyse du fonctionnement des ouvrages de l'agglomération de Riom	49
Figure 13 : Scénario d'embâcles de l'agglomération de Clermont-Ferrand	53
Figure 14 : Scénario d'embâcles de l'agglomération de Riom	55
Figure 15 : Incidence des scénarios d'embâcles sur la crue centennale sans effacement – agglomération de Clermont-Ferrand	57
Figure 16 : Incidence des scénarios d'embâcles sur la crue centennale sans effacement - agglomération de Riom	59
Figure 17 : impact des scénarios d'effacement des remblais - agglomération de Clermont-Ferrand	63
Figure 18 : impact des scénarios d'effacement des remblais - agglomération de Riom	65
Figure 19 : Durées de submersion de la crue centennale de l'agglomération de Clermont-Ferrand	69
Figure 20 : Durées de submersion de la crue centennale de l'agglomération de Riom	71

# 1 PREAMBULE

Ce rapport correspond au volet hydraulique de l'étude de Définition et cartographie de l'aléa inondation sur le territoire à risque important d'inondation de Clermont Ferrand – Riom, dont les objectifs sont :

- de définir les limites de la zone inondable pour différents scénarios de crues par débordement des cours d'eau du périmètre d'étude : crues fréquentes (périodes de retour 10, 30, 50 ans), de référence (100 ans) et exceptionnelles (1000 ans)
- de définir les cotes d'eau, les vitesses d'écoulement et les temps de submersion en tout point du périmètre d'étude pour les différents scénarios de crues,
- d'approfondir la connaissance du risque inondation en évaluant notamment les incidences à attendre de défaillances d'ouvrages.

Ces éléments permettent d'établir les cartes d'aléa du projet de PPRI ainsi que les cartes des surfaces inondables du TRI de Clermont-Ferrand Riom.

L'étude hydraulique s'appuie sur la construction, le calage et l'exploitation de modèles numériques d'écoulements.

Les modèles permettent de représenter précisément les conditions d'écoulements pour différentes situations hydrologiques ; ils s'appuient sur une connaissance fine du territoire :

- un Modèle Numérique de Terrain (MNT) obtenu par méthode LIDAR, qui permet de définir de manière performante (précision altimétrique de 10 cm, précision planimétrique de 20 cm) les côtes du terrain naturel,
- des levés topographiques complémentaires au sol (profils en travers des cours d'eau, ouvrages hydrauliques, ...),
- des enquêtes de terrain, permettant d'apprécier les conditions réelles d'écoulement.

Ce volet hydraulique fait suite au volet hydrologique, qui a permis de définir des données hydrologiques fiables et cohérentes à l'échelle des bassins versants étudiés, constituant les débits d'entrée des modèles hydrauliques pour les différentes périodes de retour étudiées.

Liste des pièces graphiques annexées au présent rapport :

- Concernant chaque agglomération :
  - Atlas de l'architecture du modèle hydraulique (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas de l'aléa de la crue centennale (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue décennale (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue trentennale (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue cinquantennale (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue centennale sans effacement d'ouvrages (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue centennale avec effacement d'ouvrages,
  - Atlas des surfaces inondables : crue centennale (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue millennale sans effacement d'ouvrages (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue millennale avec effacement d'ouvrages (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas des surfaces inondables : crue millennale (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>),
  - Atlas de l'emprise des surfaces inondables des crues d'occurrence 10 ans à 1000 ans (A3 au 1/5000<sup>ème</sup>).
- Concernant les deux agglomérations :
  - Carte d'impact des scénarios d'embâcles sur la crue de période de retour 100 ans (A0 au 1/25000<sup>ème</sup>),
  - Carte d'impact du scénario d'effacement des remblais sur la crue de période de retour 100 ans (A0 au 1/25000<sup>ème</sup>),
  - Carte des durées de submersion de la crue de période de retour 100 ans (A0 au 1/25000<sup>ème</sup>).

## 2 PRESENTATION DU LOGICIEL DE MODELISATION

### 2.1 GENERALITES

Un modèle numérique des écoulements a été élaboré à partir des levés topographiques mis à disposition et les compléments réalisés dans le cadre de l'étude, avec le logiciel dédié à l'hydraulique fluviale HYDRARIV. Cet outil a été utilisé pour la réalisation des cartes de l'aléa inondation sur de nombreux cours d'eau.

### 2.2 PRESENTATION DU LOGICIEL

HYDRARIV est un logiciel général de simulation dynamique des écoulements dans les cours d'eau et les vallées inondables, permettant également l'intégration de collecteurs souterrains et le couplage avec les écoulements de surface.

Il possède une gamme très étendue de fonctionnalités, forgées par l'expérience et les besoins ressentis par HYDRATEC en matière d'aménagements de cours d'eau, qui se traduit notamment par des schémas de représentations qui peuvent être différents d'un secteur géographique à l'autre, tout en coexistant dans un même modèle : représentation filaire (écoulements de surface ou souterrains), découpage en casiers, maillages bidimensionnels, écoulements en secteurs urbains denses.

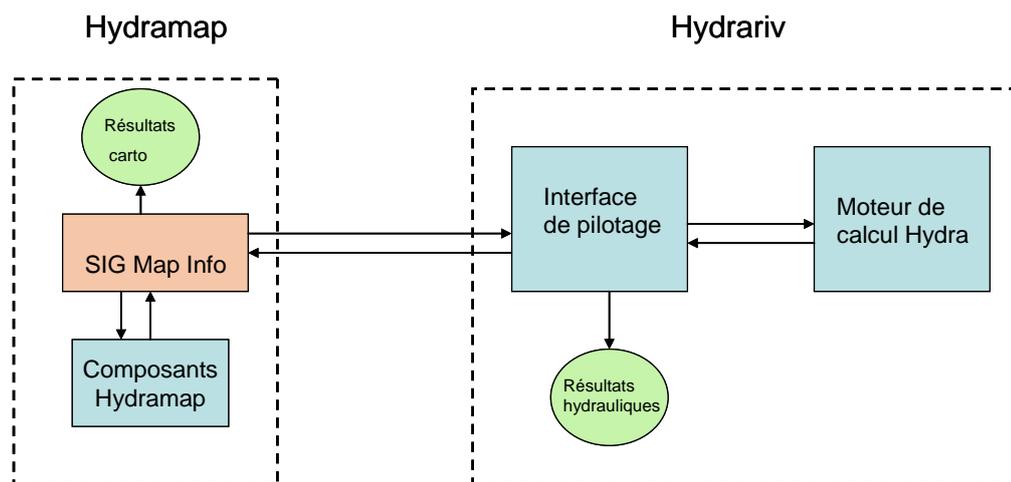
Les très nombreuses observations disponibles sur les écoulements de crues dans les vallées inondables témoignent de la grande complexité des phénomènes hydrauliques à l'échelle locale : chenaux préférentiels d'écoulement induits par la microtopographie, zones d'accumulation, lois d'échanges conditionnées par la topographie, mais aussi les nombreux obstacles implantés dans le lit majeur : routes, voies SNCF, levées de terres, remblaiements, gravières, etc.

Ces phénomènes ne peuvent être appréhendés que par une démarche simplificatrice, nécessaire pour limiter les temps de calcul et disposer d'un outil de simulation opérationnel, mais cependant cohérente par rapport aux objectifs assignés au modèle et aussi à la précision des données disponibles.

Hydrariv propose ainsi différents schémas de modélisation permettant de répondre à ces objectifs.

#### 2.2.1 Architecture du logiciel

HYDRARIV est articulé autour des blocs fonctionnels schématisés sur la figure ci-dessous.



Le logiciel HYDRARIV proprement dit comprend une interface de pilotage graphique et un moteur de calcul composé de la chaîne de simulation Hydra.

L'interface remplit les fonctions principales suivantes :

- importation de données externes générées par d'autres applicatifs tels que les SIG,
- génération, éditions des entités de modélisation,
- paramétrage des scénarios,
- pilotage et contrôle des calculs de simulation. Ces derniers sont réalisés en sous tâche par la chaîne de simulation Hydra et sont totalement transparents pour l'utilisation,
- Exploitation des résultats hydrauliques à partir des fichiers de résultats bruts produits par Hydra : courbes  $x(t)$ , profils en long, cartes bi dimensionnelles d'écoulement,
- Conditionnement et exportation de fichiers résultats au format MIF/MID en vue d'un post-traitement cartographique par un SIG, couplé à un M.N.T.

L'application Hydrimap permet notamment d'effectuer des traitements de masse de données topographiques nécessaires à la définition des paramètres géométriques des objets de modélisation.

Hydrimap est formé par la juxtaposition de deux applicatifs :

- le SIG Map Info,
- une bibliothèque de composants dédiés à l'application HYDRARIV, permettant de transformer des données topographiques brutes en entités de modélisation, telles qu'un maillage bi-dimensionnel, la génération de liaisons par lots, le calcul de courbes de remplissage cote-surface dans les casiers, la génération de profils en travers, etc ...

Les tables créées sous Hydrimap sont ensuite exportées vers HYDRARIV pour venir enrichir un modèle existant, ou même de créer l'ossature d'un modèle qui est ensuite affiné et enrichi à l'aide des fonctionnalités disponibles dans HYDRARIV.

## 2.2.2 Découpage en sous modèles

Le logiciel HYDRARIV permet de construire des sous modèles séparés et de les raccorder pour la phase de calcul ; les sous modèles n'en constituent alors plus qu'un seul pour la simulation des différents scénarios et la production des cartographies associées.

Ces possibilités sont exploitées pour l'élaboration de modèles complexes nécessitant une sous structuration par cours d'eau et/ou le travail de plusieurs équipes en parallèle.

Dans le cadre de cette étude, trois sous modèles sont ainsi construits, deux sur l'agglomération de Clermont Ferrand (CLAM et CLAV), et un sur l'agglomération de Riom (RIOM). Les modèles de l'agglomération de Clermont Ferrand sont assemblés lors de la phase de calcul, pour n'en constituer plus qu'un seul, tandis que celui de l'agglomération de Riom tourne indépendamment des deux autres ; la connexion hydraulique se situe en effet sur le Bédât, en aval du territoire d'étude délimité par l'emprise du Territoire à Risque Important d'Inondation.

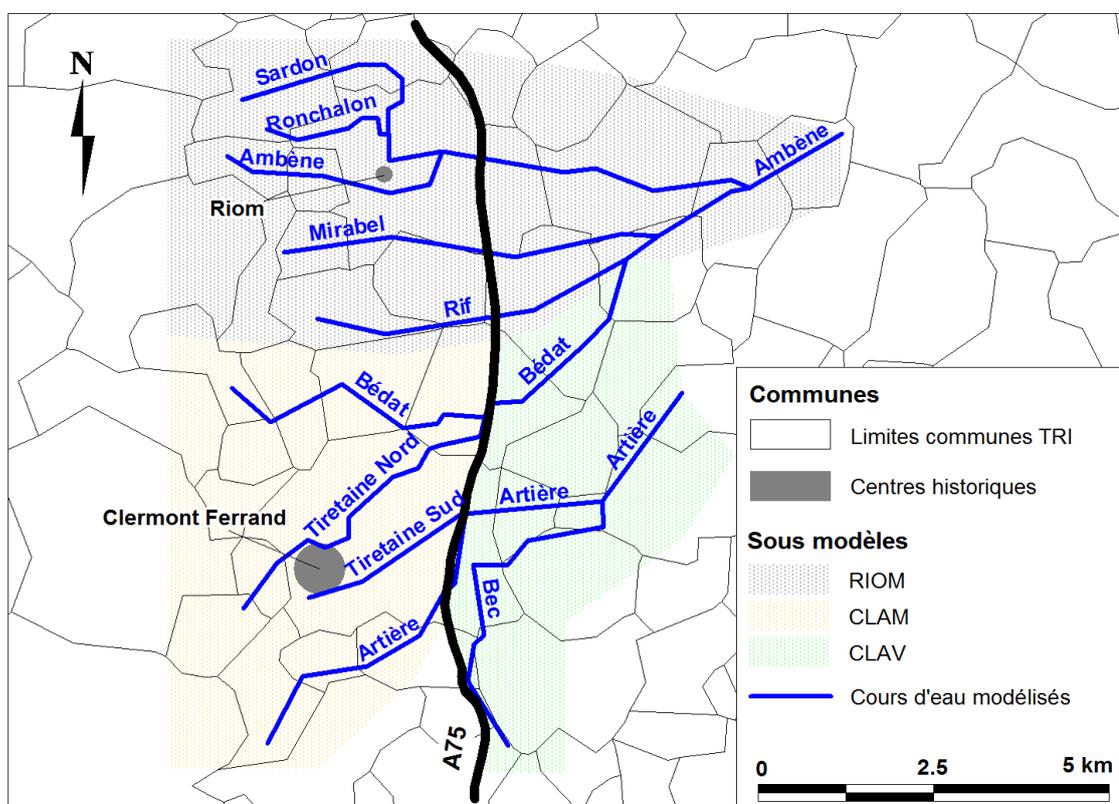


Figure 1 : découpage du territoire en trois sous modèles

Ce module de « complexe de réseaux » présente en outre le grand avantage d'alléger considérablement l'exploitation du modèle global et de ne s'intéresser si on le souhaite qu'à un sous-système hydraulique donné.

## 2.2.3 Principes de modélisation

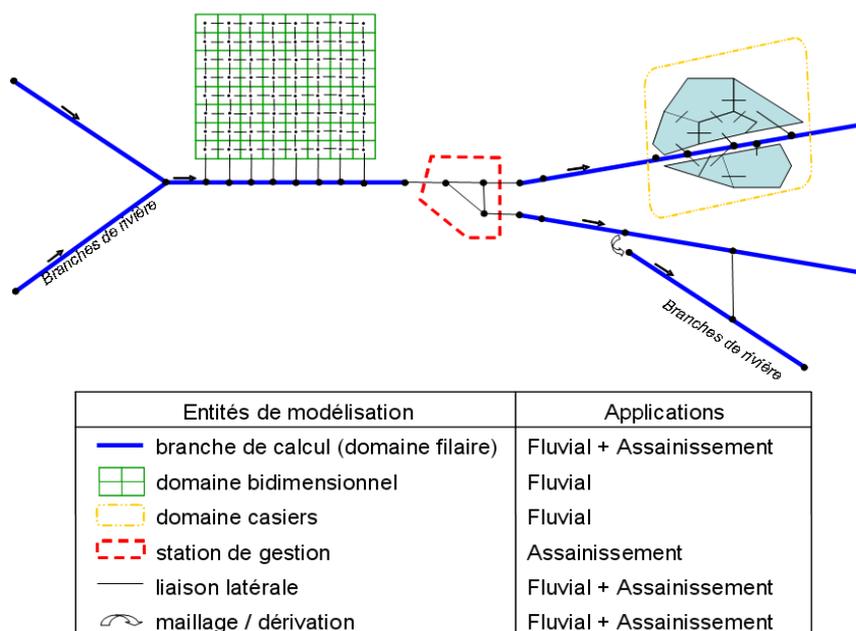
Hydrariv offre au modélisateur différents schémas de modélisation, définis en détail au §2.3 :

- Filaire (1D),
- Casier,
- Bidimensionnel (2D),
- Zones urbaines inondables (ZUI).

La connexion des différents domaines de modélisation (filaire, casier, bi dimensionnel et ZUI) est assurée par les liaisons latérales, de natures différentes selon la topographie ou le type d'ouvrage.

En complément de ces différents schémas de modélisation, les « stations de gestion » permettent de représenter des ouvrages plus ou moins complexes par le biais de liaisons hydrauliques reliant des nœuds de calcul extérieurs aux domaines pré-cités.

La figure ci-après illustre les différents domaines pouvant co-exister dans un même sous modèle.



Hydrariv dispose d'une fonctionnalité dite de « **Configurations** » qui permet de générer et de tracer des scénarios impliquant des modifications de paramètres géométriques, topographiques et hydrauliques attachées aux objets de modélisation d'un modèle hydraulique donné : coefficients de frottements, cotes de digues, sections de lit mineur, ouverture d'ouvrages hydrauliques, ...

Hydrariv dispose également d'un module de **gestion de contrôle et de régulation des ouvrages** hydrauliques. Les ouvrages hydrauliques ponctuels modélisés dans Hydrariv sont paramétrés par défaut dans l'interface de façon à fonctionner en mode local : le plupart des actionneurs sont fixes, d'autres sont mobiles et régulés par rapport à une consigne de déplacement, de niveau ou de débit. L'état des variables géométriques et les consignes de gestion de l'ensemble de ces ouvrages peuvent également être pilotées par un fichier externe contenant un script de programmation plus ou moins complexe

totalemment interactif avec les algorithmes de calcul hydrauliques du noyau de calcul d'Hydrariv. Cette possibilité permet de prendre en compte des systèmes d'asservissement complexes, faisant intervenir tout un ensemble de paramètres d'état du système et d'actionneurs, pour lesquels la régulation locale n'est plus adaptée.

#### 2.2.4 Traçabilité

Hydrariv dispose des fonctionnalités de gestion des scénarios de calcul **garantissant la totale traçabilité des simulations effectuées** ; la topologie du modèle et l'ensemble des paramètres de chaque scénario sont intégrés dans un fichier unique : paramètres numériques, fichiers externes de définition des hydrogrammes d'entrée, ... La gestion des répertoires de stockage des résultats de calcul pour chaque scénario est automatisée, assurant un lien direct entre le fichier « modèle » et les résultats des différents scénarios de calcul.



Le modèle filaire se construit à partir de profils en travers. L'hydraulicien synthétise avec 14 points, les profils en travers levés par le géomètre. Il interpole des profils supplémentaires pour rester fidèle à la géométrie du lit du fleuve.

Les équations résolues sont données ci-après.

### Equations de Barré-de-Saint-Venant :

**Continuité :** 
$$\frac{\partial}{\partial t} \left( S_m + \frac{S_M}{s} \right) + \frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{q_l}{s} + q_a$$

**Quantité de mouvement :** 
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{d}{dx} \left( \beta \frac{Q^2}{S_m + S_M} \right) + g(S_m + S_M) \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{Q |Q|}{D^2} = 0$$

t : temps

s : coefficient de sinuosité

S<sub>m</sub> : surface de la section mouillée du lit mineur

S<sub>M</sub> : surface de la section mouillée du lit majeur actif

D : débitance =  $S_m K_m R_m^{2/3} + \sqrt{s} S_M K_M R_M^{2/3}$

avec • K<sub>m</sub> et K<sub>M</sub> : Stricklers des lits mineur et majeur  
 • R<sub>m</sub> et R<sub>M</sub> : rayons hydrauliques des lits mineur et majeur

β : coefficient d'échange de quantité de mouvement entre lits mineur et majeur

$$\beta = \left( \frac{1}{S_M} + \frac{r^2}{S_m} \right) \left( \frac{S_m + S_M}{1 - \eta^2} \right)$$

$$\text{avec } \eta = \frac{Q_m}{Q_M} = \frac{S_m K_m R_m^{2/3}}{S_M K_M R_M^{2/3}}$$

q<sub>l</sub> : débit d'échange latéral

$$q_l = \mu \sqrt{2g} (Z - Z_d)^{3/2} \text{ en régime dénoyé}$$

$$q_l = \mu \sqrt{2g} (Z - Z_d) (Z - Z_1)^{1/2} \text{ en régime noyé}$$

- Les **singularités hydrauliques** ; sont classés dans cette catégorie tous les ouvrages hydrauliques apportant une modification à l'écoulement le long d'un tronçon de rivière, et plus généralement, le long d'une branche 1D. Par extension

une singularité est définie dans Hydrariv comme toute loi d'écoulement régie par des équations autres que celles du tronçon de vallée. Une singularité peut :

- être courte (localisée en un seul PK) ou longue (étendue entre un PK début et un PK fin le long d'une branche de calcul),
- se caractériser par une discontinuité de débit (hydrogramme d'apport ou dérivation), ou de cote piézométrique, ou les deux à la fois,
- être de type passif (ouvrage statique) ou actif (organe réglable).

Chaque branche est constituée en définitive d'une succession de points de calcul. A chaque point sont calculés une cote  $Z$  et un débit longitudinal  $Q$  le long de la branche. Ce débit est positif lorsque le courant s'écoule de l'amont vers l'aval de la branche, c'est-à-dire dans le sens croissant des PK. Il est négatif dans le cas contraire.

Chaque sous-réseau comprend une et une seule condition à la limite aval, définie au nœud aval par une relation de la forme :  $f(Q,Z) = 0$

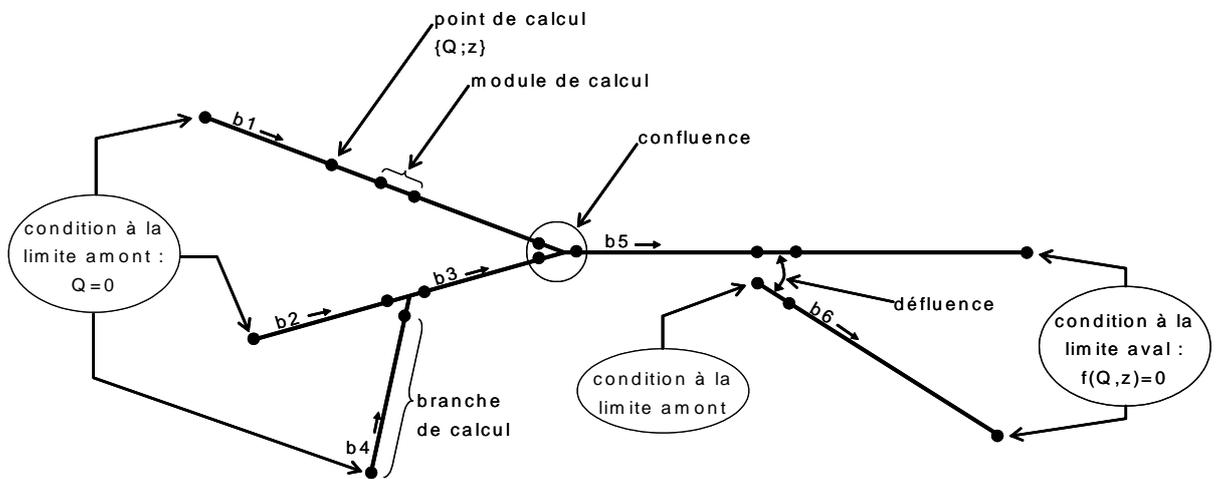


Figure 3 - Schématisation d'un domaine filaire maillé

### 2.3.2 Schématisation casiers

Le domaine casier est classiquement utilisé pour représenter les zones de stockage caractérisées par de faibles vitesses d'écoulement, situées à l'écart des écoulements dynamiques. Les limites des éléments casiers s'appuient généralement sur des limites physiques contraignant les écoulements (digues, remblais, ...). Il peut également être utilisé pour schématiser le lit majeur actif lorsque les objectifs de la modélisation ne nécessitent pas une représentation détaillée des conditions écoulement (vitesses, hauteurs d'eau, ...).

Le domaine « casier » comprend une collection de surfaces polygonales, ou casiers, chaque casier est converti en interne en un nœud de calcul caractérisé par :

- une cote d'eau  $Z$ ,
- une capacité de stockage décrite par une surface au miroir ou une courbe  $S(z)$ .

L'équation de base d'un casier exprime la loi de conservation de la masse :

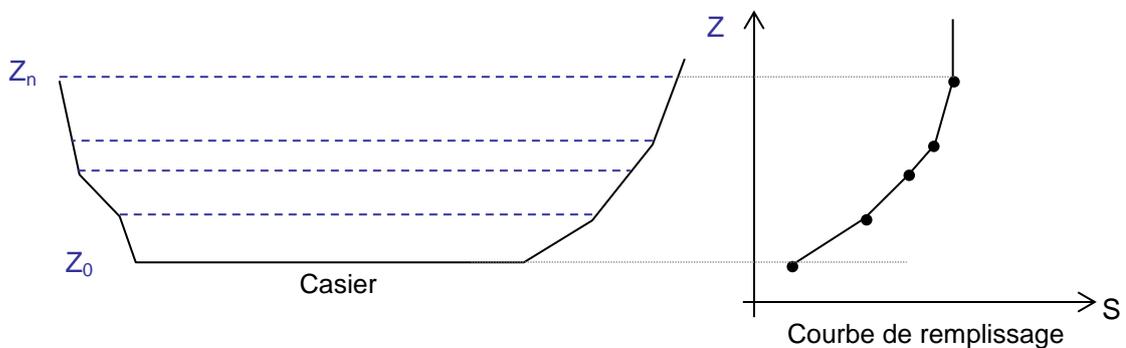
$$S \frac{dZ_c}{dt} = \sum_i q_{li}(z_c, z_i)$$

où : S : surface au miroir du casier

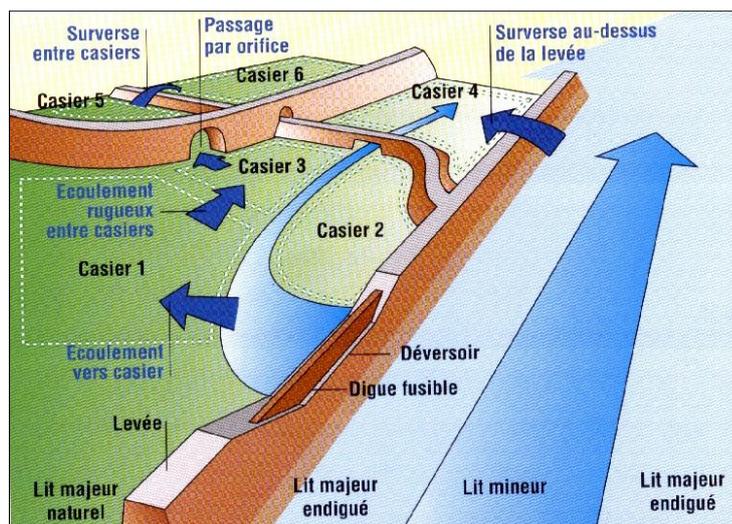
Z<sub>c</sub> : cote d'eau (supposée uniforme dans le casier)

q<sub>li</sub> : débit échangé avec un autre domaine. Les liaisons latérales disponibles sont de plusieurs types suivant la nature physique de la liaison : seuil, orifice, frottement sur le fond, écoulement poreux.

Chaque casier est défini géographiquement par ses contours qui correspondent, en général à des obstacles physiques influençant l'écoulement : levées, coteaux, routes, talus ... puis numériquement par sa superficie et par une courbe α(Z) où α est le pourcentage de la superficie du casier situé sous la cote Z.



La planimétrie générale du terrain est ainsi entrée dans le modèle ce qui définit le volume d'eau susceptible d'être stocké dans la zone inondée.



Les entrées et sorties d'eau pour un casier sont analysées et dimensionnées : des liaisons numériques sont définies pour représenter dans le modèle les échanges d'eau entre casiers.

### 2.3.3 Schématisation bi-dimensionnelle (2D)

Le domaine « pavé » comprend une collection de mailles quadrangulaires ou triangulaires, ou pavés, chaque pavé étant converti en interne en un nœud de calcul caractérisé par :

- une cote d'eau Z,
- les composantes  $u_x$  et  $u_y$  de la vitesse d'écoulement,
- une capacité de stockage décrite par une cote moyenne de fond  $Z_f$  et une surface S.

La modélisation bidimensionnelle repose sur la résolution des équations de Barré de Saint Venant à deux dimensions à l'aide d'une méthode de volumes finis : les inconnues sont la cote d'eau et la composante de la vitesse dans chaque direction, calculées au centroïde de la maille.

Les équations de base s'expriment sous la forme :

#### Continuité :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (uh) + \frac{\partial}{\partial y} (vh) = 0$$

#### Dynamiques selon x et y

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left( \frac{\partial z}{\partial x} + j_x \right) = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left( \frac{\partial z}{\partial y} + j_y \right) = 0$$

#### Avec :

- h : hauteur d'eau
- u, v : composante de la vitesse
- g : accélération de la gravité
- z : cote de la surface libre
- x, y : abscisse et ordonnée du point où sont définis (h, u, v)
- j : gradient de perte de charge engendré par le frottement

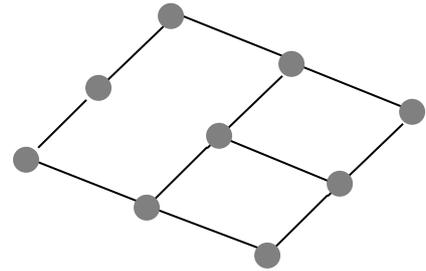
Les équations précédentes sont transformées dans le module 2D en intégrales de surface et sont discrétisées par la **méthode des volumes finis**.

Pour ce domaine le nombre de variables indépendantes au centroïde de chaque élément est égal à trois : h, u et v.

Le maillage proposé dans le module bidimensionnel est quadrangulaire et triangulaire. La densité et la taille moyenne des mailles sont adaptées en fonction de la cohérence de la précision des levés topographiques et des attendus du projet.

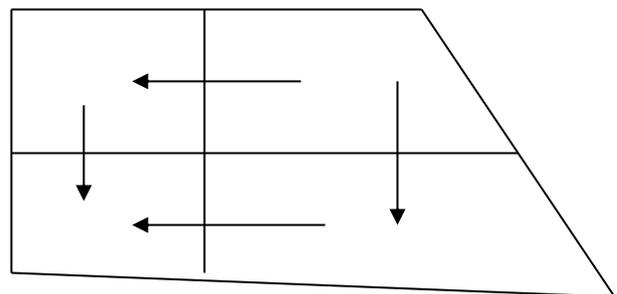
Le maillage proposé présente deux particularités :

- Il est déstructuré, c'est-à-dire que les frontières de chaque maille ont des directions quelconques : elles s'appuient sur les rives du cours d'eau, le long des obstacles dans le lit majeur,
- Il est possible de partager une frontière entre plus de deux éléments (cf. ci-contre).



Cette souplesse permet de facilement traiter les situations géométriques les plus complexes.

Les frontières entre deux mailles contigües sont traversées par des liaisons d'échanges hydrauliques qui découlent de la discrétisation des deux équations ci-dessus.



La grande majorité de ces liaisons sont intérieures au domaine 2D : elles sont régies par des lois d'échange satisfaisant les équations de Barré de St Venant en deux dimensions ; les vitesses sont calculées au centroïde de l'élément.

A chaque frontière on peut également renseigner une loi d'échange spécifique du type de celles disponibles pour le domaine casier, dans le cas d'un obstacle régi par une loi de singularité hydraulique spécifique.

On peut également spécifier des liaisons régies par des lois de singularités hydrauliques.

La méthode des volumes finis offre une grande souplesse dans la définition du maillage, ce qui lui confère un avantage certain compte tenu des nombreuses lignes de fractures (obstacles en ligne) présentes dans les plaines alluviales.

Le maillage s'appuie notamment sur des limites physiques contraignant les écoulements (digues, remblais, ...), la taille des mailles étant définie par le modélisateur en fonction de la précision attendue et de la morphologie de la vallée.

Les singularités ponctuelles au droit des franchissements routiers ou ferrés sont schématisées par des liaisons spécifiques reliant les mailles amont et aval :

- des lois d'orifice pour les buses et les ponceaux de décharge,
- des lois de seuil pour les routes, chemins, digues, murets, ... submersibles.

### 2.3.4 Schématisation bi-dimensionnelle en zone urbaine dense (ZUI)

Sur les secteurs présentant une urbanisation dense et régulière (structurée par un réseau de voiries régulier), notamment dans les centres-villes des différentes communes, un schéma de modélisation bidimensionnelle diffusif spécifique est mis en œuvre en lieu et place d'une modélisation en mailles 2D.

Ce schéma permet de représenter la capacité d'écoulement des voiries (en rouge sur le schéma ci-après) et le rôle de stockage des îlots de bâtiments (mailles orange). Cette méthodologie permet une représentation fine des vitesses d'écoulement sur les voiries (axes préférentiels d'écoulements) et des cotes d'inondation associées.

Le schéma ci-après présente ce mode de représentation dans l'environnement d'HydraRiv.

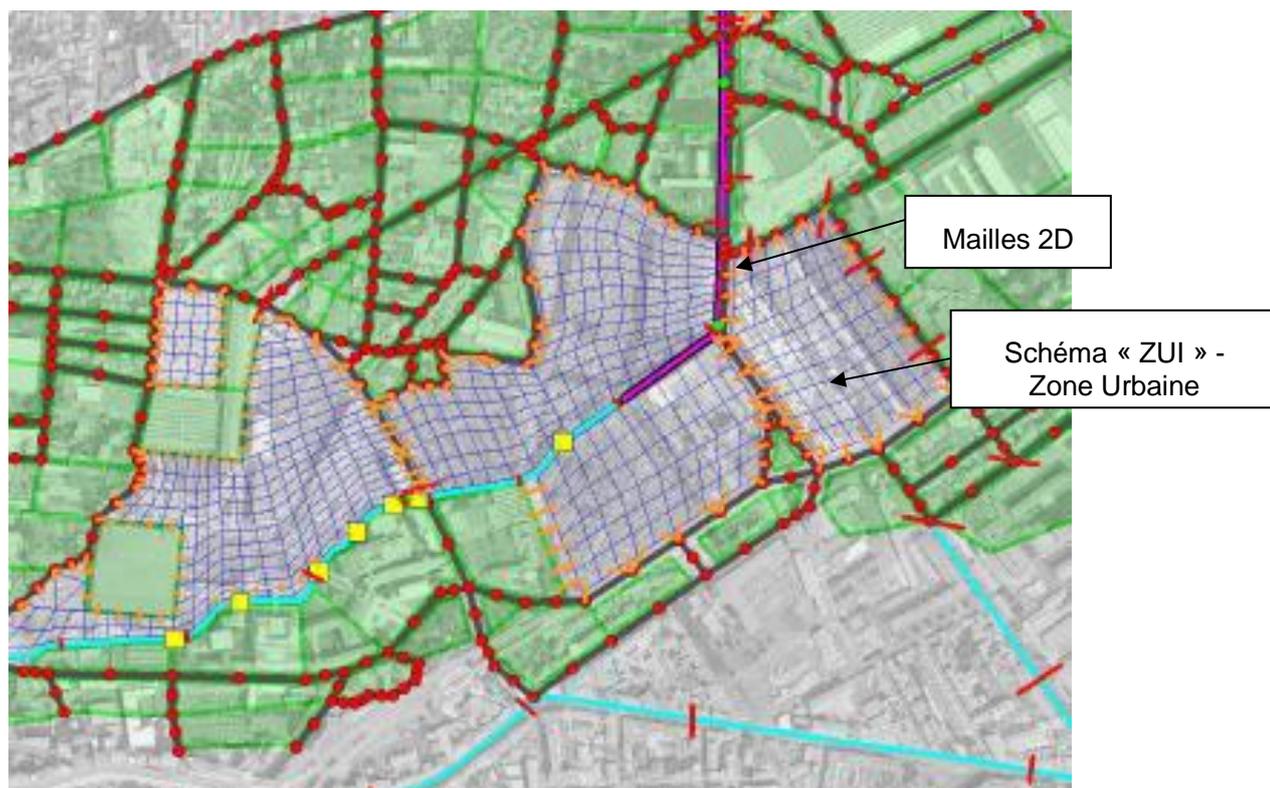


Figure 4 : Modélisation des secteurs d'urbanisation dense sous HydraRiv (1D, 2D et ZUI)

### 2.3.5 Les liaisons latérales

**Les liaisons latérales** symbolisent des relations de transfert de débit entre des nœuds de calcul attachés aux éléments des différents domaines. L'équation associée à chaque liaison est de la forme :

$f(Q_L, Z_1, Z_2)$  où  $Q_L$  est le débit d'échange entre les nœuds 1 et 2,

$Z_1$  et  $Z_2$  sont les cotes d'eau aux nœuds 1 et 2 respectivement,

$f$  est une fonction spécifique à la nature hydraulique de la liaison : seuil, orifice, poreuse, ...

Dans le cas d'une liaison uninodale, la relation est de la forme :  $g(Q_L, Z_1) = 0$ . La liaison s'apparente alors à une condition à la limite appliquée au nœud 1.

Les principales liaisons hydrauliques binodales sont les suivantes :

- **La loi de surverse (LDEV)** : débordement au-dessus d'une levée ou d'un talus. La liaison est calée au niveau de l'arase du point bas de la levée ou de la banquette. Les débits susceptibles d'entrer dans le val sont calculés par une loi de type déversement simple fonction de la cote d'arase, de la largeur de la zone basse et du coefficient de seuil.
- **La loi d'orifice (LORF)** : La liaison simule un passage par une ouverture quelconque : buse, dalot ou pont. Elle est représentée par les dimensions de l'orifice et les coefficients de seuil et d'orifice.
- **L'écoulement rugueux (LSTK)** : de casier à casier, l'eau coule sans obstacle précis, mais les forces de frottement de l'eau sur le terrain sont représentées. La liaison est définie par sa cote, sa largeur, un coefficient de rugosité et la distance entre casiers. La loi d'écoulement est régie pour cette liaison par l'équation :  
$$Q_{ij} = K * H_{ij}^{5/3} * l * \text{racine}((Z_i - Z_j)/L)$$
  
Où  $Q_{ij}$  est le débit d'échange entre les casiers,  $H_{ij}$  est la hauteur d'eau moyenne,  $Z_i$  et  $Z_j$  les cotes moyennes dans les casiers  $i$  et  $j$  respectivement et  $K$  est le coefficient de frottement de Strickler<sup>1</sup> sur le fond.
- **La brèche** : La liaison représente l'ouverture d'une brèche dans le calcul lorsque le niveau d'eau, calculé à un pas de temps, dépasse un niveau niveau altimétrique prédéfini (généralement le niveau de la levée ou de la digue). Ce type de liaison est défini par un seuil de déclenchement, une largeur, un seuil bas, un coefficient de seuil et un temps d'ouverture.

Deux nœuds de calcul peuvent être reliés par plusieurs liaisons.

### 2.3.6 Couplage 1D-2D

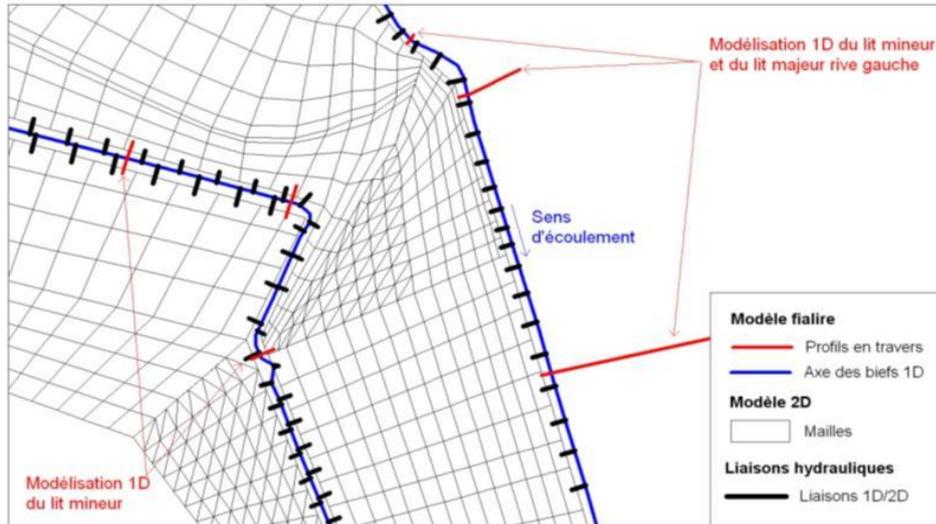
Hydrariv propose deux fonctionnalités de couplage des domaines 1D et 2D, basées sur la création de liaisons latérales entre les éléments de ces deux domaines. Les berges de chaque lit de cours d'eau sont connectées au domaine bidimensionnel par l'intermédiaire de liaisons spécifiques apparentées à des déversoirs, la cote et la largeur de chacune étant fonction du profil de la berge.

---

<sup>1</sup> Coefficient de Strickler : traduit le frottement du lit. Le frottement est d'autant plus important que le coefficient est faible.

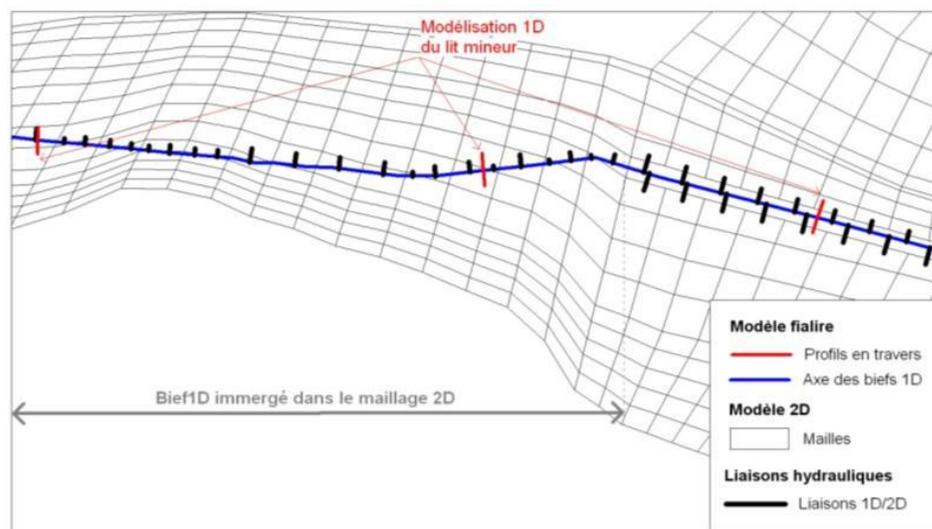
### a) Maillage 2D appuyé sur les limites du domaine 1D

Les liaisons latérales schématisent les capacités de débordement du bief 1D vers le maillage 2D à partir des caractéristiques géométriques de la berge considérée (altimétrie), de la géométrie de chacune des mailles (largeur de contact avec la berge) et de l'occupation du sol (frottement).



### b) Bief 1D immergé dans le maillage 2D

Le bief 1D intègre uniquement le lit mineur du cours d'eau concerné, et ne constitue pas une limite au maillage 2D ; les caractéristiques géométriques des liaisons du bief 1D vers les mailles 2D sont simplifiées : une liaison vers chaque maille traversée, celle-ci englobant la largeur de débordement des rives gauche et droite.



Cette représentation simplifiée est mise en œuvre lorsque la capacité du cours d'eau est faible et lorsque ses berges ne constituent pas un obstacle à l'écoulement des eaux en lit majeur (absence de digues) ; elle permet d'intégrer simplement à un maillage global du lit majeur la présence de petits cours d'eau ou fossés dont le rôle peut être important dans la dynamique d'écoulement des débordements du cours d'eau principal et le ressuyage du lit majeur.

Cette représentation permet également de coupler un réseau souterrain avec des écoulements de surface. Les débordements potentiels des réseaux sont représentés par des liaisons entre les biefs filaires souterrains et les mailles de surface, au droit des regards.

## 2.4 MODELISATION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Ce paragraphe présente les principes généraux de modélisation des principaux types d'ouvrages hydrauliques.

Certains points particuliers sont présentés plus en détail dans les chapitres spécifiques à chacun des modèles.

### 2.4.1 Ouvrages de franchissement

Les ouvrages de franchissement sont définis par les cotes de radier et de sous-poutre et la section totale.

Les pertes de charge sont calculées par une loi de seuil tant que l'ouvrage n'est pas en charge, et par une loi d'orifice dans le cas contraire.

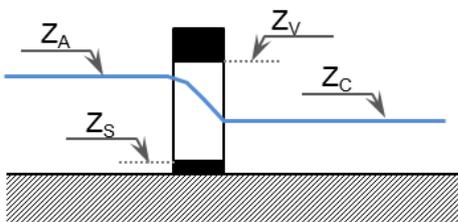
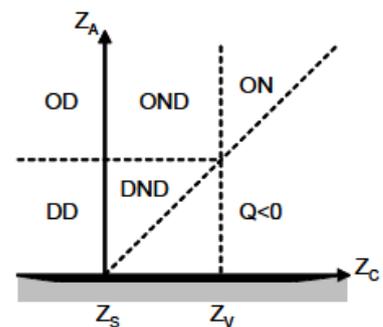


Schéma de fonctionnement



Régimes possibles d'écoulement

Régime d'écoulement	Désignation	Expression pour $f$
Déversoir dénoyé	DD	$f = C_D (Z_A - Z_S)^{3/2}$
Déversoir noyé – dénoyé	DND	$f = C_D (Z_A - Z_C)^{3/2} + C_N (Z_C - Z_S) (Z_A - Z_C)^{1/2}$
Orifice dénoyé	OD	$f = C_D (Z_A - Z_S)^{3/2} - C_D (Z_A - Z_V)^{3/2}$
Orifice noyé – dénoyé	OND	$f = C_D (Z_A - Z_C)^{3/2} - C_D (Z_A - Z_V)^{3/2} + C_N (Z_C - Z_S) (Z_A - Z_C)^{1/2}$
Orifice noyé	ON	$f = C_N (Z_A - Z_C)^{1/2} (Z_V - Z_S)$
avec $C_D = \frac{2}{3} \mu_D L \sqrt{2g}$ $C_N = \mu_N L \sqrt{2g}$		$\mu_D$ : coefficient en régime dénoyé (généralement = 0.6) $\mu_N$ : coefficient en régime noyé (généralement = 0.6)

### **2.4.2 Ouvrages souterrains**

Les collecteurs souterrains sont modélisés par des sections paramétriques fermées ; Hydrariv utilise la méthode de la fente de Preissmann pour résoudre les équations de Barré de Saint Venant.

Une perte de charge à l'entonnement est ajoutée, sous la même forme que les ouvrages de franchissement.

### **2.4.3 Seuils et vannages**

Les seuils frontaux et latéraux sont modélisés par des lois de seuil.

Les vannages sont modélisés par des lois mixtes seuil (tant que l'ouvrage n'est pas en charge) / orifice.

Ces ouvrages peuvent être asservis à une cote ou un débit de consigne.

## **2.5 CONDITIONS AUX LIMITES**

La condition limite amont des modèles hydrauliques est constituée des hydrogrammes des crues de projet définis par le modèle pluie-débit mis en œuvre lors de l'analyse hydrologique (cf. rapport d'étude hydrologie).

La condition limite aval correspond à la hauteur normale et se situe suffisamment loin en aval pour ne pas influencer les écoulements modélisés sur le territoire d'étude.

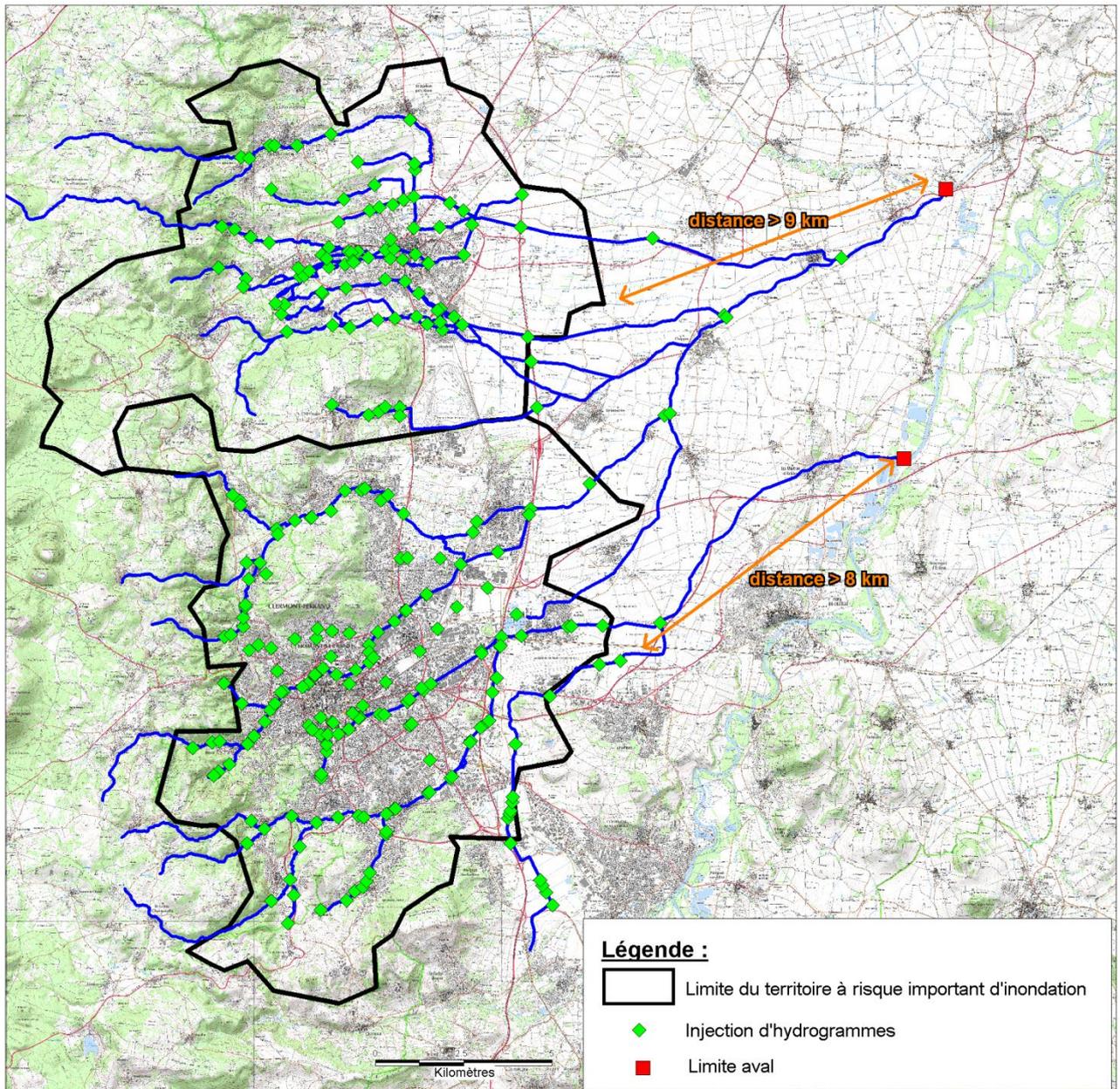


Figure 5 : plan de situation des conditions limites des modèles hydrauliques

### 3 MODELISATION HYDRAULIQUE DES COURS D'EAU DE L'AGGLOMERATION DE CLERMONT-FERRAND

#### 3.1 DONNEES TOPOGRAPHIQUES

- Une campagne de levés topographiques terrestres a été réalisée entre février et avril 2013 par SINTEGRA et a permis de lever :
  - 276 profils en travers,
  - 193 ouvrages de franchissement, avec une section du cours d'eau en amont,
  - et 16 ouvrages hydrauliques (seuils, vannages).
- Ces données ont été complétées par les données collectées dans la première phase d'étude :
  - données du SIAEC,
  - plan des réseaux de l'agglomération de Clermont Ferrand (collecteurs).

L'ensemble des données topographiques est présenté dans l'atlas des « données topographiques de l'agglomération clermontoise » annexées au rapport de connaissance du domaine d'étude.

#### 3.2 ARCHITECTURE DU MODELE

##### 3.2.1 Description générale

Le modèle hydraulique couvre l'ensemble des vallées identifiées sur le modèle numérique de terrain issu du levé LIDAR ; les linéaires de cours d'eau ainsi modélisés sont synthétisés dans le tableau et localisés sur la carte ci-après.

Cours d'eau et affluents	Linéaire modélisé (km)
Ruisseau de la Saussade	5.51
Bedat	23.52
Tiretaine Nord	32.98
Tiretaine Sud	18.52
Artière	34
Bec	12.77
Ruisseau des Ronzières	5.34

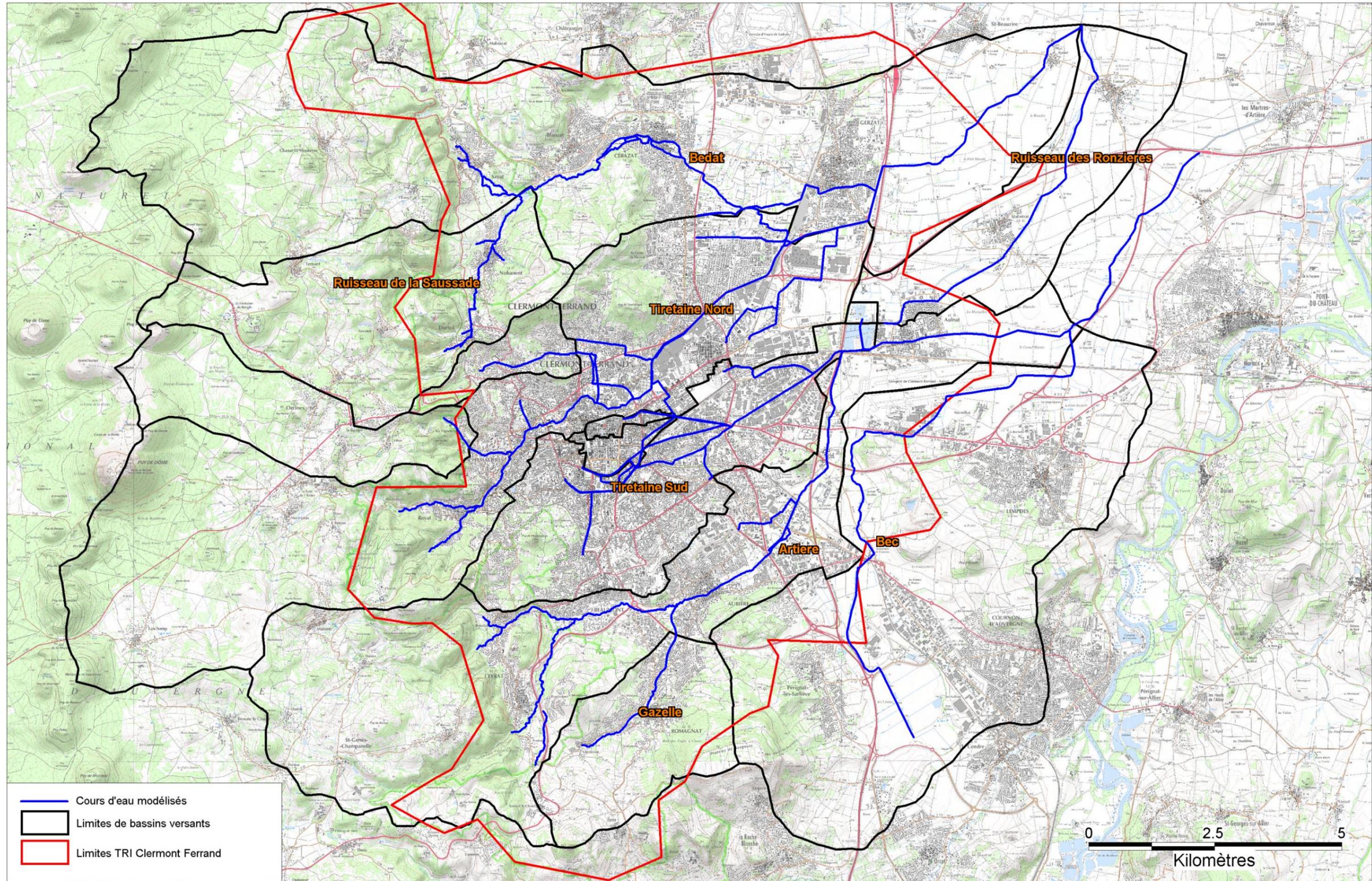


Figure 6 : plan de localisation des linéaires de cours d'eau modélisés sur l'agglomération de Clermont-Ferrand

La modélisation proposée est de type mixte filaire/2D/ZUI.

Les lits mineurs des cours d'eau sont systématiquement modélisés par une représentation filaire, qu'ils soient à ciel ouvert ou souterrain. Il en est de même pour les réseaux d'assainissement pluvial intégrés dans le modèle.

L'architecture du modèle est présentée dans l'atlas « architecture du modèle hydraulique de l'agglomération clermontoise » joint au présent rapport ; ce document comprend :

- Les schémas de modélisation mis en œuvre sur l'ensemble du territoire d'étude,
- Le réseau hydrographique modélisé, en distinguant les linéaires à ciel ouvert et souterrains (cours d'eau et réseaux d'assainissement pluvial ou unitaire),
- Les points d'injection de débit, issus de la modélisation hydrologique.

### 3.2.2 Les bassins d'orage

Les principaux bassins d'écrêtement des crues de l'agglomération clermontoise sont intégrés dans le modèle.

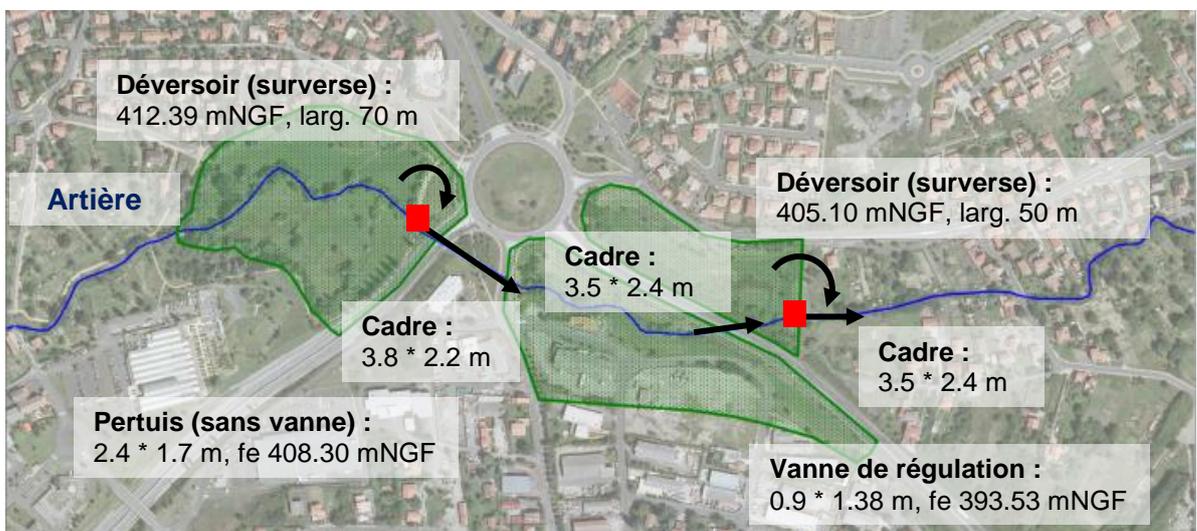
La capacité de stockage de ces ouvrages ne devant pas être prise en compte pour la cartographie de l'aléa réglementaire retenu pour l'élaboration du PPRI (crue centennale) et les cartes de surfaces inondables de la directive inondation (crues centennale et millénaire), ils sont considérés pleins au démarrage pour ces simulations. Ces hypothèses permettent d'intégrer le risque de défaillance des ouvrages ; leur incidence sur les crues fortes et exceptionnelles reste cependant très faible.

#### a) Bassins de Pourliat

Le bassin de Pourliat, situé sur l'Artière, est découpé en 3 sous-bassins :

- Bassin amont : 70 800 m<sup>3</sup>
- Bassins intermédiaire et aval : 52 600 m<sup>3</sup>

- : pertuis avec ou sans ouvrage de régulation  
↷ : déversoir

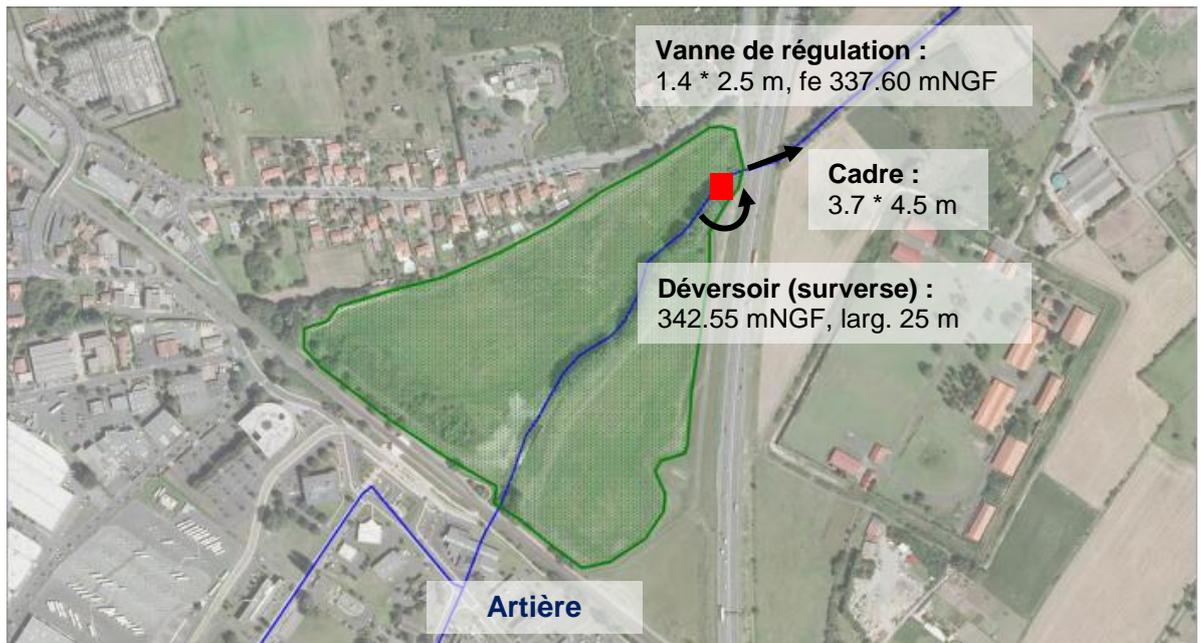


Le bassin amont s'appuie sur la RD2089 à l'est. Les bassins intermédiaires et aval fonctionnent ensemble et sont séparés par la RD2089. Le bassin aval s'appuie sur un remblai sur son côté est.

## b) Bassin de Crouel

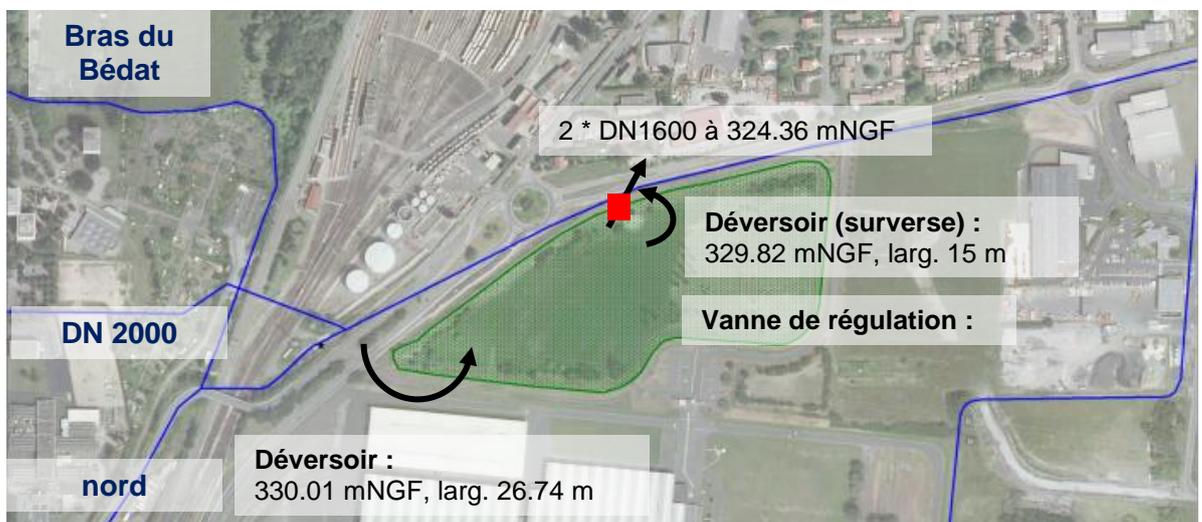
Le bassin de Crouel est également situé sur l'Artière. Il s'appuie sur une voie ferrée au sud, et sur l'A71 à l'est.

Il dispose d'un volume de stockage de 232 000 m<sup>3</sup>.



## c) Bassin de Chantemerle

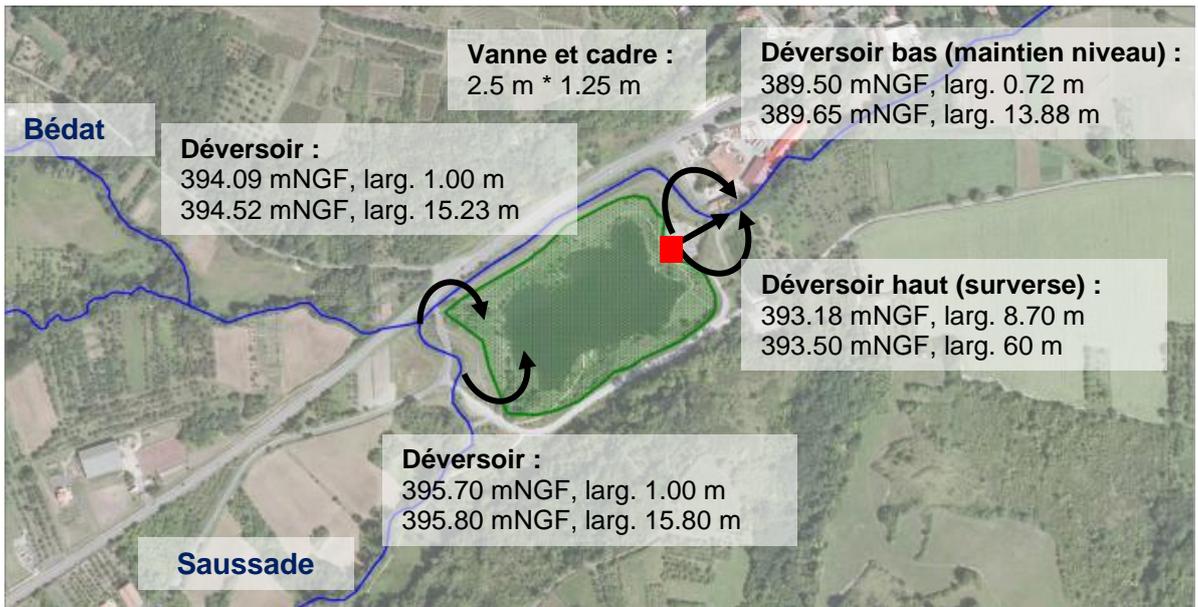
Le bassin de Chantemerle est situé en aval immédiat de la confluence entre le Bédât et la Tiretaine Sud. Il dispose d'un volume de stockage de 161 800 m<sup>3</sup>.



L'ouvrage de sortie du bassin est constitué d'une vanne de fond, asservie mécaniquement sur le niveau d'eau dans la Tiretaine, et d'un seuil de surverse situé à la cote 329.82 mNGF.

#### d) Bassin de Gerzat

Le bassin de Gerzat est situé sur le Bédât. Il dispose d'un volume de stockage de 102 000 m<sup>3</sup>.



## 4 MODELISATION HYDRAULIQUE SUR L'AGGLOMERATION DE RIOM

### 4.1 DONNEES TOPOGRAPHIQUES

- Une campagne de levés topographiques terrestres a été réalisée entre février et avril 2013 par ActivReseaux et a permis de lever :
  - 510 profils en travers,
  - 187 ouvrages de franchissement, avec une section du cours d'eau en amont,
  - 56 ouvrages hydrauliques (seuils, vannages).
- Viennent compléter les données collectées dans la première phase d'étude :
  - Etude d'assainissement pluvial du sud de l'agglomération de Riom réalisée par le CETE (1992),
  - Etude générale d'assainissement de la zone nord de Riom – Mozac réalisée par Merlin (1988),
  - Plans de réseaux fournis par la SEMERAP (datés du 29/03/2013).

L'ensemble des données topographiques est présenté dans l'atlas des « données topographiques de l'agglomération riomoise » joint au rapport de phase 1.

#### 4.1.1 Description générale

Le modèle hydraulique couvre l'ensemble des vallées identifiées sur le modèle numérique de terrain issu du levé LIDAR ; les linéaires de cours d'eau ainsi modélisés sont synthétisés dans le tableau et localisés sur la carte ci-après.

Cours d'eau et affluents	Linéaire modélisé (km)
Sardon	11.77
Chalusset	1.99
Ronchalon	4.76
Canal de Limagne	5.69
Ambène	26.02
Crouzol	11.85
Maréchat	16.28
Mirabel	21.48
Rif	8.68
Bedat	11.54

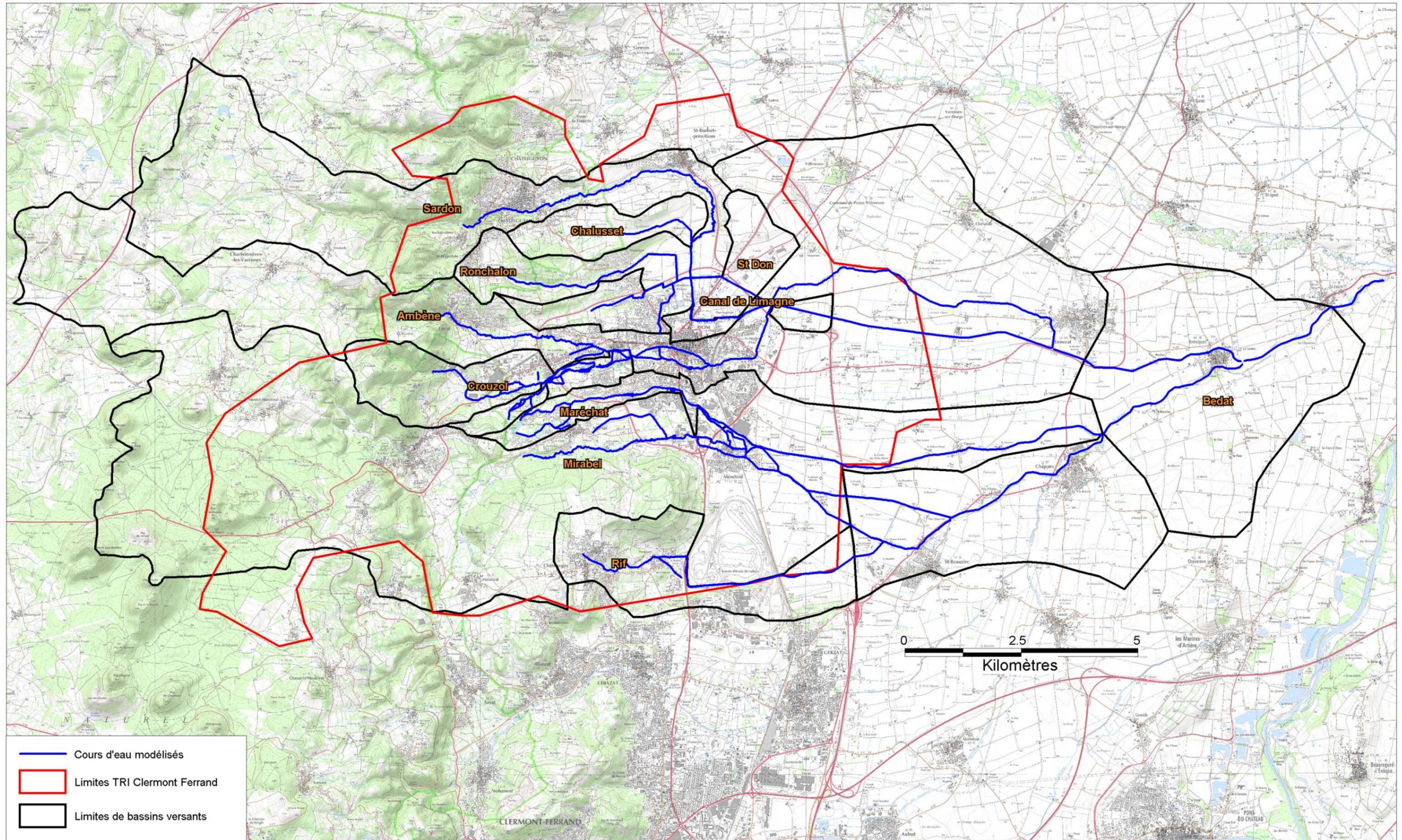


Figure 7 : plan de localisation des linéaires de cours d'eau modélisés sur l'agglomération de Riom

La modélisation proposée est de type mixte filaire/2D/ZUI.

Les lits mineurs des cours d'eau sont systématiquement modélisés par une représentation filaire, qu'ils soient à ciel ouvert ou souterrain. Il en est de même pour les réseaux d'assainissement pluvial intégrés dans le modèle.

L'architecture du modèle est présentée dans l'atlas « architecture du modèle hydraulique de l'agglomération riomoise » joint au présent rapport ; ce document comprend :

- Les schémas de modélisation mis en œuvre sur l'ensemble du territoire d'étude,
- Les linéaires de réseaux d'assainissement pluvial ou unitaire modélisés,
- Les points d'injection de débit, issus de la modélisation hydrologique.

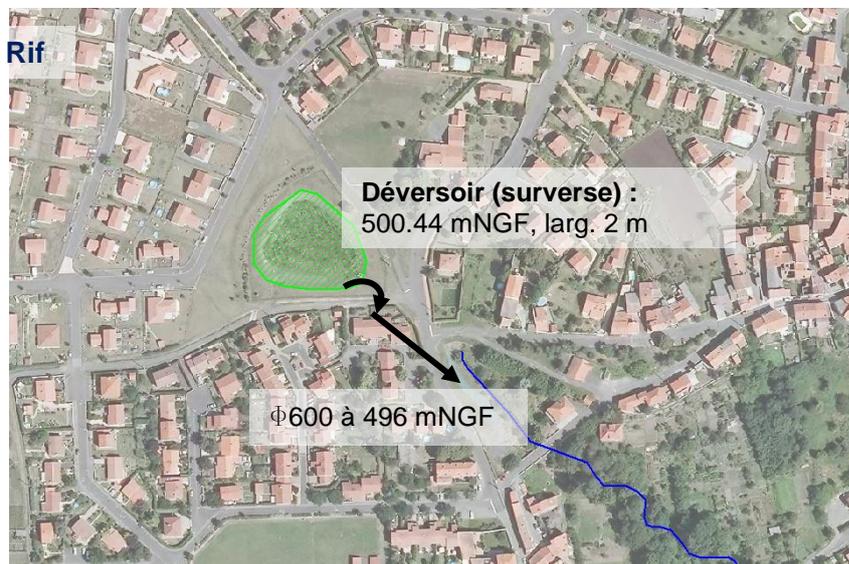
#### 4.1.2 Les bassins d'orage

Le modèle intègre les bassins d'orage susceptibles d'écrêter sensiblement les crues modélisées.

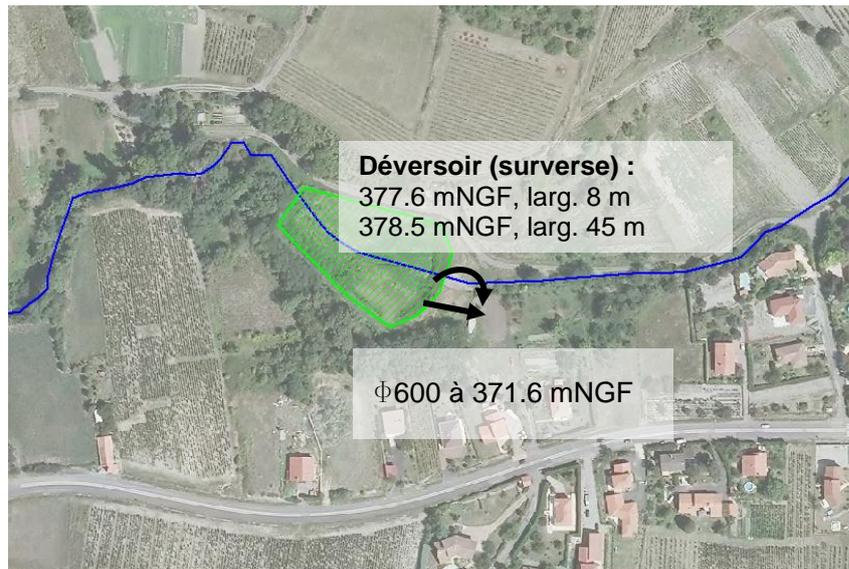
La capacité de stockage de ces ouvrages ne devant pas être prise en compte pour la cartographie de l'aléa réglementaire retenu pour l'élaboration du PPRI (crue centennale) et les cartes de surfaces inondables de la directive inondation (crues centennale et millennale), ils sont considérés pleins au démarrage pour ces simulations. Ces hypothèses permettent d'intégrer le risque de défaillance des ouvrages ; leur incidence sur les crues fortes et exceptionnelles reste cependant très faible.

Trois bassins sont situés sur le Rif à Châteaugay avec de l'amont vers l'aval :

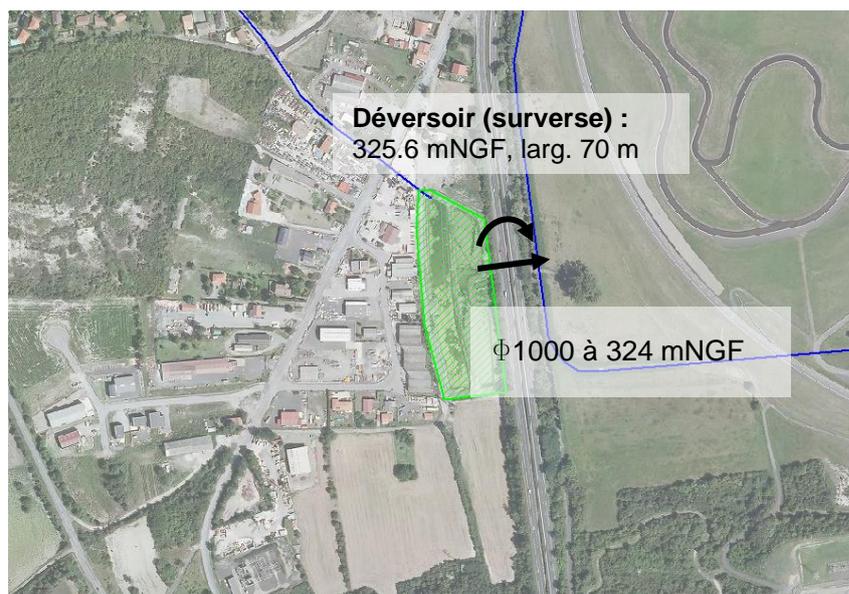
- Le bassin du champ de la Baume qui s'appuie sur la rue des Rochats. Il dispose d'un volume de stockage de 6850 m<sup>3</sup>.



- Le bassin situé chemin des Pradas qui dispose d'un volume de stockage de 13°000 m<sup>3</sup>.



- Le bassin du Poteau situé dans la zone artisanale des Gravieres. Il dispose d'un volume de stockage de 20000 m<sup>3</sup>.



## 5 CALAGE

Le calage du modèle s'appuie sur la comparaison des mesures et observations et des résultats des simulations des différentes crues historiques modélisées.

### 5.1 PARAMETRES DE CALAGE

Les paramètres de calage sont principalement :

- Les coefficients de rugosité (Strickler) en lit mineur et en lit majeur,
- Les coefficients de seuils noyés / dénoyés,
- Les pertes de charge des ouvrages de franchissement,
- La régulation des ouvrages asservis (bassins d'orage notamment) ;

Les coefficients de Strickler retenus sur l'ensemble des modèles sont compris entre :

- 25 et 30 pour les lits mineurs à ciel ouverts,
- 40 et 50 pour les parties souterraines et canalisées,
- 8 et 15 pour le lit majeur.

Le tableau ci-dessous donne des valeurs de coefficients de Strickler moyens pour différents types de lits mineurs et de lits majeurs (source Ven Te Chow, *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, 1959).

		Coefficient de Strickler
Canal / canalisation béton lisse		83
Lit mineur artificialisé, fond de gravier et berges	Béton	50
	Enrochements liés	43
	Enrochements	30
Lit mineur rivières naturelles	Berges peu végétalisées, rectiligne	33
	Berges peu végétalisées, avec méandres	25
	Méandres et végétalisation	20
	Méandres et végétation dense	10
Lit majeur	Paturages	29
	Champs labourés	25
	Végétation clairsemée	20
	Végétation dense	14
	Forêt	10

## 5.2 RESULTATS DE CALAGE

La phase de calage a été menée sur les modèles pluie - débit et sur les modèles hydrauliques.

Aucun repère de crue n'étant disponible pour les événements reconstitués, le calage est uniquement réalisé sur les enregistrements des stations hydrométriques et limnimétriques :

- enregistrements limnigraphiques et hydrogrammes associés au droit des stations DREAL,
- enregistrements limnigraphiques effectués sur les réseaux d'assainissement de Clermont Communauté et au droit des stations anciennement gérées par le SIAEC.

Le calage est réalisé sur 5 événements permettant de couvrir l'ensemble des bassins versants du secteur d'étude :

Date	Enregistrement d'un débit maxima annuel	Arrêté de catastrophe naturelle
04/06/2007	Ambène à Ennezat (28 m <sup>3</sup> /s)	Ennezat
11/09/2008	Artière à Aulnat (48 m <sup>3</sup> /s)	
14/07/2009	Artière à Aulnat (41 m <sup>3</sup> /s)	
17/06/2010	Bédât à Cébazat et St Laure (9 m <sup>3</sup> /s et 33 m <sup>3</sup> /s)	Gerzat, Chateaugay
06/08/2013	Ensemble du territoire : 34 m <sup>3</sup> /s sur l'Artière à Aulnat, 31 m <sup>3</sup> /s sur l'Ambène à Ennezat, 9 m <sup>3</sup> /s sur le Bédât à Cébazat, 49 m <sup>3</sup> /s sur le Bédât à Saint Laure.	

Les résultats du calage sont présentés dans le rapport hydrologique (annexe 8).

Les extraits cartographiques ci-dessous présentent les zones de débordement calculées pour l'événement d'août 2013. Les emprises inondées réelles ne sont pas précisément connues, mais débordements ont bien été observés sur ces secteurs.

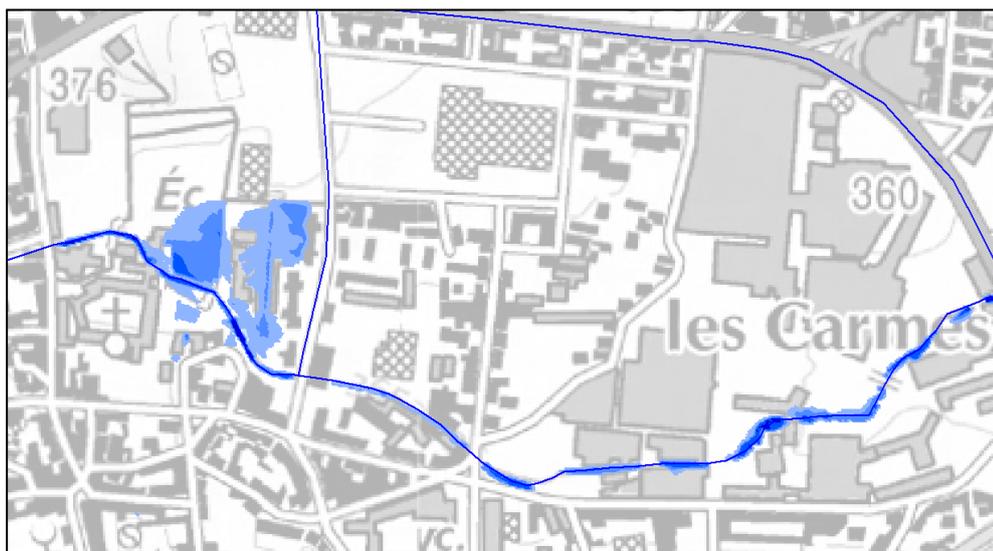


Figure 8 : débordements calculés pour l'événement d'août 2013 à Saint Alyre (Clermont Ferrand)

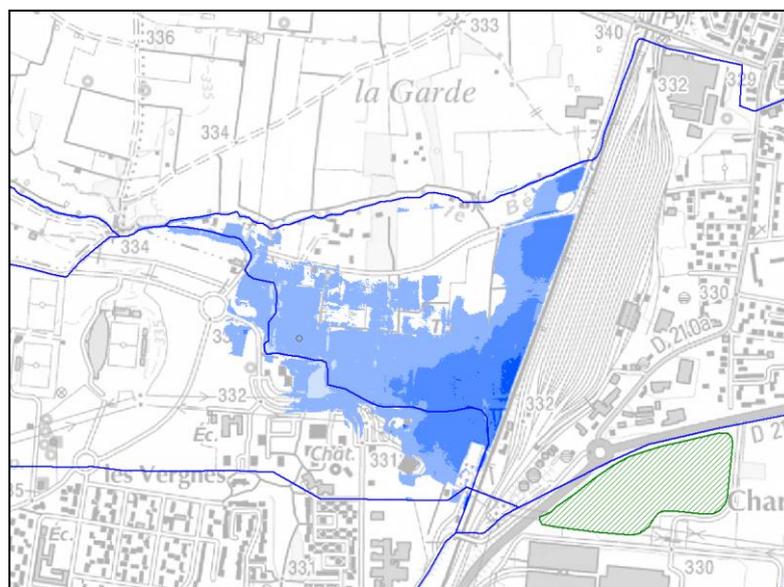


Figure 9 : débordements calculés pour l'événement d'août 2013 à Gerzat



Figure 10 : débordements calculés pour l'événement d'août 2013 à Mozac

Les hauteurs d'eau modélisées sont directement liées aux débits écoulés, sur lesquels nous ne disposons que des données des stations hydrométriques de la DREAL. L'étude hydrologique a rappelé les incertitudes sur les débits reconstitués pour les événements historiques, liées notamment aux incertitudes sur la caractérisation de la pluviométrie.

Compte tenu de ces éléments, au-delà du calage des modèles hydrauliques sur des hauteurs d'eau en des points très localisés, la bonne représentativité des modèles a été vérifiée à l'échelle du territoire en cartographiant les zones inondées calculées pour l'événement d'août 2013. Les débordements sont relativement modestes, mais cet événement reste le plus fort de ces dernières années. Cette analyse permet notamment de valider les capacités d'écoulement des différents cours d'eau avant débordement.

## 6 LES CARTOGRAPHIES DES ZONES INONDABLES

Le modèle hydraulique fournit pour chaque scénario modélisé en chaque nœud et pour chaque pas de temps de calcul une cote d'eau et une vitesse d'écoulement. Ces éléments permettent d'extraire les valeurs maximales atteintes en chaque nœud de calcul et de définir :

- un Modèle Numérique de Ligne d'Eau (MNLE) sous forme de grille à un pas d'espace identique au MNT,
- une interpolation spatiale des vitesses sous forme de grille qui permet de produire les classes d'iso-vitesses d'écoulement.

Un croisement entre le MNLE et le MNT est ensuite réalisé pour définir une grille des hauteurs de submersion et des classes d'iso-hauteurs de submersion.

Pour chaque niveau de crue, la cartographie des hauteurs d'eau et des vitesses est fournie dans les atlas des « surfaces inondables » joints au présent rapport.

### 6.1 CARTOGRAPHIE DES SURFACES INONDABLES DANS LE CADRE DE LA DIRECTIVE INONDATION

La présente étude répond aux attentes de la directive inondation précisées à l'article R566-6 du code de l'environnement.

Les cartes des surfaces inondables couvrent les zones géographiques susceptibles d'être inondées selon les scénarios suivants :

- aléa de faible probabilité ou scénarios d'événements extrêmes (crue de période de retour 1000 ans sur le périmètre d'étude)
- aléa de probabilité moyenne soit d'une période de retour probable supérieure ou égale à cent ans (crue de période de retour 100 ans sur le périmètre d'étude)
- aléa de forte probabilité, le cas échéant (crue de période de retour 30 ans sur le périmètre d'étude)

Pour chaque scénario, les éléments suivants doivent apparaître :

- le type d'inondation selon son origine,
- l'étendue de l'inondation,
- les hauteurs d'eau ou les cotes exprimées dans le système de Nivellement général de la France, selon le cas.

Pour répondre à ces objectifs, sont ainsi joints au présent rapport :

- l'atlas des surfaces inondables : crue millénaire
- l'atlas des surfaces inondables : crue centennale
- l'atlas des surfaces inondables : crue trentennale

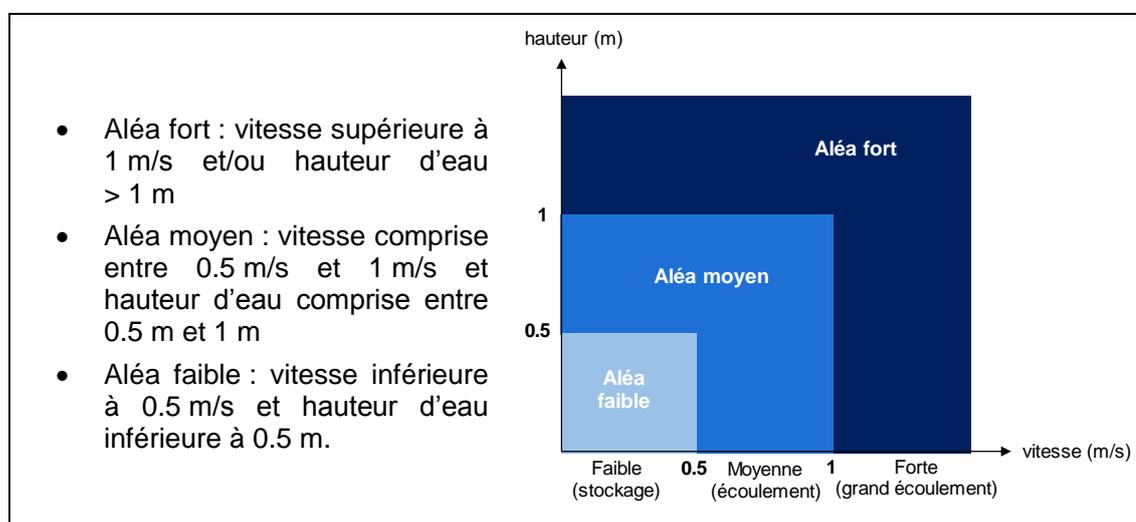
## 6.2 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA DE REFERENCE DE PPRNPI<sup>2</sup>

La cartographie de l'aléa des PPRI doit être établie sur la base de l'évènement historique le plus fort connu ou si sa période de retour est inférieure à 100 ans sur la base d'une crue centennale reconstituée. Des inondations exceptionnelles ayant entraîné d'importantes inondations sont relatées dans les archives : septembre 1764 et juillet 1835 sur l'agglomération de Clermont-Ferrand - juin 1783 et août 1826 sur l'agglomération de Riom. Cependant les éléments disponibles ne permettent pas de quantifier ces évènements hydrologiques ni de déterminer précisément les zones inondées.

Les évènements récents pour lesquels de telles informations sont disponibles présentent des périodes de retour nettement inférieures à 100 ans (cf. rapport volet hydrologique).

En conséquence les cartes d'aléa PPRI sont établies sur la base de l'évènement centennal définie dans le cadre de la présente étude (cf. rapport volet hydrologique).

Trois classes d'aléa sont définies à partir d'un croisement des hauteurs et des vitesses d'écoulement :



Des isocotes exprimées dans le système de Nivellement général de la France (NGF) permettent d'identifier la cote du niveau de l'eau atteint par la crue centennale modélisée.

L'atlas de l'aléa de la crue centennale est joint au présent rapport.

<sup>2</sup>Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles d'inondation

## **6.3 PRISE EN COMPTE DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES ET FERROVIAIRES EN REMBLAI**

### **6.3.1 Scénario de crue trentennale :**

La cartographie de cet événement a été produite sans tenir compte d'une éventuelle défaillance des remblais et infrastructures de transports pouvant perturber les écoulements. Ce scénario correspond aux cartographies des surfaces inondables pour une crue fréquente, pour laquelle la méthodologie nationale est la prise en compte de ces ouvrages dans leur état actuel sans tenir compte du risque de défaillance.

L'Atlas des surfaces inondables : crue trentennale joint au présent rapport présente les surfaces inondées, les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement maximales pour ce scénario.

### **6.3.2 Scénario de crue centennale et millennale :**

Les ouvrages de protection (comme les digues) conçus à cette fin ont vocation à protéger les populations existantes. Ils permettent notamment, sous réserve qu'ils soient conçus dans les règles de l'art et correctement entretenus, d'apporter une protection relative contre les événements dont les intensités sont inférieures ou égales à l'événement pour lequel l'ouvrage est conçu. Une zone protégée par une digue de protection demeure une zone inondable du fait du risque de rupture de l'ouvrage (disposition 12B-6 du SDAGE Loire-Bretagne<sup>3</sup>).

Sur le périmètre d'étude, certaines infrastructures routières ou ferroviaires peuvent, selon leur configuration, influencer sur le risque d'inondation, en stockant des volumes d'eau plus ou moins importants à l'amont, et de fait jouer un rôle de "protection" de zones à l'aval. Ces infrastructures ne peuvent pour autant pas être considérées comme digues de protection, considérant qu'elles n'ont pas été conçues et gérées à cet effet.

Il demeure ainsi constant en termes de politique de prévention des risques, que le principe général est de considérer le caractère faillible de ces ouvrages et de ce fait, à l'instar des ouvrages de protection, d'identifier dans la cartographie des surfaces inondables des scénarios de crue moyenne et exceptionnelle (centennale et millennale), les surfaces inondées en l'absence de l'ouvrage considéré.

En effet, les contraintes auxquelles sont soumis ces remblais peuvent engendrer divers phénomènes les fragilisant et susceptibles de provoquer leur défaillance (érosion, surverse, renard hydraulique, glissement de talus, etc).

La configuration de l'infrastructure peut aussi être la source de fragilités, c'est le cas notamment lorsque celle-ci est traversée par des ouvrages de décharge (buse ou cadre), car les écoulements y sont accélérés (effet d'entonnoir), ce qui peut favoriser l'érosion du remblai.

La méthodologie mise en œuvre est la suivante :

a) Une première modélisation a été réalisée sans tenir compte du risque de défaillance de ces ouvrages en remblai. Celle-ci a permis d'identifier sur le périmètre d'étude les infrastructures perturbant les écoulements en cas de crue. Les atlas suivants montrent les surfaces inondées, les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement maximales pour ce scénario :

---

<sup>3</sup>Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau du bassin Loire-Bretagne, 2010-2015

- Atlas des surfaces inondables : crue centennale sans effacement d'ouvrages
- Atlas des surfaces inondables : crue millennale sans effacement d'ouvrages

b) Afin de considérer le risque d'inondation à l'aval de ces ouvrages, et à défaut de modéliser des scénarios de rupture (études de danger) qui nécessitent la mise en œuvre d'études approfondies, les infrastructures considérées ont été effacés dans une seconde modélisation. Les atlas suivants montrent les surfaces inondées, les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement maximales pour ce scénario :

- Atlas des surfaces inondables : crue centennale avec effacement d'ouvrages
- Atlas des surfaces inondables : crue millennale avec effacement d'ouvrages

Pour les crues centennale et millennale, un atlas complémentaire présente les surfaces inondées, les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement correspondant au maximum des deux scénarios avec et sans effacement d'ouvrages :

- Atlas des surfaces inondables : crue centennale
- Atlas des surfaces inondables : crue millennale

c) Les cartographies de surfaces inondables pour les scénarios d'occurrence centennale et millennale, telles que définies aux parties 5.1 et 5.2 prennent en compte le « stockage » à l'amont de l'infrastructure, et l'inondabilité à l'aval liée à son effacement. Pour la cartographie de l'aléa définie au 5.2, un traitement spécifique concerne les infrastructures qui, compte tenu de la topographie des lieux, de la hauteur d'eau en amont, des vitesses d'écoulement, des caractéristiques des remblais, ont une très faible probabilité de défaillance. Un aléa « résiduel » identifié derrière ces ouvrages doit être pris en compte pour les aménagements futurs car ils pourraient connaître des évolutions dans l'avenir modifiant l'écoulement des eaux (profils en long, ouvrages traversants).

Les tableaux suivant listent les infrastructures de transport perturbant significativement les écoulements, pour lesquelles le risque de défaillance a été pris en compte.

<b>Agglomération riomoise</b>			
<b>Commune</b>	<b>Infrastructure</b>	<b>Cours d'eau</b>	<b>Qualification spécifique</b>
Châtel-Guyon	Chemin de la Conche	Sardon	
Mozac	RD446 et remblai SNCF	Ambène	
Mozac	RD446	Ruisseau de la Pale	
Ménérol	Remblai SNCF	Mirabel	
Riom	RD 446	Sardon	Aléa résiduel
Riom	Remblai SNCF et RD 2029	Ambène	
Riom	Rue Antonin Marconnet	Maréchat	
Riom	RD 2029	Mirabel	
Riom	RD 227	Ronchalon	
Riom	A71	Ambène	Aléa résiduel

<b>Agglomération clermontoise</b>			
<b>Commune</b>	<b>Infrastructure</b>	<b>Cours d'eau</b>	<b>Qualification spécifique</b>
Cébazat	RD 2009	Bédat	
Gerzat	Remblai SNCF	Bédat et Tiretaine nord	
Gerzat	A71	Bédat	Aléa résiduel
Clermont-Ferrand	Remblai SNCF	Tiretaine nord	Aléa résiduel

*Tableau 1 : infrastructures de transport perturbant significativement les écoulements, pour lesquelles le risque de défaillance a été pris en compte*

Une analyse plus détaillée des incidences sur les hauteurs d'inondation de ces défaillances d'ouvrages est présentée au chapitre 7.3.3.

## 7 APPROFONDISSEMENT DE LA CONNAISSANCE DU RISQUE INONDATION

### 7.1 SIMULATION DES CRUES DECENNALE ET CINQUANTENNALE

Afin d'améliorer la connaissance du risque inondation sur les deux agglomérations les crues suivantes ont été simulées :

- Crue décennale,
- Crue cinquantennale.

La cartographie des surfaces inondables, des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement maximales pour chacun de ces scénarios est fournie dans les atlas joints au présent rapport :

- Atlas des surfaces inondables : crue décennale
- Atlas des surfaces inondables : crue cinquantennale

Pour ces scénarios de crues fréquentes, les cartographies des surfaces inondables ont été produites sans tenir compte du risque de défaillance des infrastructures routières et ferroviaires.

Un atlas de l'emprise des surfaces inondables des crues d'occurrence 10 ans à 1000 ans joint au présent rapport présente les surfaces inondées pour les différentes occurrences de crue simulées.

### 7.2 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT

Les simulations hydrauliques réalisées pour les crues de différentes occurrences permettent d'analyser la sollicitation des ouvrages de franchissement, et notamment :

- D'identifier les ouvrages de franchissement sous dimensionnés pour la crue décennale (cf. liste des ouvrages en charge en annexe 1), pour lesquels un risque de formation d'embâcles est fort. Leurs dimensions réduites au regard des débits fréquents accroissent le risque de formation d'embâcles, pouvant être créés par la végétation ou des flottants divers entraînés par la crue. Ces embâcles réduiraient sensiblement la capacité d'écoulement des ouvrages et entraîneraient une aggravation des débordements en amont.
- De préciser les conditions hydrauliques auxquelles sont soumis les remblais pour la crue centennale : hauteurs d'eau stockées en amont et possibilité de submersion. Ces éléments ont permis d'identifier les ouvrages perturbant significativement les écoulements, pour lesquels une défaillance entraînerait une modification sensible des surfaces inondables (en amont, avec un fort abaissement de la ligne d'eau, et en aval avec une hausse des débits écoulés, des lignes d'eau et des surfaces inondables).

Ces éléments sont synthétisés sur les cartes présentées en pages suivantes.

Environ 25% des ouvrages de l'agglomération de Clermont-Ferrand sont mis en charge pour une crue décennale. Sur l'agglomération de Riom environ 40% d'entre eux le sont.

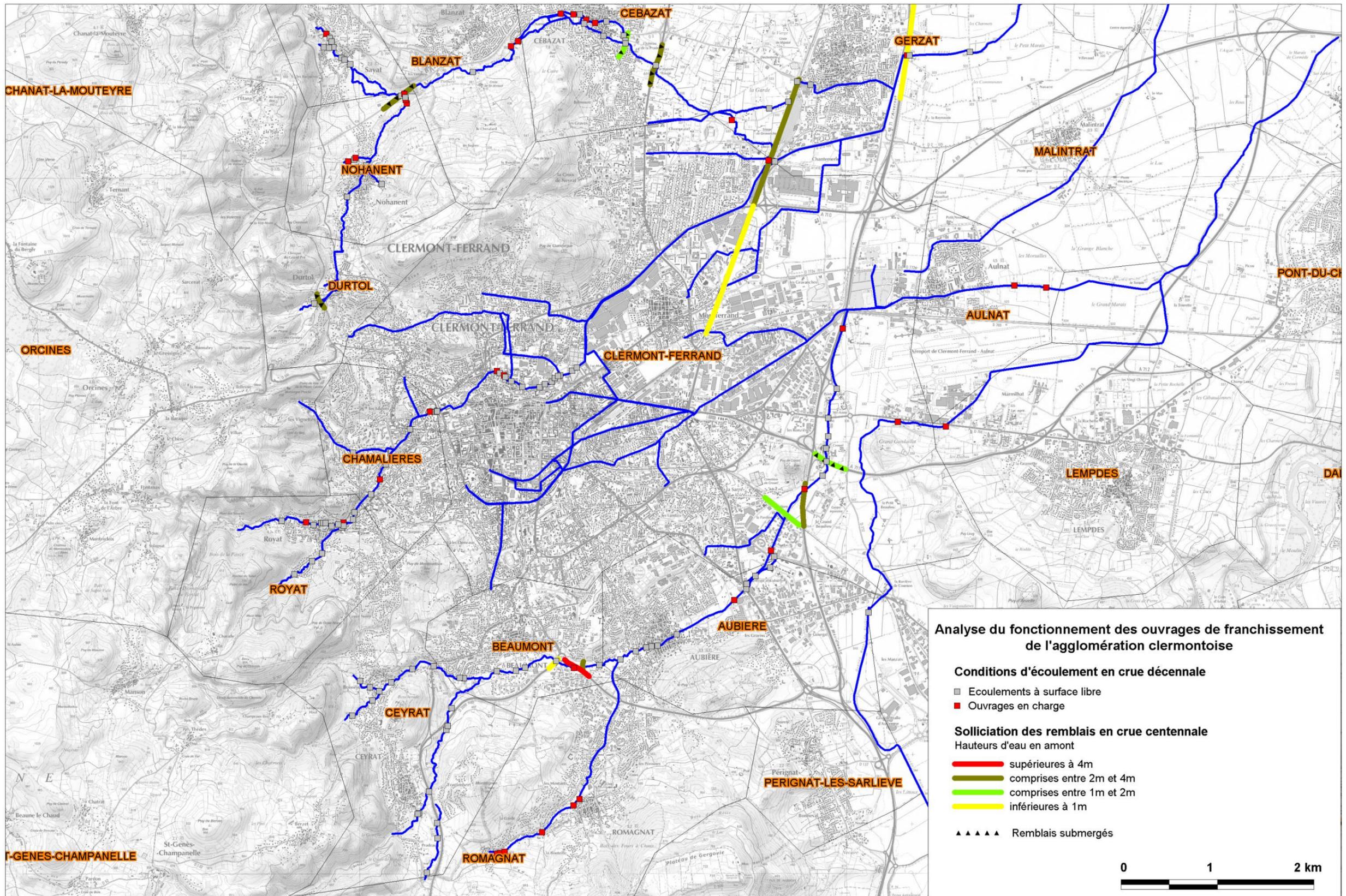


Figure 11 : Analyse du fonctionnement des ouvrages de l'agglomération de Clermont-Ferrand



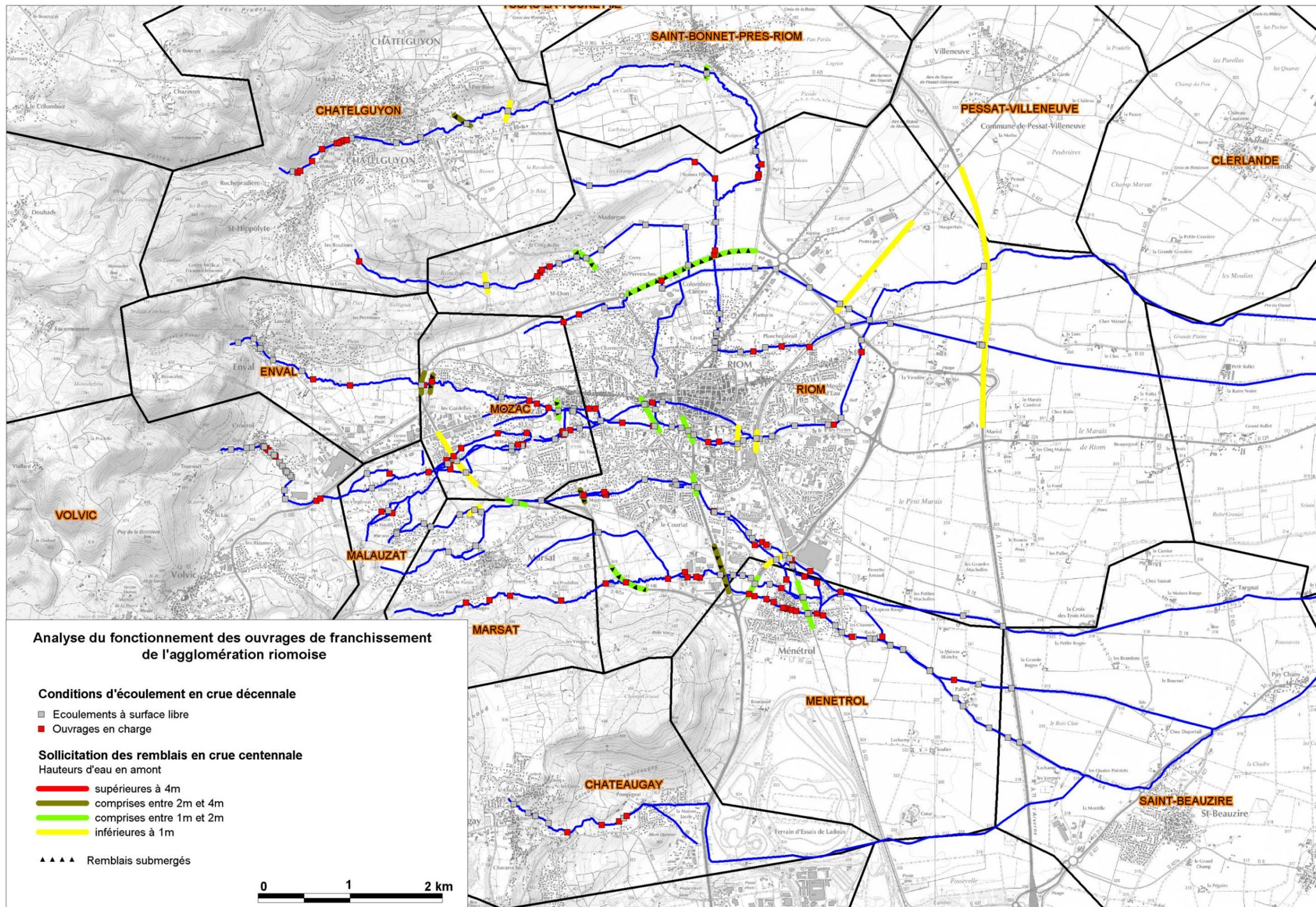


Figure 12 : Analyse du fonctionnement des ouvrages de l'agglomération de Riom

## 7.3 SCENARIOS D'EMBACLES

### 7.3.1 Principe

Afin de caractériser l'incidence que pourrait avoir la formation d'embâcles dans les ouvrages, des scénarios d'embâcles ont été définis à partir des deux considérations suivantes :

- tous les ouvrages en charge pour la crue décennale présentant un risque d'obstruction plus élevé seront obstrués à 90%, les autres à 30%,
- un ensemble d'ouvrages consécutifs sur lesquels la formation d'embâcles n'entraîne a priori que peu d'impact sur l'écrêtement des crues pour l'aval peuvent être regroupés dans un même scénario. Concrètement, tous les ouvrages situés en amont d'un remblai dont la capacité de stockage en amont est importante et qui n'est pas submergé sont regroupés dans un scénario unique

Les cartes pages suivantes présentent les différents scénarios d'embâcles ainsi définis sur l'agglomération de Clermont-Ferrand et sur l'agglomération de Riom.

### 7.3.2 Analyse

Les cartes pages suivantes illustrent l'incidence de l'ensemble de ces embâcles sur la crue centennale sans effacement des remblais. Pour une vision plus précise de ces impacts on peut se référer à la carte A0 « impact des scénarios d'embâcles sur la crue centennale sans effacement des remblais » joint au présent rapport

Les impacts sont généralement inférieurs à 25 cm ; les plus forts impacts sont essentiellement localisés sur des secteurs qui n'étaient pas inondés dans l'état de référence.

Si les ouvrages les plus pénalisants vis-à-vis du risque d'embâcles lors d'une crue décennale sont les plus petits ouvrages souvent mal dimensionnés, au contraire pour une crue plus forte, la réduction de capacité d'ouvrages écoulant une part importante des débits en situation normale a une incidence plus forte.

Ainsi, les ouvrages les plus critiques vis à vis du risque d'embâcles sont synthétisés dans les tableaux suivants .

Agglomération riomoise			
Commune	Infrastructure	Cours d'eau	commentaires
Châtelguyon	RD15	Sardon	Ouvrage en amont du passage sous les thermes
Châtelguyon	RD985b	Sardon	
Châtelguyon	RD985	Sardon	
Enval	RD446	Ambène	
Riom	Voie ferrée	Ambène	
Riom	Route	Ambène	

Agglomération clermontoise			
Commune	Infrastructure	Cours d'eau	commentaires
Royat		Tiretaine	Cf. OH_TIR_002
Chamalières		Ruisseau du Villars	Ouvrage entrée souterrain rue de l'Ecorchade
Clermont-Ferrand		Tiretaine-Nord	Succession d'ouvrages secteur des Carmes → stockage en amont de la voie ferrée
Clermont-Ferrand et Gerzat	Voie ferrée	Bedat	
Gerzat	A71	Bedat	Engendre la submersion de l'autoroute au sud de la barrière de péage
Ceyrat	Route	Artière	Rue du vieux pont
Ceyrat	RD133	Artière	Avenue du mont Dore
Ceyrat	RD133	Artière	
Romagnat		La Gazelle	Ouvrage entrée collecteur → Stockage contre RD799 en aval



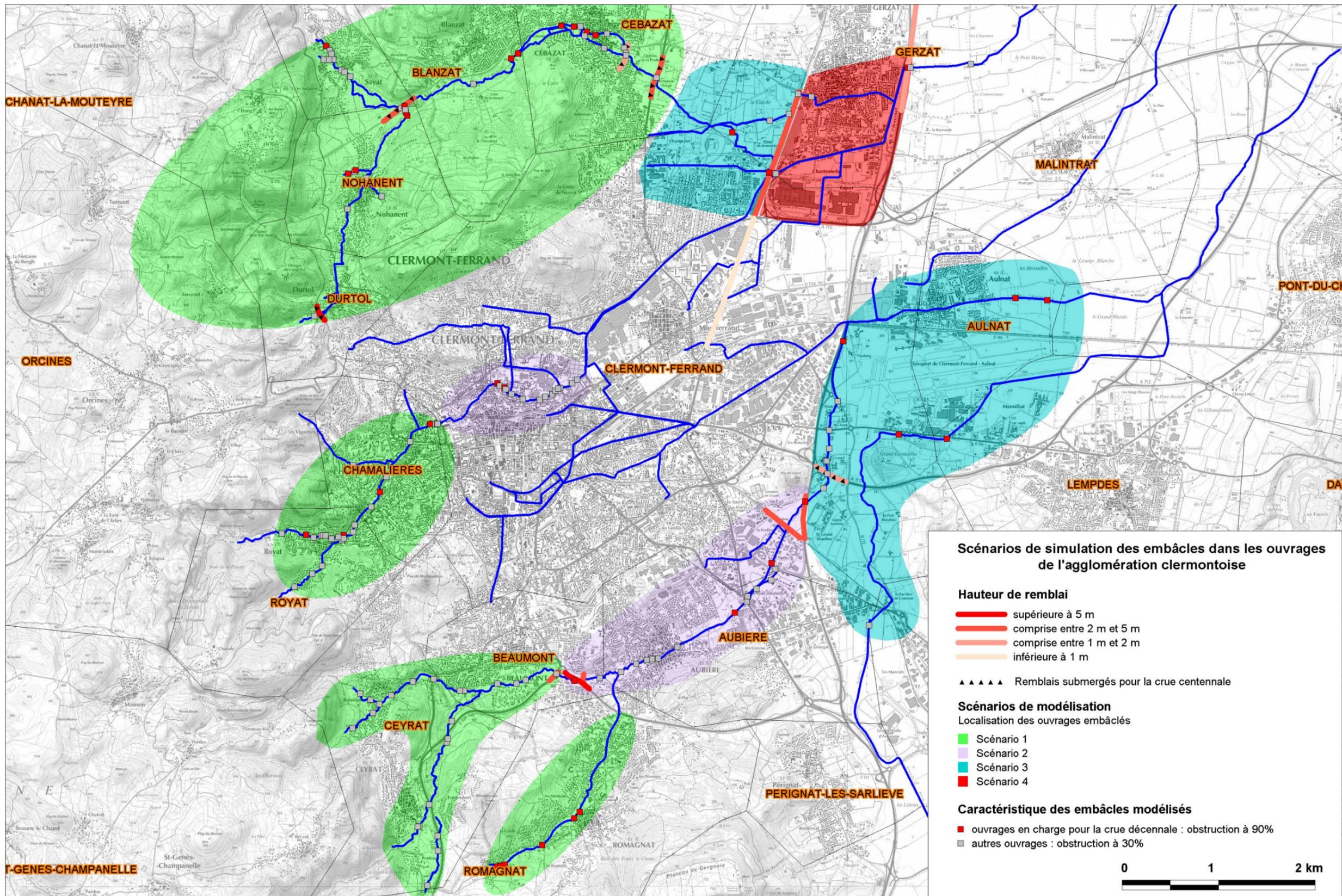


Figure 13 : Scénario d'embâcles de l'agglomération de Clermont-Ferrand



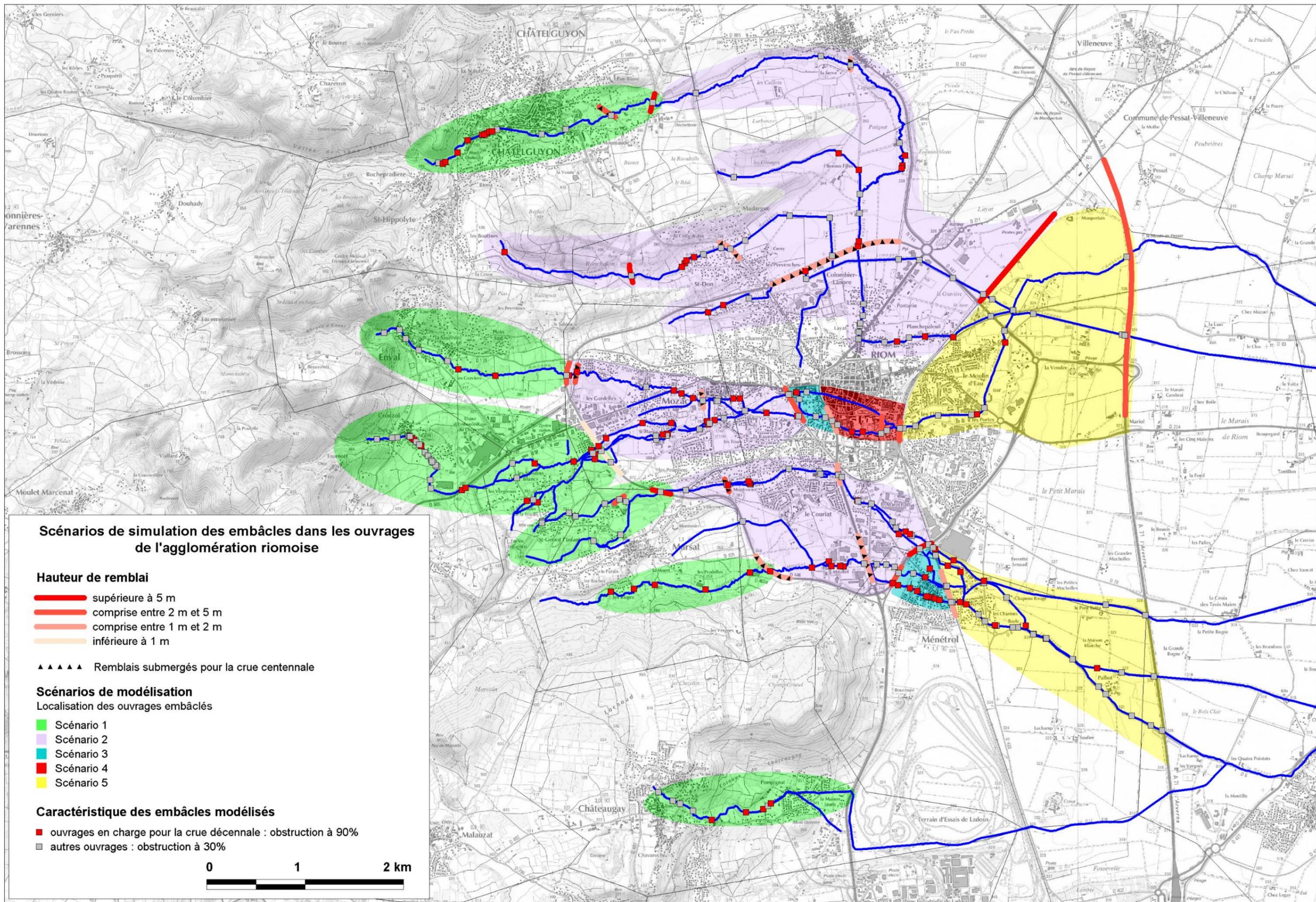


Figure 14 : Scénario d'embâcles de l'agglomération de Riom



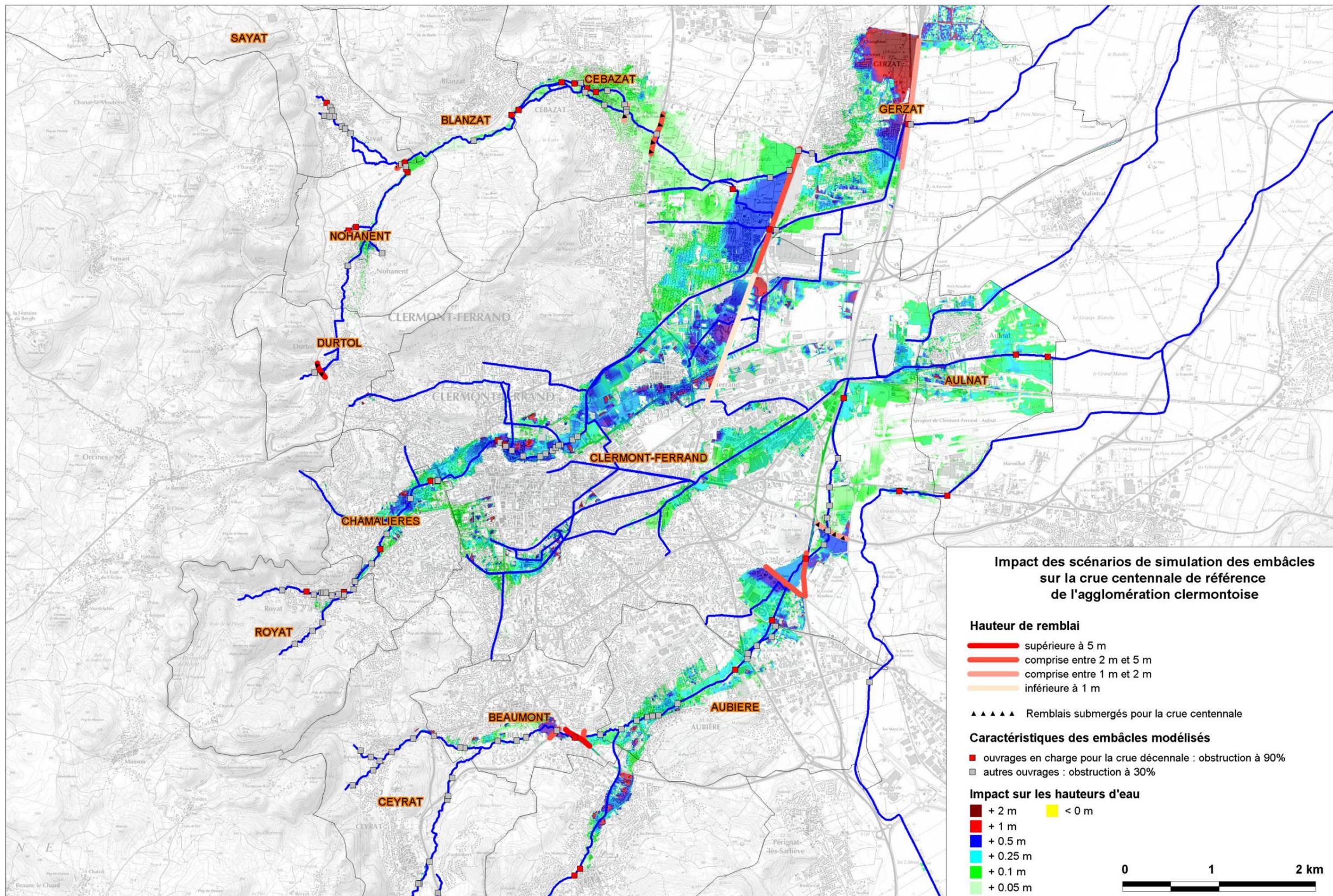


Figure 15 : Incidence des scénarios d'embâcles sur la crue centennale sans effacement – agglomération de Clermont-Ferrand



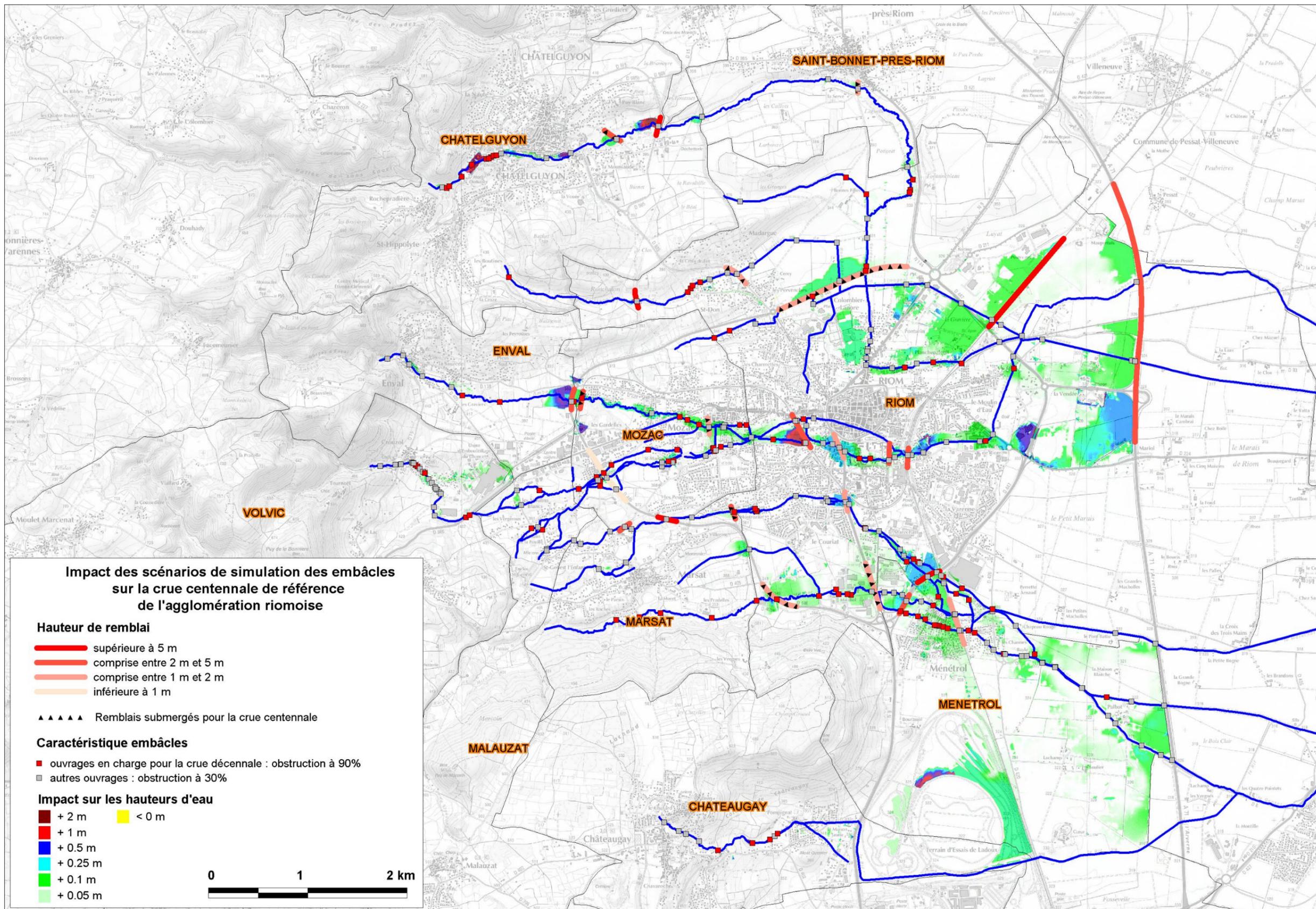


Figure 16 : Incidence des scénarios d'embâcles sur la crue centennale sans effacement - agglomération de Riom



### 7.3.3 Scénarios d'effacement

Les crues de période de retour 100 ans et 1000 ans ont été modélisées en considérant l'effacement des ouvrages assurant un rôle de protection contre les crues direct (effet de digue) ou indirect en écrêtant les débits de pointe des crues. (cf. 3.2.2 et 4.1.2).

Les cartes pages suivantes illustrent l'impact de ces scénarios sur la crue centennale sans effacement (pour une échelle plus précise se référer aux cartes A0 joints au présent rapport).



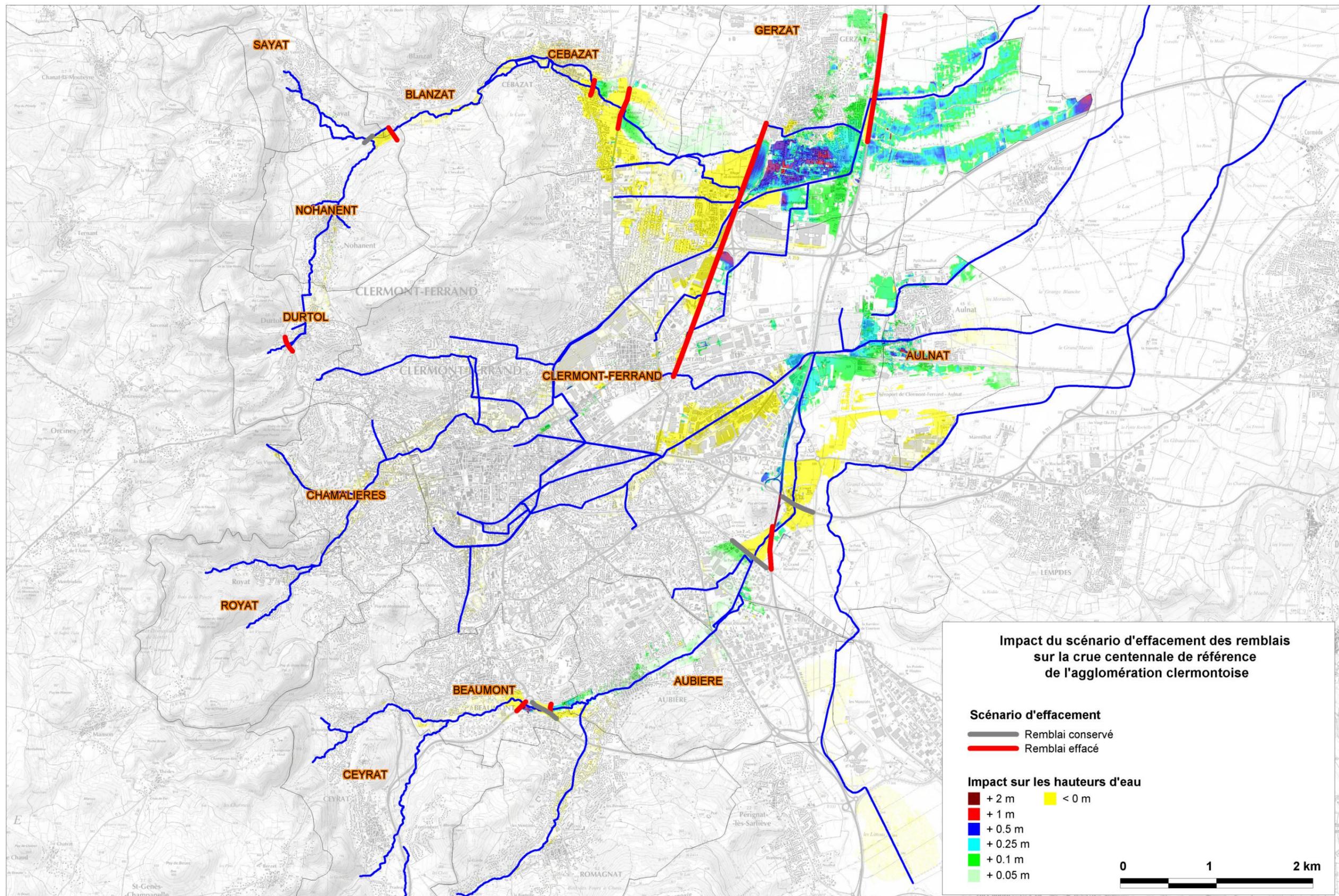


Figure 17 : impact des scénarios d'effacement des remblais - agglomération de Clermont-Ferrand



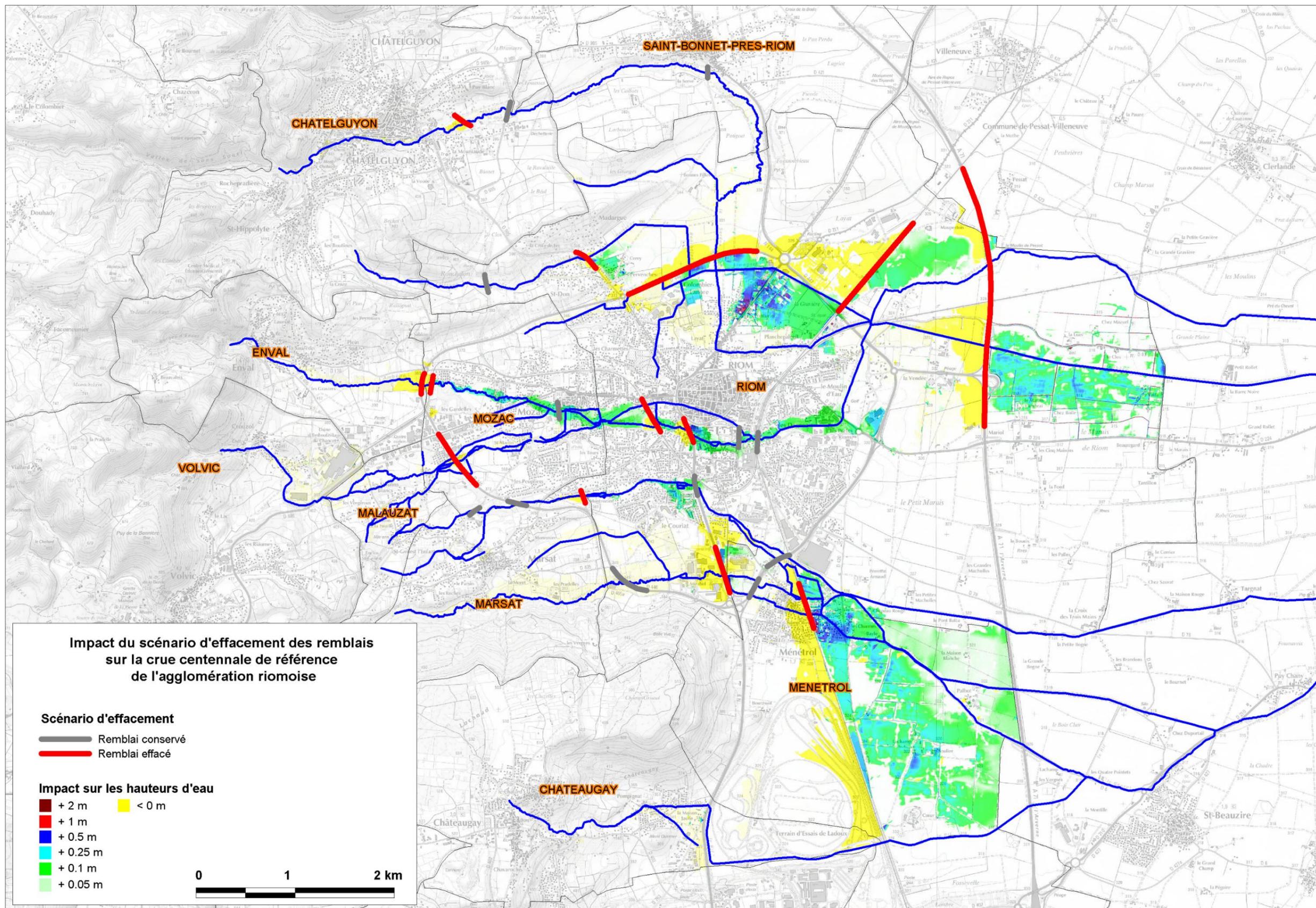


Figure 18 : impact des scénarios d'effacement des remblais - agglomération de Riom



## 7.4 DEFINITION DES DUREES DE SUBMERSION

Les cartes pages suivantes illustrent les durées de submersion établies pour la crue centennale sans effacement. (Pour une échelle plus précise se référer aux cartes A0 joints au présent rapport).

Les durées de submersion sont sur la majorité du territoire comprises entre 2 h et 6 h ; les submersions beaucoup plus longues sont localisées en amont des remblais qui favorisent le stockage et freinent la vidange des volumes de crue.



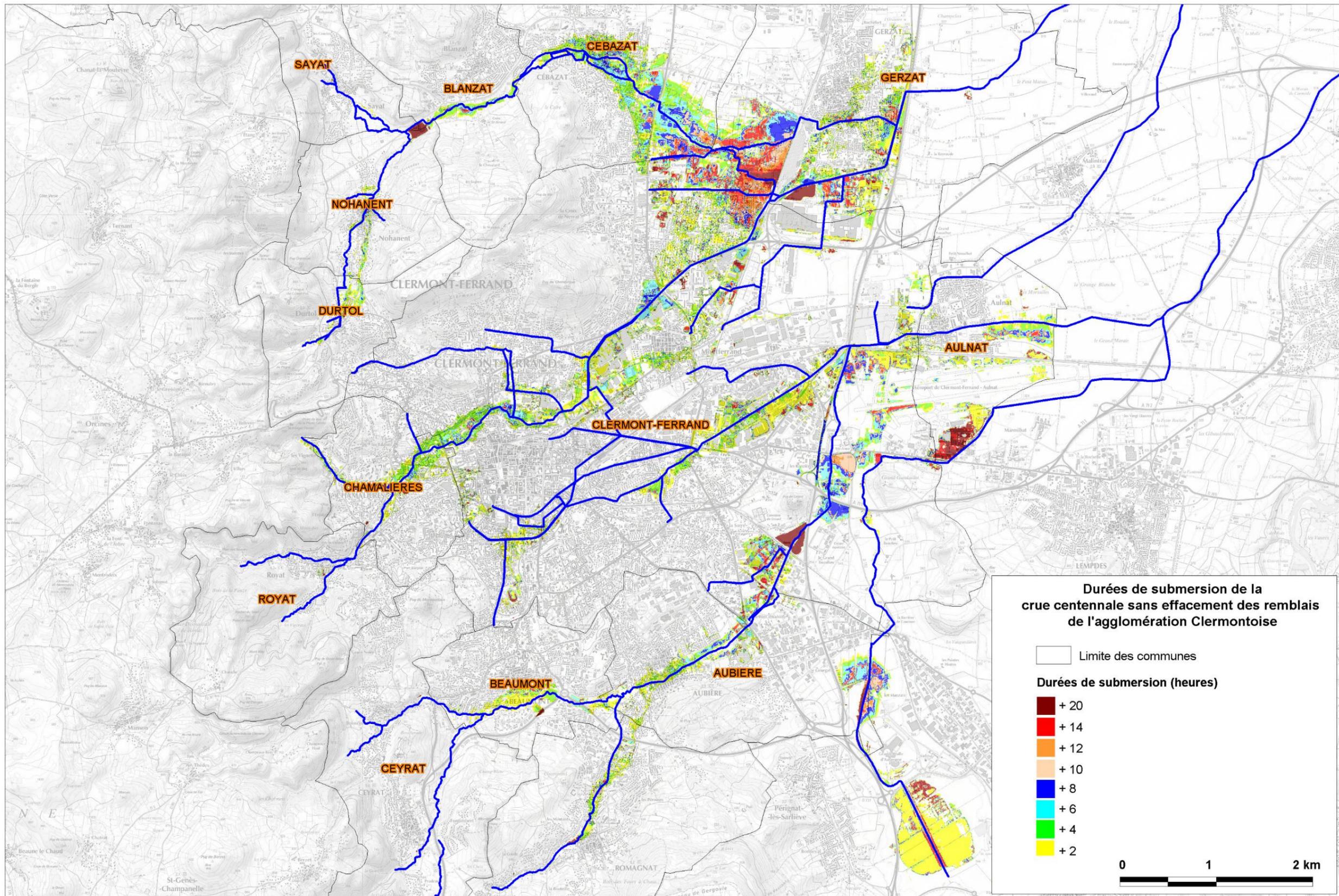


Figure 19 : Durées de submersion de la crue centennale de l'agglomération de Clermont-Ferrand



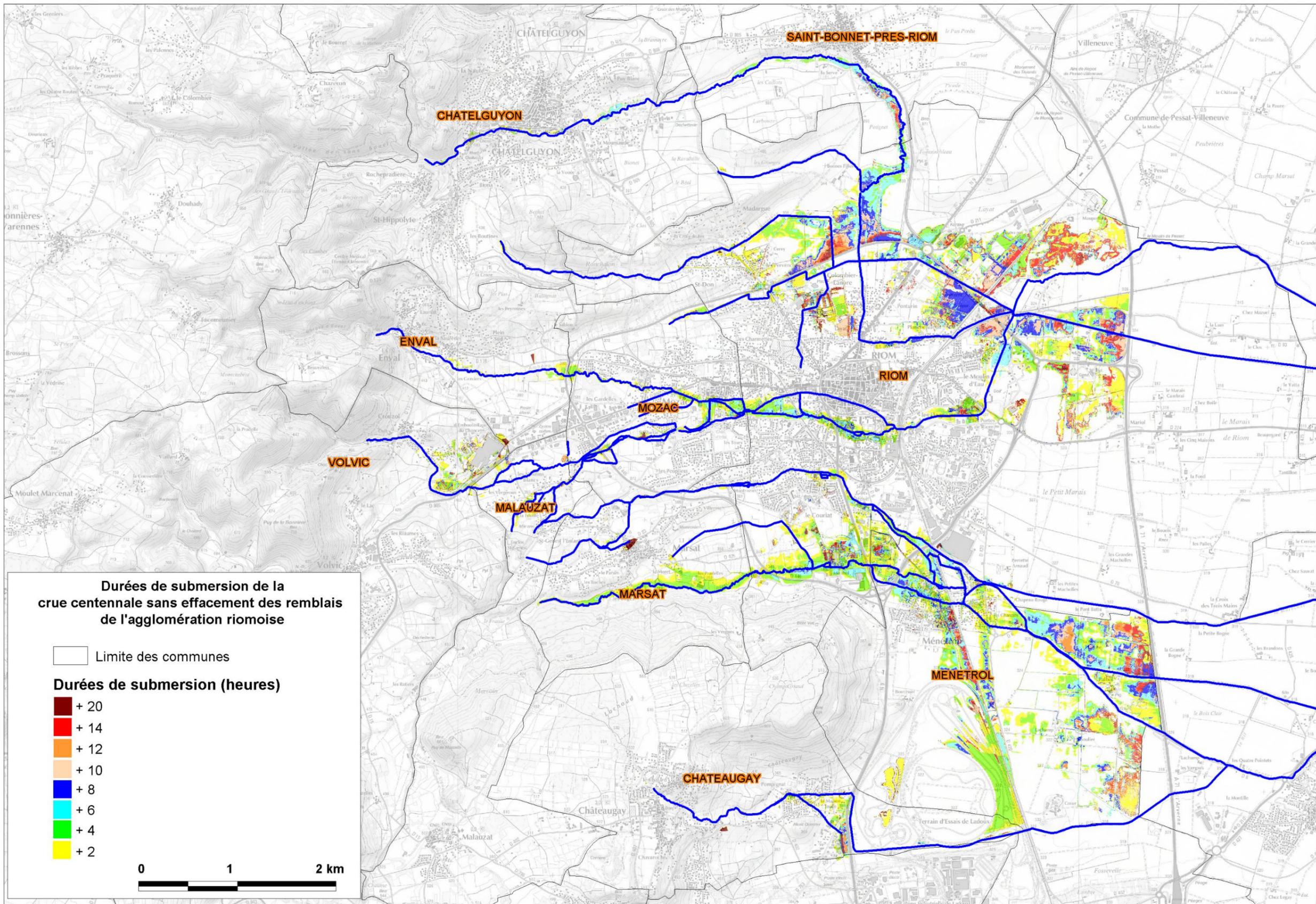


Figure 20 : Durées de submersion de la crue centennale de l'agglomération de Riom



---

## ANNEXES



## ANNEXE 1

### LISTE DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT EN CHARGE POUR LA CRUE DECENNALE

Ouvrages de l'agglomération de Clermont en charge pour la crue décennale :

reseau	Désignation d' Elm	Cote voute orifice Zv(ngf)	Section orifice S(m2)	Zref_P10-2H-1	Zref_P10-6H-1
CLAM	CI-PT_052_1.1973	430.5	0.8	429.8	430.7
CLAM	CI-PT_059_2.3825	330.65	0.3	331	331.4
CLAM	FR_BED_004	457.39	0.8	456.9	458.5
CLAM	FR_BED_018	435.69	0.95	434.8	436.3
CLAM	FR_BED_024	363.65	6.23	362.9	364.1
CLAM	FR_BED_025	352.32	8.2	351.5	352.4
CLAM	FR_BED_026	350.41	8.77	350.2	351
CLAM	FR_BED_029	350.05	6.22	349.7	350.4
CLAM	FR_BED_043	333.07	1.42	333.5	333.5
CLAM	FR_TIR_010	470.39	5.78	468.9	470.4
CLAM	FR_TIR_037	388.13	9.17	388.7	388.4
CLAM	FR_TIR_042	370.78	8.46	371.1	371
CLAM	FR_TIR_043	369.03	6.95	369.5	369.4
CLAM	OH_BED_005buse	396.08	0.44	396	396.1
CLAM	OH_BED_006	395.68	0.44	395.7	395.8
CLAM	OH_BED_009	394.5	0.8	394.7	394.8
CLAM	OH_BED_010Canal	361.68	0.54	361.7	362
CLAM	OH_TIR_008	429.45	7.2	428.7	429.5
CLAM	P23_Bedat	353.98	7.57	353.1	354
CLAM	PF-FR_TIR_002	510.54	2.8	509.8	511.2
CLAV	CI-PT_068_1.8918b	497.57	1.1	496.7	497.7
CLAV	CI-PT_068_2.6451	465.34	0.2	466.3	466.6
CLAV	FR_ART_031	358.12	5.76	359.2	358.9
CLAV	FR_ART_045	324.27	22.51	324.7	324.7
CLAV	FR_ART_052	473.33	0.2	473.6	473.7
CLAV	FR_BED_040	323.85	19.2	323.8	323.9
CLAV	OH_ART_012	329.71	6.4	329.7	329.8
CLAV	OH_ART_013	323.4	14.67	324	324
CLAV	OH_ART_014	534.13	0.13	534.5	534.9
CLAV	OH_ART_015	530.26	0.5	530.1	531
CLAV	OH_ART_016	527.06	0.38	526.8	527.8
CLAV	PF-Cadre2_Artiere	347	6.8	348.4	348
CLAV	PF-FR_ART_026	404.02	7.6	403	404.4
CLAV	PF-OH-BEC-15	329.79	3.45	329.7	330.2
CLAV	PF-OH-BEC-17	326.35	1.3	327.6	327.7
CLAV	PF-OH-BEC-8	342.76	6.5	342.5	343.2

Ouvrages de l'agglomération de Riom en charge pour la crue décennale :

reseau	Désignation d' Elm	Cote voute orifice Zv(ngf)	Section orifice S(m2)	Zref_P10-2H-1	Zref_P10-6H-1	reseau	Désignation d' Elm	Cote voute orifice Zv(ngf)	Section orifice S(m2)	Zref_P10-2H-1	Zref_P10-6H-1
RIOM	A7	323.6	1	324.2	324.1	RIOM	P143	377.02	2.4	376.4	378
RIOM	A9	321.6	3.1	323.2	323.2	RIOM	P144	359.82	3.8	359.1	360
RIOM	FR_AMB_18	337.6	4.32	337.3	337.8	RIOM	P150	351.41	2.5	351.7	352.4
RIOM	FR_AMB_24	325.74	6.54	325.7	325.9	RIOM	P151	350.8	2.1	351.2	351.7
RIOM	FR_AMB_3	402.95	4.64	402.4	403.2	RIOM	P161	346.46	1.2	347.6	347.8
RIOM	FR_CHALU_2	343.04	0.78	342.3	343.1	RIOM	P166	344.16	2.2	344.8	345.1
RIOM	FR_CHALU_3	332.83	0.78	332.6	333.1	RIOM	P168	347.75	2.5	347.8	348
RIOM	FR_CROUZ_16	396.71	1.01	397.6	397.6	RIOM	P175	339.6	15	338.9	340
RIOM	FR_CROUZ_1BIS	423.3	0.79	422.9	423.6	RIOM	P191	320.29	7.14	320.4	320.9
RIOM	FR_CROUZ_21	381.39	0.5	381.9	381.9	RIOM	P1bis	346.56	4.87	346	347.1
RIOM	FR_CROUZ_22	371.03	1.16	371.7	371.7	RIOM	P2	352.36	2.84	352.3	352.6
RIOM	FR_CROUZ_23	369.9	1.45	370	370	RIOM	P20	344.58	7.48	343.9	344.9
RIOM	FR_CROUZ_30	362.98	0.2	363.3	363.3	RIOM	P21	340.67	3.58	340.3	341.2
RIOM	VA_PT_214_0.4722	290.52	0.79	389	389	RIOM	P23a	322.94	13.22	322.7	323.2
RIOM	FR_LIMA_1	326.63	0.38	327.4	327.4	RIOM	P25	324.06	6.5	323.5	324.1
RIOM	FR_MARECH_13	337.01	0.86	337.1	337.1	RIOM	P3	336.38	4	336.2	336.5
RIOM	FR_MARECH_15	332.74	0.97	332.9	332.9	RIOM	P30	324.02	1	324	324.1
RIOM	FR_MARECH_19	328.55	0.28	329	329	RIOM	P35	327.05	3.8	326.6	327.6
RIOM	FR_MARECH_27	332.77	0.82	332.8	332.8	RIOM	P4	334.82	4	334.6	335.2
RIOM	FR_MARECH_28	332.18	0.8	332.3	332.3	RIOM	P45	329.84	0.79	330.9	330.8
RIOM	FR_MIRAB_1	366.08	2.21	366.4	367	RIOM	P47	328.78	0.79	329.3	329.2
RIOM	FR_MIRAB_14	331.35	2.85	331.5	331.3	RIOM	P4bis	358.48	2.2	358.7	359.2
RIOM	FR_MIRAB_16	328.09	6.01	327.6	328.8	RIOM	P5	334.56	5.4	334.3	334.8
RIOM	FR_MIRAB_17	327.25	8.17	327.3	328.4	RIOM	P50	329	6.18	328	329.2
RIOM	FR_MIRAB_3	362.55	3.55	362.3	363.2	RIOM	P51	329.55	6.18	328.3	329.6
RIOM	FR_MIRAB_5	339.02	1.37	338.7	339.2	RIOM	P52	328.34	4.41	328.5	330
RIOM	FR_MOULIN_10	370.97	0.21	370.9	371	RIOM	P53	329.68	6.2	328.9	330.6
RIOM	FR_MOULIN_13	372.36	0.14	372.4	372.5	RIOM	P54	329.81	1.57	330.7	331.9
RIOM	FR_MOULIN_22	359.21	1.57	359.2	359.3	RIOM	P55	331.33	3.36	331.1	332.9
RIOM	FR_MOULIN_30	355.65	1.35	355.8	355.8	RIOM	P59	331.27	0.79	331.4	331.4
RIOM	FR_RIF_10	358.88	0.28	360.2	360.2	RIOM	P68	336.42	5.1	336.4	338
RIOM	FR_RIF_8	407.91	0.56	408.2	408	RIOM	P69	336.68	5.1	336.6	338.4
RIOM	FR_RIF_9	372.2	0.28	374.7	374.4	RIOM	P70	337.4	5.2	337.3	338.8
RIOM	FR RONCH_1	427.34	0.28	428.9	428.8	RIOM	P92	373.45	0.75	374.3	374.3
RIOM	FR RONCH_4	360.25	0.5	361	361.1	RIOM	P95	370.86	1.14	371.1	371.1
RIOM	FR RONCH_5	359.11	0.28	360.6	360.7	RIOM	R5	361.08	0.88	361.3	361.4
RIOM	FR RONCH_6	357.15	0.28	357.9	358.1	RIOM	P56	332.63	3.8	332	333.5
RIOM	FR_SARD_10	417.86	7.05	416.4	418.1	RIOM	P33	325.59	0.5	326	326.6
RIOM	FR_SARD_11	416.81	2.61	416	417.9	RIOM	FR_MARECH_4	345.95	0.4	346	346
RIOM	FR_SARD_12	417.1	6.02	415.5	417.3	RIOM	P37	327	0.79	327.9	327.9
RIOM	FR_SARD_14	415.75	2.13	415.1	417	RIOM	VA_PT_205_0.5127	327.99	0.28	328.7	328.7
RIOM	FR_SARD_15	415.19	3.65	414.2	416	RIOM	VA_PT_114_0.3938	391.93	0.16	392.1	392.6
RIOM	FR_SARD_8	427.4	4.51	425.9	427.5	RIOM	FR_CROUZ_5	417.13	0.9	417.1	417.3
RIOM	FR_STDON_2	343.92	0.13	344.6	344.6	RIOM	FR_CROUZ_18	396.16	0.28	397.4	397.4
RIOM	FR_STDON_3	338.84	0.28	338.9	339.5	RIOM	FR_CROUZ_27	366.77	0.16	367.2	367.2
RIOM	P101	350.23	1.61	350.6	350.5	RIOM	P121	360.82	0.64	361.3	361.3
RIOM	P102	345.68	2.14	345.7	345.7	RIOM	FR_AMB_5	358.43	4	357.8	358.5
RIOM	P115	356.49	0.79	356.8	356.8	RIOM	P185	322.35	4	322.4	322.4
RIOM	P117	356	4.5	356.5	356.5	RIOM	FR_SARD_3	431.5	1.6	430.9	433.1
RIOM	P118	355.6	0.6	356.5	356.5	RIOM	FR_SARD_6	430.22	0.8	429.7	432.1
RIOM	P120	357.15	5.2	356.6	357.3	RIOM	FR_SARD_9	425.86	20	422.2	423.1
RIOM	P128	425.13	0.79	424.5	425.2	RIOM	P14	328.32	3.75	328.3	328.6
RIOM	P13	328.45	4	328.5	328.9	RIOM	A6	323.91	0.7	324.3	324.3
RIOM	P140	394.03	1.6	394	394.7	RIOM	VA_PT_135_11.6524	352.97	0.51	353.7	353.7
RIOM	P142	378.16	3.4	377.8	378.8						