



SAINT-ETIENNE MÉTROPOLE
agence
de l'eau

RHÔNE MÉDITERRANÉE
CORSE

2-4, allée de Lodz - 69363 LYON Cedex 07
04 72 71 26 00 contact@eau-smc.fr

ETUDE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES SUR LE BASSIN VERSANT DU GIER

PHASE 2 : DIAGNOSTIC & PHASE 3 : PRÉCONISATIONS

MANDATAIRE	CO-TRAITANT 1	CO-TRAITANT 2	CO-TRAITANT 3
 Cabinet MERLIN Groupe MERLIN 6, Rue Grolée 69289 LYON Cédex 02 Téléphone : 04-72-32-56-00 Télécopie : 04-78-38-37-85	 PROLOG INGENIERIE 11, Rue Auguste Lacroix 69003 LYON Téléphone : 04-72-44-67-60 Télécopie : 04-72-65-64-39	 Réalités Environnement 165, Allée du Bief 01 600 TREVoux Téléphone : 04-78-28-46-02 Télécopie : 04-74-00-36-97	 Pre Mes Hyd Prestations de Mesures Hydrauliques 59, Rue de Bressolles 01 120 DAGNEUX Tél/Fax : 04-78-53-63-45

Réf doc : R14-383-01

Ind	Etabli par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
0	Laurianne Bellet	Guy Tueta	27/02/2014	Etablissement
0.1	Laurianne Bellet	Guy Tueta	18/07/2014	Etablissement
0.2	Laurianne Bellet	Guy Tueta	30/10/2014	Etablissement
0.3	Laurianne Bellet	Guy Tueta	02/03/2015	Etablissement
0.4	Laurianne Bellet	Guy Tueta	12/04/2016	Version définitive
1	Laurianne Bellet	Guy Tueta	16/06/2016	Version définitive idem V0.4

ETUDE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES SUR LE BASSIN VERSANT DU GIER
PHASE 2 : DIAGNOSTIC & PHASE 3 : PRÉCONISATIONS

PROLOG Ingénierie / Réf doc : R14-383-01 - Ind 1 - Le 16/06/2016

Page 1/85

SOMMAIRE

PARTIE 1	PRESENTATION ET METHODOLOGIE	6
1	PRÉSENTATION ET SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE	6
1.1	CONTEXTE DE L'ÉTUDE	6
1.2	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	6
1.3	CONTENU DE L'ÉTUDE	6
1.4	SYNTHÈSE-CONCLUSIONS	7
2	BASE DOCUMENTAIRE	9
2.1	SERVICES CONTACTÉS	9
2.2	ÉTUDES CONSULTÉES	9
3	MÉTHODOLOGIE	10
3.1	CONTEXTE	10
3.2	PRÉSENTATION DU BASSIN VERSANT DU GIER	10
3.3	MÉTHODOLOGIE ISL DANS LES ÉTUDES DE RÉDUCTION DU RISQUE D'INONDATION	15
3.3.1	EXEMPLE D'APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE À SAINT ROMAIN-EN GIER	15
3.3.2	SITES « SENSIBLES »	16
3.3.3	SCÉNARIOS À ÉTUDIER	16
3.3.4	SCÉNARIO RETENU ET SUITE À DONNER	17
3.4	ANALYSE DES ÉTUDES ISL	19
3.5	LIEN ENTRE LES ÉTUDES ISL ET LE SCHÉMA DIRECTEUR DE SAINT ETIENNE MÉTROPOLE	20
3.6	MÉTHODOLOGIE RETENUE DANS LE CADRE DU DIAGNOSTIC EP BV GIER	20
3.6.1	PRÉAMBULE	20
3.6.2	MÉTHODOLOGIE	20
PARTIE 2 : DIAGNOSTIC		23
1	PRÉAMBULE	23
2	CAPACITÉ DU GIER ET DÉBIT SPÉCIFIQUE	24
3	DÉTERMINATION DES APPORTS DES BASSINS VERSANTS	26
3.1	PRINCIPE DE DÉCOUPAGE EN BASSIN VERSANT DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE DIAGNOSTIC	26
3.2	MODÉLISATION HYDROLOGIQUE	35
3.3	BASSINS VERSANTS URBAINS	35
3.3.1	FONCTION DE PRODUCTION	35
3.3.2	FONCTION DE TRANSFERT	36
3.4	BASSINS VERSANTS RURAUX	36
3.4.1	MODÈLE DU NRCS ET DE L'HYDROGRAMME UNITAIRE	36
3.4.2	MODÈLE UTILISÉ POUR LA MODÉLISATION DES BASSINS VERSANTS RURAUX	38
3.5	BARRAGES AEP ET BASSINS DE RÉTENTION SUR LE BASSIN VERSANT DU GIER	38
3.6	MODÉLISATION DES APPORTS DES BASSINS VERSANTS	39
4	CONSTRUCTION ET VALIDATION DU MODÈLE	44
4.1	PRÉSENTATION DU MODÈLE	44
4.2	VALIDATION DES MODÈLES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	47
4.2.1	PLUIES DE 2008	47
4.2.2	PARAMÈTRE À AJUSTER	48
4.2.3	RÉSULTATS	48
4.3	PLUIES DE PROJET	50
5	ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU BV GIER	54
5.1	APPORTS DES DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS ET VOLUMES DE RÉTENTION À CRÉER POUR LES PLUIES DE PROJET	54
5.1.1	COEFFICIENTS DE PRODUCTION	54
5.1.2	RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION	55
5.2	COMPARAISON DES VOLUMES DE RÉTENTION À CRÉER DANS LES ÉTUDES ISL ET PROLOG	60
5.3	DÉBITS NATURELS SPÉCIFIQUES	61

5.4	COMPARAISON DES APPORTS DES BASSINS VERSANTS AVEC LES CAPACITÉS DES RÉSEAUX À LEUR EXUTOIRE	62
5.4.1	MÉTHODOLOGIE.....	62
5.4.2	APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE	63
5.4.3	LIMITES RENCONTRÉES LORS DE L'APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE.....	65
6	IMPACT DES EAUX PLUVIALES SUR LA QUALITÉ DU GIER	68
6.1	QUALITÉ DU GIER.....	68
6.2	QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES DES BASSINS VERSANTS.....	68
6.2.1	SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	68
6.2.2	CONCLUSION SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES	72
6.3	QUELLES ORIGINES POTENTIELLES DE LA POLLUTION DU GIER ?.....	72
	PARTIE 3 : PRECONISATIONS	74
1	QUELLES PRECONISATIONS METTRE EN PLACE POUR LA GESTION QUANTITATIVE DES EAUX PLUVIALES ?	74
1.1	PRÉAMBULE	74
1.2	RAPPEL DES RÈGLES EXISTANTES SUR LE TERRITOIRE DE SAINT-ETIENNE-MÉTROPOLÉ.....	74
1.3	DÉFINITION DE LA STRATÉGIE	75
1.3.1	QUEL DÉBIT LIMITE ACCEPTER EN AVAL DES DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS ?	75
1.3.2	QUEL NIVEAU DE PROTECTION METTRE EN PLACE ?.....	75
1.3.3	SYNTHÈSE DE LA STRATÉGIE RETENUE.....	76
1.4	MISE EN APPLICATION DE CETTE STRATÉGIE – RÈGLES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES.....	76
1.5	QUEL VOLUME DE RÉTENTION METTRE EN PLACE ?	77
1.6	APPLICATION DE LA STRATÉGIE – MÉTHODE OPÉRATIONNELLE	81
1.7	CARTOGRAPHIE DES INFORMATIONS RECENSÉES DURANT L'ÉTUDE	82
1.8	SUITES DE L'ÉTUDE DANS LE CADRE DES AUTRES MISSIONS	83
2	QUELLES PRECONISATIONS METTRE EN PLACE POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES ?	84

Liste des figures

FIGURE 1 : PHASAGE DE L'ÉTUDE.....	7
FIGURE 2 : CARTE DE CONTEXTE	11
FIGURE 3 : ALTITUDES DU SECTEUR D'ÉTUDE.....	13
FIGURE 4 : PENTES DU SECTEUR D'ÉTUDE.....	14
FIGURE 5 : HYDROGRAMMES DE CRUE DE SAINT-ROMAIN-EN-GIER	15
FIGURE 6 : ESTIMATION DES VOLUMES CORRESPONDANT AU DÉPASSEMENT DU SEUIL DE DÉBIT ADMISSIBLE	16
FIGURE 7 : LOCALISATION DES AFFLUENTS DU GIER SUR LESQUELS ISL PRÉCONISE DES OUVRAGES À METTRE EN PLACE.....	18
FIGURE 8 : SCHÉMA ILLUSTRANT L'APPROCHE RETENUE POUR LE DIAGNOSTIC.....	21
FIGURE 9 : SCHÉMA ILLUSTRANT LE RAISONNEMENT À L'ÉCHELLE DU GIER	22
FIGURE 10 : DÉCOUPAGE DU GIER EN TRONÇONS (DÉCOUPAGE ISSU DE L'ÉTUDE ISL).....	24
FIGURE 11 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - SUPERPOSITION DES COUCHES DE SOUS-BASSINS VERSANTS	27
FIGURE 12 : ÉTAPE 1 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : COUCHE DE BV CRUE	27
FIGURE 13 : ÉTAPE 1 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : COUCHES DE BV D'ÉTUDES PRÉCÉDENTES.....	28
FIGURE 14 : ÉTAPE 1 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : CHOIX D'UNE COUCHE DE BASE	28
FIGURE 15 : CLASSEMENT DES DÉSORDRES SUR LA COMMUNE DE SAINT-PAUL-EN-JAREZ	30
FIGURE 16 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - AJOUT DE LA COUCHE DE DÉSORDRES	31
FIGURE 17 : ÉTAPE 2 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : SUPERPOSITION DES DÉSORDRES	31
FIGURE 18 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - AJOUT DE LA COUCHE DE RÉSEAUX DISPONIBLE EN DATE D'AVRIL 2014	32
FIGURE 19 : ÉTAPE 3 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : SUPERPOSITION DU TRACÉ DES RÉSEAUX	33
FIGURE 20 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - AJOUT DE LA COUCHE D'OCCUPATION DES SOLS (CORINE LAND COVER 2006).....	34
FIGURE 21 : ÉTAPE 4 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : SUPERPOSITION DE L'OCCUPATION DES SOLS	35
FIGURE 22 : COMPARAISON DES HYDROGRAMMES SIMULÉ ET OBSERVÉ À RIVE-DE-GIER POUR LA CRUE 2008	37
FIGURE 23 : LAMINAGE DE LA CRUE DE 2008 AU DROIT DU BARRAGE DE SOULAGE	39
FIGURE 24 : SUPERPOSITION DES DONNÉES DU RPG ET DU CLC POUR DÉTERMINER LES SURFACES PERMÉABLES ET IMPERMÉABLES	41
FIGURE 25 : RÉPARTITION DES SURFACES IMPERMÉABLES ET "NATURELLES" DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	43
FIGURE 26 : PROFIL EN TRAVERS DE LA CONDUITE REPRÉSENTANT LE GIER DANS NOTRE MODÈLE SIMPLIFIÉ	45
FIGURE 27 : VUE EN PLAN DU MODÈLE CONSTRUIT DANS ICM.....	46
FIGURE 28 : RÉPARTITION SPATIALE DE LA PLUIE DE NOVEMBRE 2008 (SOURCE : HTV/RIPARIA)	47
FIGURE 29 : COMPARAISON DES HYDROGRAMMES SIMULÉ ET OBSERVÉ À RIVE-DE-GIER POUR LA CRUE DE 2008.....	49
FIGURE 30 : COMPARAISON DES CONTRIBUTIONS DES BV URBAINS ET RURAUX POUR LA PLUIE 2008 - HYDROGRAMMES À L'AVAL DU MODÈLE	50
FIGURE 31 : COMPARAISON DES RÉSULTATS ISL ET PROLOG POUR LES HYDROGRAMMES 100 ANS À RIVE-DE-GIER	51
FIGURE 32 : HYÉTOGRAMME DE PLUIE D'INTENSITÉ CONSTANTE SUR 24H (T = 100 ANS)	53
FIGURE 33 : HYÉTOGRAMME DE PLUIE DE PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS SUR DES DURÉES DE 15MIN À 24H	53
FIGURE 34 : LOCALISATION DES DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS.....	59
FIGURE 35 : COMPARAISON DES HYDROGRAMMES D'APPORT POUR UN BV URBAIN ET UN BV RURAL	60
FIGURE 36 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DU DÉSORDRE TART-D3 À TARTARAS.....	63
FIGURE 37 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DE CHAG-D4 À CHAGNON.....	64
FIGURE 38 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DU DÉSORDRE PJAR-D6 À SAINT-PAUL-EN-JAREZ	65
FIGURE 39 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE PARTIEL À GENILAC.....	66
FIGURE 40 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DE CHAM-D6 À SAINT-CHAMOND.....	66
FIGURE 41 : RÉSULTATS DE L'ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES (WONG ET ALL, 2006) CONCERNANT LES MES	70
FIGURE 42 : RÉSULTATS DE L'ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES (WONG ET ALL, 2006) CONCERNANT LA DCO	71

FIGURE 43 : RÉSULTATS DE L'ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES (WONG ET ALL, 2006) CONCERNANT LA DBO ₅	71
FIGURE 44 : ILLUSTRATION DE LA DIFFÉRENCE DE VOLUME SELON LE NOMBRE DE BV DU FAIT DE L'AMORTISSEMENT DES APPORTS	78
FIGURE 45 : SCHÉMA ILLUSTRANT LA MÉTHODE DES PLUIES.....	79
FIGURE 46 : EXEMPLE DE DIFFÉRENTES DÉCOMPOSITIONS D'UN MÊME BASSIN VERSANT EN SOUS-UNITÉS ..	80
FIGURE 47 : LÉGENDE EXTRAITES DES CARTES COMMUNALES RÉALISÉES	83

Liste des tableaux

TABEAU 1 : LISTE DES ÉTUDES CONSULTÉES	9
TABEAU 2 : COMPARAISON DES RÉSULTATS SIMULÉS ET OBSERVÉS.....	49
TABEAU 3 : COEFFICIENTS DE PRODUCTION CONSIDÉRÉS DANS LE MODÈLE POUR LA SIMULATION DES PLUIES DE DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR.....	54
TABEAU 4 : RÉSULTATS DE LA SIMULATION DE LA PLUIE DE PROJET DE PÉRIODE DE RETOUR 10 ANS	56
TABEAU 5 : RÉSULTATS DE LA SIMULATION DE LA PLUIE DE PROJET DE PÉRIODE DE RETOUR 30 ANS	57
TABEAU 6 : RÉSULTATS DE LA SIMULATION DE LA PLUIE DE PROJET DE PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS.....	58
TABEAU 7 : COMPARAISON DE LA SOMME DES VOLUMES À CRÉER SUR LES BV DU MODÈLE ET DU SURVOLUME DE L'HYDROGRAMME À L'AVANT DU MODÈLE	60
TABEAU 8 : VALEURS BIBLIOGRAPHIQUES EN RÉSEAU SÉPARATIF : SYNTHÈSE DES FOURCHETTES EN MG/L DE VALEURS MOYENNES/MÉDIANES ET MIN-MAX.....	69
TABEAU 13 : RÉGLEMENTATIONS ET PRÉCONISATIONS EXISTANTES SUR LE TERRITOIRE DE SAINT-ETIENNE- MÉTROPOLE.....	74
TABEAU 14 : VOLUMES DE RÉTENTION OBTENUS EN EXPLOITANT LES RÉSULTATS DU MODÈLE CONSTRUIT	77

PARTIE 1 PRESENTATION ET METHODOLOGIE

1 PRÉSENTATION ET SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

1.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Saint-Etienne Métropole dispose de la compétence assainissement depuis le 1^{er} Janvier 2011. Dans le cadre de cette compétence, elle souhaite établir un schéma de gestion des eaux pluviales sur son territoire et assurer la définition du volet pluvial du zonage prévu par l'article L2224-10 du code général des collectivités territoriales.

La définition d'un tel zonage et les dispositions sur les eaux pluviales qui en découlent nécessitent une connaissance globale du fonctionnement de ces eaux pluviales sur l'ensemble du territoire.

Ainsi, Saint-Etienne-Métropole a souhaité la réalisation d'une étude préalable sur la gestion des eaux pluviales sur le bassin versant du Gier, qui vient en complément d'une analyse similaire réalisée par SEPIA en 2012 sur les bassins versants de l'Ondaine, du Furan et du Lizeron. (« *Etude de gestion des eaux pluviales sur les bassins versants de l'Ondaine, du Lizeron et du Furan* »)

L'objet du présent rapport constitue la partie 2 de l'étude de gestion des eaux pluviales sur le bassin versant du Gier à l'échelle de Saint-Etienne-Métropole : soit le diagnostic hydraulique et qualitatif, faisant suite à l'état des lieux.

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Saint-Etienne-Métropole souhaite connaître le fonctionnement du ruissellement pluvial sur le bassin versant du Gier sur le territoire exclusif de Saint-Etienne-Métropole. L'objectif de l'étude est de définir des règles de gestion des eaux pluviales sur l'ensemble du secteur étudié.

Cette étude devra permettre de définir un outil d'aide à la décision par bassin versant naturel s'intégrant dans une démarche globale sur l'ensemble des communes. Chaque bassin versant naturel sera subdivisé en sous bassin versant en fonction des exutoires naturels de moindre importance et des émissaires principaux canalisés. Cette démarche permettra de déterminer et définir les débits de fuite et zones de rétention à mettre en place.

A noter que ce document n'a pas vocation à être un Plan de Prévention des Risques Inondations.

L'objectif de la deuxième phase de l'étude est de faire le diagnostic hydraulique et qualitatif du secteur d'étude. Il s'agit de quantifier les écoulements et évaluer les capacités hydrauliques du réseau pluvial afin de préciser le risque inondation lié au ruissellement pluvial et ainsi définir en phase 3 les règles de gestion des eaux pluviales. Il s'agit également de caractériser l'impact des eaux pluviales sur la qualité des cours d'eau.

1.3 CONTENU DE L'ÉTUDE

L'étude de gestion des eaux pluviales sur le bassin du Gier est découpée en 3 phases. Cette étude doit être menée conjointement à l'étude globale du Schéma directeur d'assainissement et eaux pluviales comme présenté sur le schéma ci-dessous :

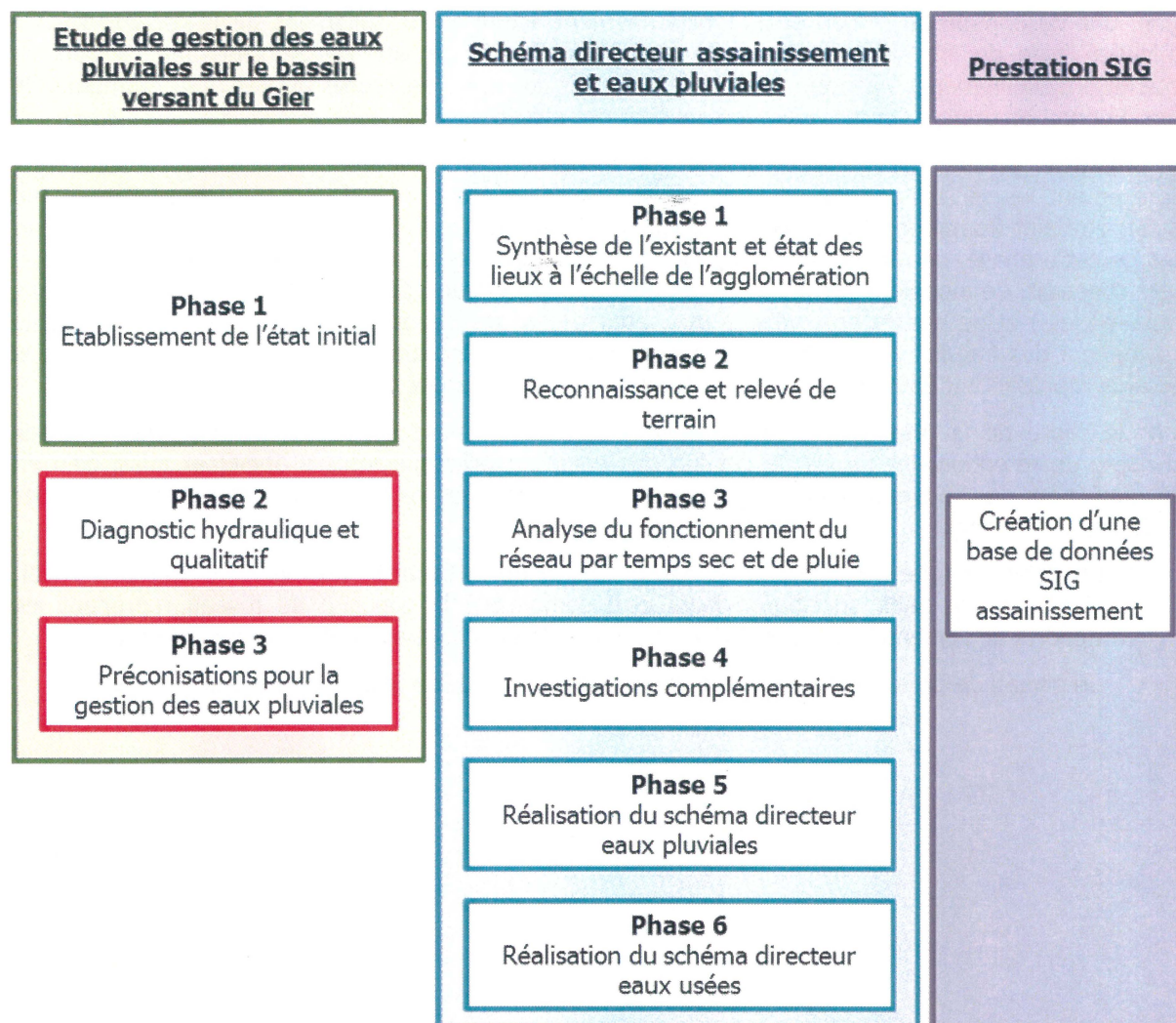


FIGURE 1 : PHASAGE DE L'ÉTUDE

Le présent rapport est organisé en deux parties :

- la première partie rappelle les objectifs de l'étude et décrit la méthodologie employée pour réaliser le diagnostic ;
- la deuxième partie présente les différentes étapes ainsi que les résultats du diagnostic et l'analyse qui en découle ;
- la troisième partie présente les préconisations à mettre en place pour la gestion quantitative des eaux pluviales.

1.4 SYNTHÈSE-CONCLUSIONS

L'étude de gestion des eaux pluviales sur le bassin versant du Gier comporte 3 phases.

La première, Etat des lieux, a permis de faire état du contexte particulier du bassin versant du Gier à l'échelle de Saint-Etienne-Métropole en termes climatique, hydrologique, hydrogéologique, de qualité du milieu naturel et occupation des sols. La synthèse des différentes règles de gestion des eaux pluviales existantes sur le secteur d'étude que ce soit à l'échelle locale ou à une échelle plus globale a mis en évidence qu'il n'existait pas de règles homogènes sur le secteur de Saint-Etienne-Métropole.

Enfin, une description du réseau et du fonctionnement actuel du ruissellement sur le secteur d'étude (calcul à l'aide du Modèle Numérique de Terrain fourni par la ville de Saint-Etienne de couloirs potentiels d'écoulement) ainsi que le recensement des zones de désordres auprès des communes de Saint-Etienne-Métropole sur le bassin versant Gier ont été effectués.

La seconde phase, Diagnostic, a mis en évidence des contraintes fortes sur le Gier que représentent les secteurs situés en sortie de Rive-de-Gier et en aval de notre secteur d'étude (au niveau de Saint-Romain-en-Gier) avec un débit spécifique de l'ordre de 5 L/s/ha avant débordement. Lors de cette phase, un modèle hydrologique et hydraulique des bassins versants drainés vers le Gier a été construit. Ce modèle a permis de déterminer les apports de différents bassins versants (92 dans notre modèle) et de mettre en évidence que, pour des fortes pluies, les apports les plus importants proviennent des bassins versants ruraux et forestiers (ce qui est tout à fait cohérent car ces bassins versants représentent 85% de la superficie totale du secteur d'étude).

Dans le cadre de la **phase 3 – Préconisations**, nous proposons pour le dimensionnement des ouvrages de rétention, les règles de gestion des eaux pluviales suivantes à appliquer aussi bien en préventif (pour des nouveaux aménagements) qu'en curatif (pour les aménagements visant à résorber un désordre existant) :

- un débit de fuite de 5 L/s/ha qui tient compte de la capacité du milieu récepteur à l'aval. Toutefois, ce débit spécifique devra être comparé à la capacité du réseau reprenant les apports de l'aménagement considéré. La valeur la plus contraignante sera alors retenue ;
- un niveau de protection trentennal, en cohérence avec les objectifs du Contrat de rivière.

2 BASE DOCUMENTAIRE

2.1 SERVICES CONTACTÉS

Lors de cette phase, nous avons contacté plusieurs services de l'Etat afin de compléter notre connaissance du bassin versant du Gier :

- Conseil Général de la Loire. Cet entretien nous a appris qu'il n'existait pas de cartes des rejets des EP de la route vers le milieu naturel ou les réseaux. Nous avons également appris que le CG42 interdisait systématiquement les rejets EP des particuliers vers les fossés routiers et demandait, dans le cas d'un nouvel aménagement, que le débit rejeté ne soit pas supérieur au débit avant aménagement de la parcelle ;
- Direction Interdépartementale des Routes Centre-Est. Des plans, dans une version provisoire, de l'A47 nous avait été fourni par Saint-Etienne-Métropole. Toutefois, ces plans étaient difficilement exploitables (localisation des rejets incertaine). Notre contact à la DIR CE nous a indiqué qu'il n'existait pas d'autres versions de ces plans et qu'il n'existait pas plus d'informations concernant la localisation des rejets ou d'éventuels volumes d'eau ruisselés ;
- Chambre d'Agriculture. Cet entretien nous a appris qu'il n'existait pas de recommandation particulière de la Chambre d'Agriculture en matière de pratiques agricoles et de gestion des eaux pluviales sur le territoire de Saint-Etienne-Métropole.

2.2 ETUDES CONSULTÉES

Le tableau suivant présente la liste des études consultées.

Titre de l'étude	Auteur	Date
Expertise post-crue 2008 sur le bassin versant du Gier	HTV/Riparia	2009
Etude hydraulique de la rivière "le Gier" et ses affluents	SOGREAH	2010
Etude globale de la qualité des eaux de surface du bassin versant du Gier	SAGE Environnement	2011
Etude pour la réduction du risque d'inondation et d'érosion sur le bassin versant du Gier	ISL	2012
Etude de gestion des eaux pluviales sur les bassins versants de l'Ondaine, du Lizeron et du Furan	SEPIA	2012
Elaboration du zonage des eaux pluviales de Saint-Romain-en-Jarez	Réalités Environnement	2013
Etude de faisabilité pour l'aménagement des 4 barrages AEP pour l'écrêtement des crues ainsi que pour l'aménagement d'ouvrages de ralentissement dynamique sur le BV Gier Partie 1 – Modélisation des barrages et simulation de l'état actuel (phase A et B) Partie 2 – Proposition et analyses de plusieurs scénarios d'aménagement	ISL	2013/2014

TABLEAU 1 : LISTE DES ETUDES CONSULTÉES

3 MÉTHODOLOGIE

Les résultats du présent diagnostic vont permettre d'établir des préconisations pour la gestion des eaux pluviales sur le territoire de la zone d'étude. Ces préconisations seront nécessaires à l'établissement du Schéma Directeur Eaux Pluviales. La mise en place de ces préconisations a pour but de réduire le risque d'inondation par ruissellement sur le bassin versant du Gier, risque très important sur ce secteur. Des réponses à cette problématique ont déjà été proposées dans le cadre du 2^{ème} contrat de rivière du Gier et notamment dans l'étude préalable à ce contrat de rivière réalisée par ISL en 2012.

Il sera ainsi nécessaire dans un premier temps de synthétiser l'approche développée par ISL dans son étude : le but poursuivi de réduction de risque d'inondation étant commun à celui de la présente étude, des interactions sont possibles entre ces deux études. En effet, nos préconisations pour la gestion des eaux pluviales s'appliqueront en préventif (pour les nouveaux projets d'urbanisation) mais aussi en curatif (pour les aménagements visant à résorber un désordre existant), elles auront ainsi un effet de non-aggravation mais également de réduction.

La méthodologie de travail proposée dans le cadre du présent diagnostic sera ainsi définie dans un deuxième temps.

3.1 CONTEXTE

Une première étude préalable au contrat de rivière du bassin versant du Gier a été réalisée par ISL en 2012.

Le contrat de rivière a plusieurs objectifs :

- l'amélioration de la qualité des eaux et des milieux aquatiques,
- la gestion du risque d'inondation et d'érosion,
- l'amélioration du cadre de vie et de la gestion quantitative de la ressource en eau.

L'étude d'ISL, intitulée « *Etude pour la réduction du risque d'inondation et d'érosion sur le bassin versant du Gier* », avait pour buts de proposer des aménagements visant à réduire les risques d'inondation et d'érosion sur le bassin versant du Gier. Elle a notamment abouti à la réalisation de fiches – actions, qui ont été prises en compte par Saint-Etienne Métropole.

3.2 PRESENTATION DU BASSIN VERSANT DU GIER

Pour rappel, le secteur d'étude concerne les communes situées à la fois sur le bassin versant du Gier et le département de la Loire et faisant partie de Saint-Etienne-Métropole ; il représente une superficie d'environ 300 km², s'étendant sur le territoire de 26 communes.

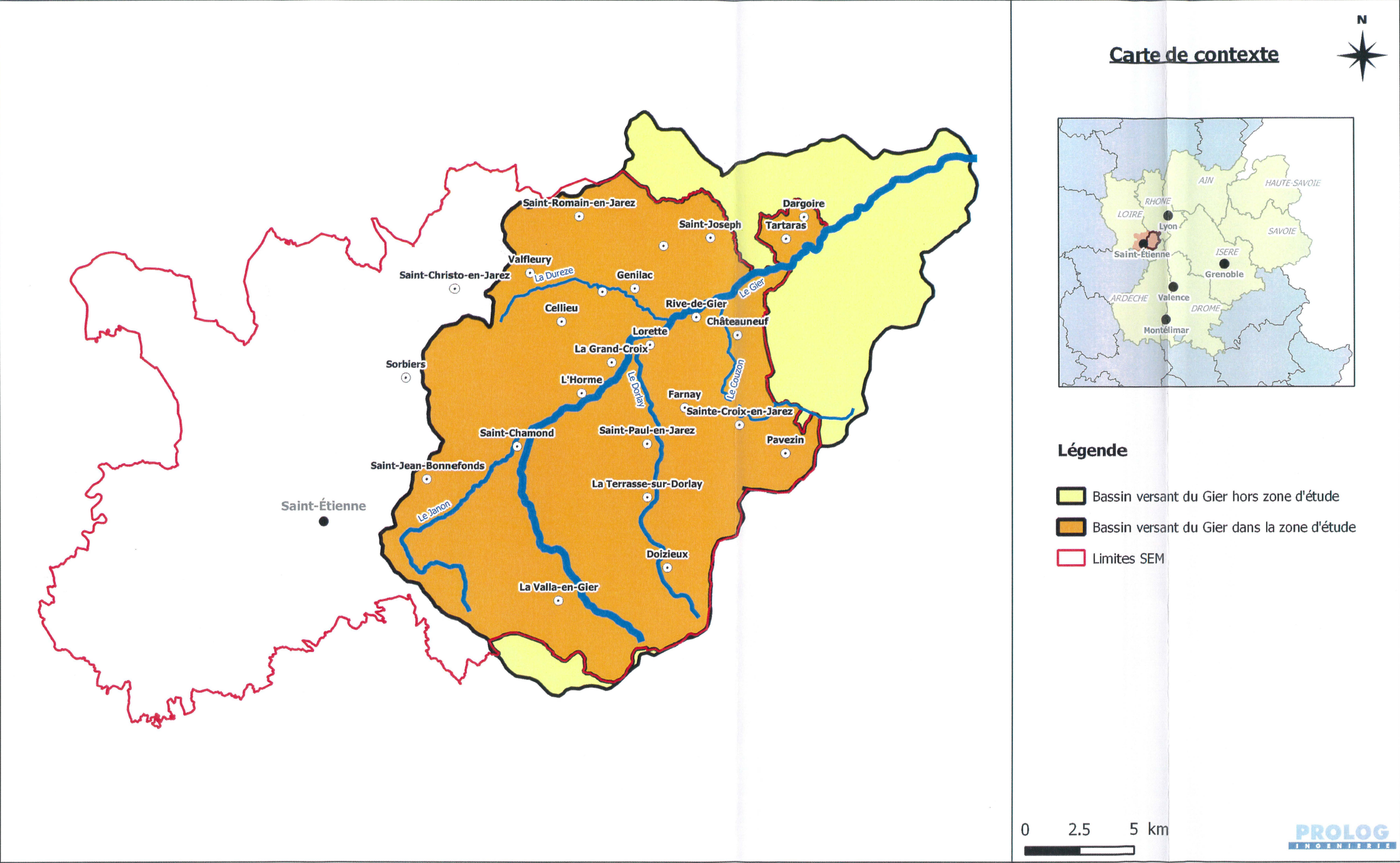


FIGURE 2 : CARTE DE CONTEXTE

Le bassin versant du Gier présente des caractéristiques assez hétérogènes avec :¹

- en rive droite, le versant du massif du Pilat, montagneux (sommets à 1400 m), pentu, essentiellement recouvert de forêts et prairies, peu urbanisé et orienté au Nord,
- en rive gauche, le versant des Monts du Lyonnais à relief plutôt collinaire, d'altitude plus faible, avec des terrains sableux et orientés au sud, propices à l'arboriculture,
- dans l'axe de la vallée une zone urbaine, industrielle, quasiment continue, s'étendant de Terrenoire à l'amont (quartier de Saint-Etienne) à Givors à l'aval dans le cas du bassin versant hydrographique du Gier, et seulement jusqu'à Dargoire pour ce qui est du bassin versant du Gier à l'échelle de Saint-Etienne-Métropole.

Les 2 cartes suivantes présentent respectivement la topographie et les pentes observées sur le secteur d'étude.

Les altitudes observées sur la zone d'étude sont comprises entre 200 m NGF à son extrémité nord-est, dans la vallée du Gier au niveau de Tartaras et Dargoire, et 1200 m NGF à son extrémité sud-ouest, dans le massif montagneux du Pilat.

Au vu de la carte des pentes, il apparaît que :

- les pentes les plus fortes (> 40%) se situent en tête de bassin versant du Gier, et plus particulièrement en tête des sous-bassins côté Pilat ;
- la partie centrale de la zone d'étude, correspondant à la vallée du Gier en aval de Saint Chamond, correspond à des zones de pentes considérées comme relativement faibles (de 0 à 15%) ;
- les pentes intermédiaires se trouvent le long et aux abords du Gier, ainsi que sur la partie Nord du bassin versant (sud du Mont du Lyonnais).

¹ Extrait du dossier de synthèse du « Contrat de rivière Gier et affluents »

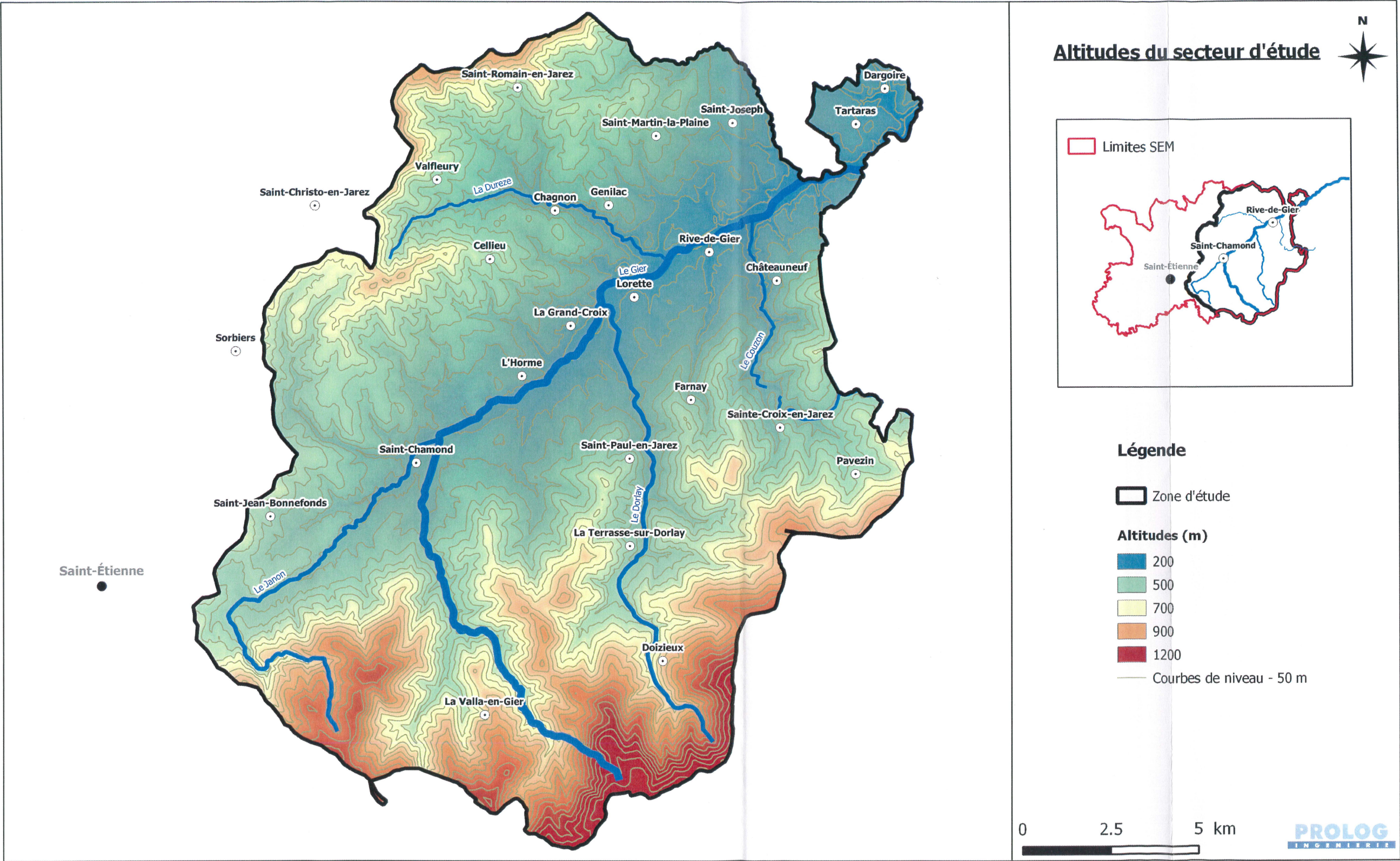


FIGURE 3 : ALTITUDES DU SECTEUR D'ÉTUDE

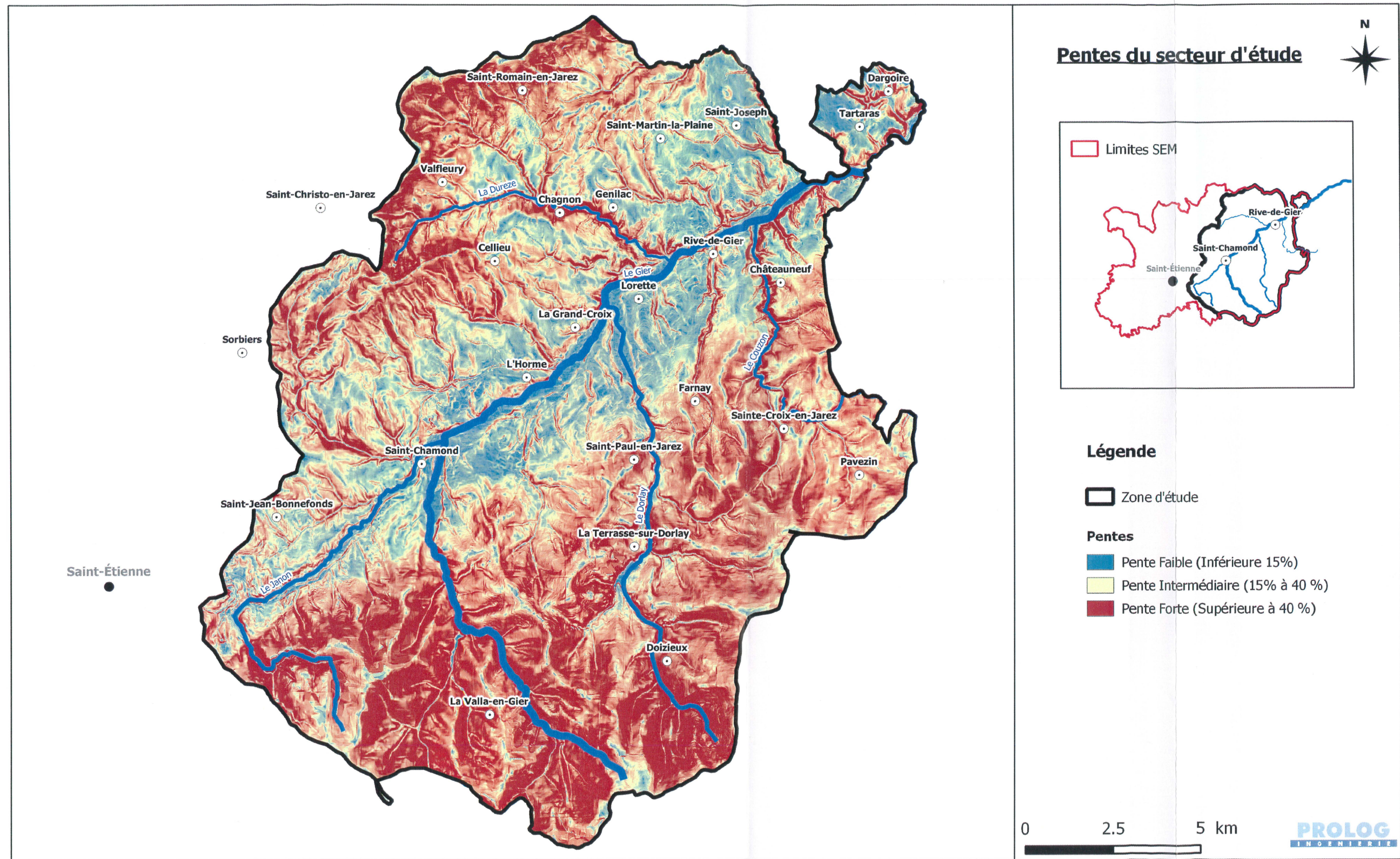


FIGURE 4 : PENTES DU SECTEUR D'ÉTUDE

3.3 MÉTHODOLOGIE ISL DANS LES ÉTUDES DE RÉDUCTION DU RISQUE D'INONDATION

Afin d'estimer les volumes de stockage à mettre en place pour améliorer la situation lors des crues dommageables, l'approche choisie par ISL était de calculer les volumes correspondant au dépassement d'un seuil de débit lors des événements de référence.

Pour ce faire, deux événements de référence ont été étudiés :

- la crue de novembre 2008 (période de retour approximative : 30 ans),
- la crue centennale.

Dans le but de détailler la méthodologie employée pour calculer les volumes de stockage nécessaires, l'exemple de Saint-Romain-en-Gier est rédigé ci-après.

3.3.1 EXEMPLE D'APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE À SAINT ROMAIN-EN GIER

Les hydrogrammes de crue sont issus du modèle hydrologique général du bassin versant.

Le modèle hydrologique construit par ISL est issu d'une transformation pluie-débit effectuée à l'aide de la méthode GR4. Il est construit pour chaque zone pour laquelle une connaissance des hydrogrammes de crue est nécessaire, c'est-à-dire les points d'entrée du modèle hydraulique et à l'amont des zones à enjeux. Ce modèle hydrologique est calé à partir de la crue de 2008 et des mesures effectuées aux stations hydrométriques du Gier (Rive-de-Gier et Givors).

Les hydrogrammes de crue de Saint-Romain-en-Gier sont représentés sur le graphique suivant :

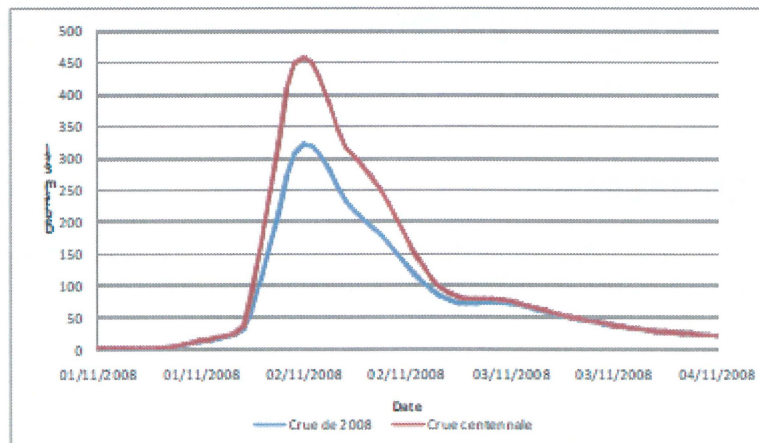


FIGURE 5 : HYDROGRAMMES DE CRUE DE SAINT-ROMAIN-EN-GIER

De plus, d'après le modèle hydraulique du PPRI, le débit admissible par cet enjeu est égal à 197 m³/s. Ce débit correspond à un débit de crue de période de retour 10 ans selon l'étude PPRI et 20 ans selon les statistiques issues de la Banque Hydro. Les volumes correspondant au dépassement de ce seuil s'en déduisent :

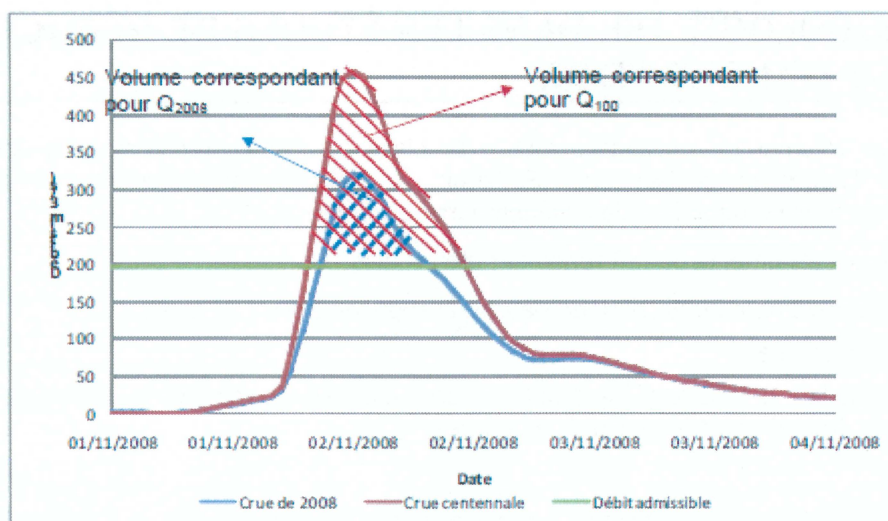


FIGURE 6 : ESTIMATION DES VOLUMES CORRESPONDANT AU DÉPASSEMENT DU SEUIL DE DÉBIT ADMISSIBLE

D'après ISL, le volume de l'hydrogramme correspondant au dépassement de débit ne représente pas le volume à stocker car un programme de stockage n'est jamais optimal du point de vue de l'écrêtement. ISL fait l'hypothèse d'un rendement de 50% (tiré de leur expérience). C'est à dire que pour ramener le débit à une valeur donnée, il est nécessaire de stocker le double du volume correspondant au dépassement de ce débit.

Dans le cas de Saint-Romain-en-Gier, les résultats sont les suivants :

Saint-Romain	Seuil (m³/s)	Qp (m³/s)	Volume correspondant	Volume de surstockage
Crue centennale	197	458	7,86 Mm³	15,7 Mm³
Crue 2008	197	320	2,7 Mm³	5,4 Mm³

3.3.2 SITES « SENSIBLES »

Une analyse coût-bénéfice a ensuite permis de lister les sites « prioritaires » vis-à-vis des dommages liés aux crues, en ordre décroissant d'importance (dommages supérieurs à 1 M€ pour la crue centennale) :

- Rive-de-Gier,
- Givors,
- Zone Industrielle de Chambon (Collenon),
- Zone Industrielle de la Péronnière,
- STEP Tartaras,
- Zone d'Activité Ouest de Givors.

3.3.3 SCÉNARIOS À ÉTUDIER

Dans le cadre de cette première étude, ISL a défini plusieurs scénarios afin de réduire les risques d'inondation sur le bassin versant du Gier. Deux grandes orientations ont été retenues selon qu'il est envisagé ou non d'utiliser les barrages existants pour l'écrêtement des crues.

La première orientation envisage cette utilisation. Dans ces conditions, les scénarios d'aménagement qui peuvent être envisagés sont les suivants, de complexité croissante :

- scénario 1 : des interventions strictement locales : modification des ouvrages hydrauliques, élargissements locaux des lits mineurs, destructions de seuils,...

- scénario 2 : des interventions strictement locales accompagnées de stockages dans les barrages existants,
- scénario 3 : scénario mixant programme généralisé de surstockage (barrages existants + nouveaux sites de surstockage) et interventions locales.
- scénario 4 : un dernier scénario permet d'étudier l'impact hydraulique d'actions destinées à mettre en valeur les milieux aquatiques. Ce scénario a pour objectifs de connaître les effets hydrauliques (positifs ou négatifs) de ces actions pour la lutte contre les inondations.

La seconde orientation n'envisage pas l'utilisation des ouvrages existants mais prévoit la création d'un ouvrage écrêteur d'importance.

3.3.4 SCÉNARIO RETENU ET SUITE À DONNER

Le scénario qui a été retenu par SEM et ISL est le n°3.

Les actions intégrées à ce scénario consistent à utiliser les 4 barrages AEP en service et à créer de petits ouvrages de surstockage sur les affluents du Gier, qui auront un impact plus local.

Ces ouvrages de surstockage sont soit des bassins de rétention situés en parallèle des cours d'eau, soit des ouvrages transversaux à pertuis ouverts.

Les stockages mis en place vont permettre d'écrêter les débits de crue et ainsi diminuer ces débits de crue transitant dans les affluents du Gier concernés pour des conditions hydrologiques similaires. Les volumes définis sont les suivants :

Affluents	Volume (m³)	Gains hydrauliques
Janon	200 000	Les débits de pointe de la crue type 2008 passent d'une période de retour 30 ans à 15 ans Abaissement des cotes de la crue centennale aux cotes de la trentennale
Onzion	60 000	Abaissement des cotes de la crue centennale aux cotes de la vingtennale
Durèze	36 000	Abaissement des cotes de la crue centennale aux cotes de la cinquennale
Langonand	32 000	Abaissement des cotes de la crue centennale aux cotes de la vingtennale
Ricolin	32 000	Abaissement des cotes de la crue centennale aux cotes de la vingtennale
Collenon	15 000	Abaissement des cotes de la crue centennale aux cotes de la vingtennale
Féloin	16 000	Abaissement des cotes de la crue centennale aux cotes de la cinquennale

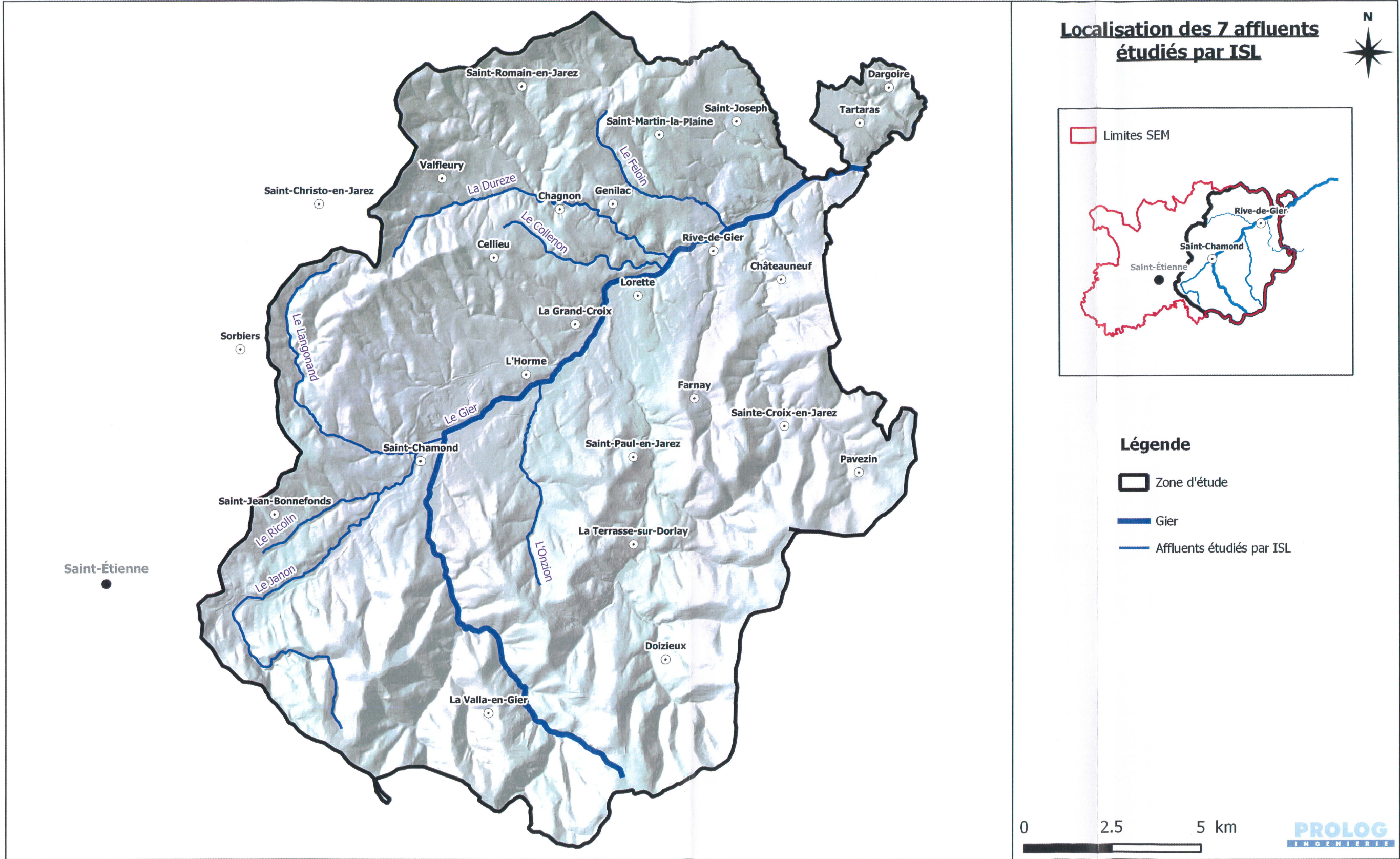


FIGURE 7 : LOCALISATION DES AFFLUENTS DU GIER SUR LESQUELS ISL PRÉCONISE DES OUVRAGES À METTRE EN PLACE

Ces ouvrages ont été pré positionnés sur le territoire. Ils sont dimensionnés en faisant en sorte que le débit de fuite corresponde au débit acceptable au droit des enjeux situés sur les affluents. Ensuite, les volumes potentiellement stockables ont été calculés au regard d'une analyse grossière (cartographie IGN SCAN 25) de la topographie de la zone.

ISL est actuellement en train d'effectuer l'étude de faisabilité pour l'aménagement des 4 barrages d'alimentation en eau pour l'écrêtement des crues ainsi que pour l'aménagement des ouvrages de ralentissement dynamique sur le bassin versant du Gier commandée par Saint-Etienne-Métropole.

3.4 ANALYSE DES ÉTUDES ISL

Dans son étude de faisabilité pour l'aménagement des ouvrages de ralentissement dynamique sur le bassin versant du Gier commandée par Saint-Etienne-Métropole (actuellement en cours), ISL dimensionne les ouvrages « *en faisant en sorte que le débit de fuite corresponde au débit acceptable au droit des enjeux situés sur les affluents²* ». Les volumes sont dimensionnés pour une crue trentennale et de sorte à écrêter les débits supérieurs au débit de fuite considéré.

Dans sa première étude réalisée pour le contrat de rivière, ISL donne les règles de gestion des eaux pluviales à mettre en place pour les nouveaux aménagements suivantes :

- débit de fuite maximal de 15 L/s/ha. D'après ISL, ce débit correspond au ruissellement naturel (avant urbanisation) calculé à partir du modèle GESRES d'ISL sur la base d'un épisode orageux (de période de retour 10 ans, basée sur l'événement de novembre 2008). Toutefois, ce débit est ramené à 15 L/s/ha imperméabilisé dans leurs préconisations issues des fiches-actions,
- volume de stockage de 240 m³/ha imperméabilisé. Ce volume a été calculé pour une pluie d'orage décennale sur la base de la méthode des pluies issues de l'instruction technique de 1977.

En ce qui concerne le débit de fuite à mettre en place, ISL utilise l'approche consistant à considérer le débit naturel de ruissellement et non pas à regarder la capacité du milieu aval avant débordement. Cette approche est donc la même que SEPIA mais diffère de l'approche adoptée par ISL dans leur étude de faisabilité des ouvrages de ralentissement dynamique. Si on applique la règle de débit de fuite de 15 L/s/ha sur l'ensemble du territoire du Gier, cela donne un débit de 585 m³/s à Saint-Romain-en-Gier. Or cette même étude ISL mettait en évidence un débit de débordement de 200 m³/s à cet endroit. Ainsi, ne pas prendre en compte la capacité du milieu aval lors de la définition de préconisations engendre le risque de ne pas complètement limiter les risques de débordement de ce milieu aval.

En ce qui concerne le volume de rétention à mettre en place, celui-ci est préconisé sur la base d'un événement de période de retour 10 ans. Cette règle aura ainsi pour effet de limiter l'efficacité des aménagements entrepris le long des cours d'eau et donc des ouvrages de ralentissement dynamique qu'ils entreprennent de faire (dimensionnés pour T = 30 ans).

² Cf. CCTP « *Etude de faisabilité pour l'aménagement des 4 barrages AEP pour l'écrêtement des crues ainsi que pour l'aménagement d'ouvrages de ralentissement dynamique sur le bassin versant du Gier* »

3.5 LIEN ENTRE LES ÉTUDES ISL ET LE SCHÉMA DIRECTEUR DE SAINT ETIENNE MÉTROPOLE

L'étude d'ISL porte sur la réduction du risque inondation d'un point de vue rivière (Gier et affluents). A l'issue de cette étude, ISL propose des volumes de rétention à mettre en place pour diminuer la fréquence d'inondation sur le Gier et 7 de ses affluents en tenant compte de l'occupation des sols actuels.

Pour que ces volumes de rétention préconisés par ISL jouent pleinement leur rôle, il est indispensable que tout nouveau projet d'urbanisation sur le territoire du BV Gier n'augmente pas les débits évacués vers le Gier et ses affluents.

Dans le cadre de l'étude du schéma directeur de Saint-Etienne-Métropole, les études de Prolog Ingénierie doivent répondre aux objectifs suivants:

- d'une part réduire le risque inondation mais du point de vue du réseau au niveau des secteurs sensibles mis en évidence lors de l'état des lieux (visites aux communes et analyses des études existantes).
- d'autre part définir des règles permettant que tout nouveau projet d'urbanisation n'aggrave pas la situation actuelle. Des mesures compensatoires doivent alors être prévues. Ces mesures compensatoires consistent à préconiser un débit de fuite et un volume de rétention pour tout nouvel aménagement. Ces limitations seront préconisées en fonction des inondations constatées sur les réseaux d'assainissement et sur le territoire des communes, des capacités aux exutoires des réseaux principaux mais également de la capacité du Gier et ses affluents, dans lequel se rejettent finalement les eaux pluviales.

Ces deux objectifs du schéma directeur sont donc distincts et complémentaires de ceux des études d'ISL.

3.6 MÉTHODOLOGIE RETENUE DANS LE CADRE DU DIAGNOSTIC EP BV GIER

3.6.1 PRÉAMBULE

La méthodologie retenue dans le cadre du présent diagnostic permettra d'une part d'agir d'un point de vue **préventif, en définissant des règles de gestion des eaux pluviales sur l'ensemble du territoire d'étude** portant sur les limitations de débit de fuite et volumes de stockage à mettre en place. **Ces règles devront alors être prises en compte lors de tout projet d'aménagement.** A noter de plus qu'une différenciation des préconisations sur les débits de fuite selon que l'on ait affaire à un rejet d'eau pluviale direct au milieu naturel ou à un rejet au réseau pourrait être envisagée.

Cette méthodologie permettra d'autre part d'agir d'un point de vue **curatif** : là où des désordres sont constatés, **des solutions à mettre en place seront proposées afin de réduire les inondations sur le secteur considéré.**

3.6.2 MÉTHODOLOGIE

L'approche retenue consiste à définir les débits spécifiques³ au niveau d'exutoires de réseaux pluviaux ou unitaires. Les différents exutoires étudiés sont déterminés avec la découpe du secteur d'étude en sous-bassins versants, ce qui permet notamment d'évaluer le débit drainé par ces sous-bassins versants. Les débits spécifiques aux exutoires sont ensuite comparés aux débits spécifiques avant

³ Débit spécifique : débit au niveau d'un exutoire divisé par la surface du bassin versant drainé vers cet exutoire

débordement du Gier et des affluents qui reprennent ces sous-bassins versant pluviaux ou unitaires. Le schéma simplifié ci-dessous permet d'illustrer la méthode proposée :

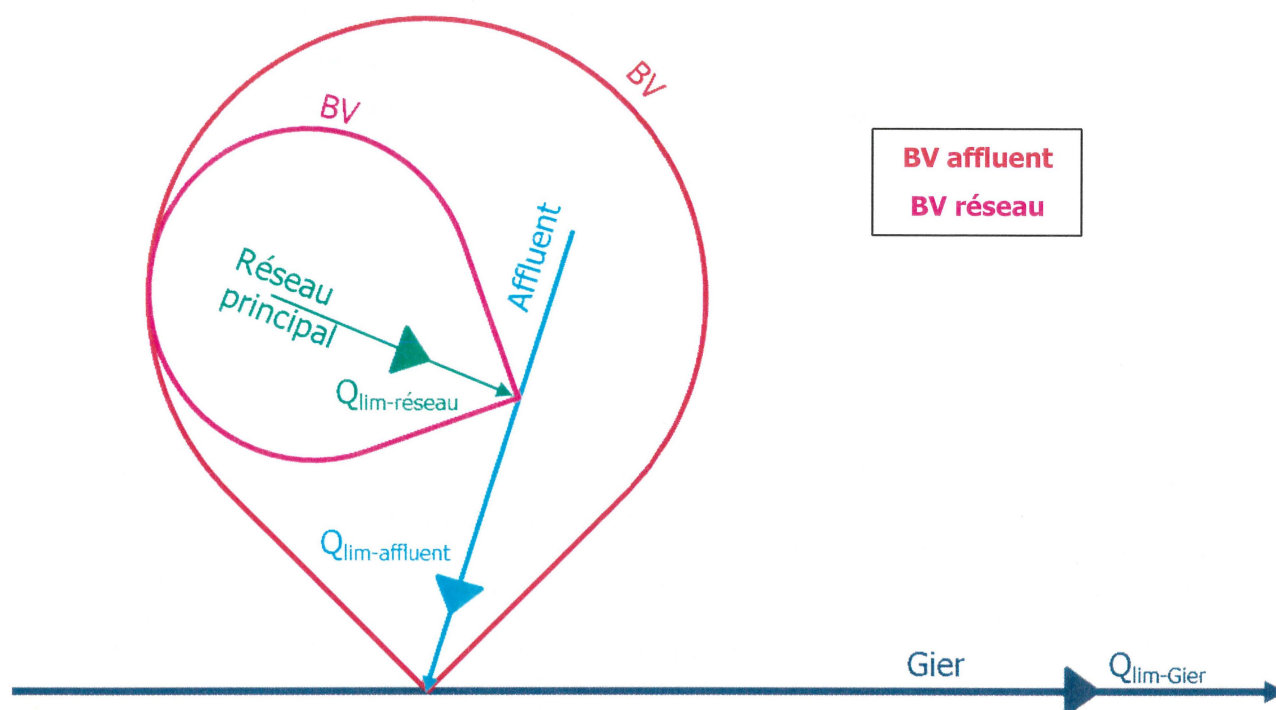


FIGURE 8 : SCHÉMA ILLUSTRANT L'APPROCHE RETENUE POUR LE DIAGNOSTIC

En matière de ruissellement des eaux pluviales et de lutte contre les inondations, il est nécessaire d'avoir un raisonnement à l'échelle des réseaux d'assainissement qui drainent les bassins versants ainsi qu'à l'échelle du Gier qui est l'exutoire final vers lequel les eaux pluviales vont ruisseler.

Les règles de gestion des eaux pluviales que nous proposons de mettre en place doivent être définies en tenant compte des objectifs suivants :

- d'une part limiter les risques de débordement du Gier pour un événement hydrologique ayant une certaine période de retour.
- d'autre part, les risques de débordement du réseau, là encore pour un événement hydrologique ayant une certaine période de retour qui peut être différente de celle retenue sur le Gier⁴.

⁴ En effet, il est fréquent de dimensionner des réseaux d'assainissement pour des événements pluvieux de période de retour de l'ordre de 10 ans alors qu'au niveau d'un cours d'eau, il est plutôt recherché une protection plus conséquente en prenant en compte des crues de période de retour trentennale voire centennale.

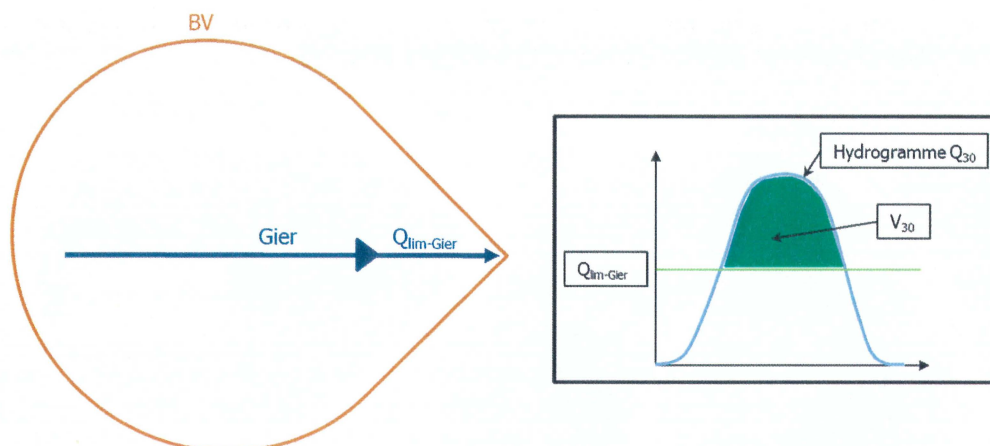


FIGURE 9 : SCHÉMA ILLUSTRANT LE RAISONNEMENT À L'ÉCHELLE DU GIER

A l'exutoire de son bassin versant, le Gier présente un débit limite avant débordement $Q_{\text{lim-Gier}}$, soit un débit spécifique avant débordement $q \text{ en } L/s/ha = \frac{Q_{\text{lim-Gier}}}{S_{\text{BV Gier}}}$. Les valeurs de débit de fuite qui seront préconisées pour tout nouvel aménagement ne doivent pas s'éloigner de cette valeur sous peine de ne pas tendre vers l'objectif de limitation des débordements du Gier. Le volume de rétention global à mettre en place sur le bassin versant du Gier découle de ce débit limite avant débordement ainsi que du niveau de protection souhaitée : par exemple dans le cadre du contrat de rivière du Gier, l'un des objectifs est de faire transiter la crue trentennale⁵ sans débordement. Si on considère ce niveau de protection, cela donne un stockage global à mettre en place sur le bassin versant du Gier de $v_{30} \text{ en } m^3/ha = \frac{V_{30}}{S_{\text{BV Gier}}}$, V_{30} étant le survolume considéré si l'hydrogramme de crue trentennal est écrêté à une valeur de débit correspondant à la capacité du Gier avant débordement. Ce niveau de protection (volume v_{30} et débit de fuite q) est le cas idéal (aucun débordement sur le Gier pour des événements de périodes de retour inférieures ou égales à 30 ans) vers lequel veut tendre Saint-Etienne-Métropole dans un premier temps avant d'atteindre dans un deuxième temps une protection contre des événements de période de retour centennale.

Le niveau de protection à mettre en place qui peut être demandé pour éviter des débordements ne sera pas le même à l'échelle du Gier qu'à l'échelle du réseau. Dans le cas du Gier, l'objectif sera de se protéger contre les débordements pour des événements de périodes de retour de l'ordre de 30 à 100 ans alors que dans le cas du réseau il est plus classique de se protéger contre des débordements induits par des événements de périodes de retour de 10 à 20 ans.

⁵ Cet objectif, à moyen terme, est énoncé dans le CCTP de l'« Etude de faisabilité pour l'aménagement des 4 barrages AEP pour l'écêtement des crues ainsi que pour l'aménagement d'ouvrages de ralentissement dynamique sur le bassin versant du Gier ». A plus long terme, Saint-Etienne-Métropole a pour objectif de faire transiter la crue centennale sans débordement.

PARTIE 2 : DIAGNOSTIC

1 PRÉAMBULE

Afin d'expliquer la nécessité des différents traitements cartographiques, hydrologiques et hydrauliques réalisés par la suite, nous présentons ci-après, le fil conducteur de la stratégie que nous proposons de retenir dans le cadre du dimensionnement des différents aménagements sur le bassin versant du Gier.

Un des objectifs de l'étude de gestion des eaux pluviales sur le bassin versant du Gier est la définition de préconisations (débit de fuite et volume de rétention) à mettre en place sur l'ensemble des sous-bassins versants drainés vers le Gier. Le but de ces préconisations est de limiter les inondations sur le territoire du bassin versant du Gier à l'échelle de Saint-Etienne-Métropole et ainsi de ne pas aggraver la situation.

Cette limitation ne pourra être effective sans la prise en compte dans nos préconisations du débit limite avant débordement du Gier. C'est pourquoi notre première étape est de déterminer les débits spécifiques du Gier avant débordement. Les aménagements préconisés devront avoir un débit de fuite spécifique égale au débit spécifique limite du Gier avant débordement. Les débits supérieurs devront être stockés. Les volumes stockés dépendront du niveau de protection qui reste à définir (10, 30 ou 100 ans) en accord avec Saint-Etienne-Métropole.

Ainsi, afin de satisfaire cet objectif, PROLOG a fait le choix de construire un modèle hydrologique et hydraulique qui englobe les différents bassins versants du secteur d'étude ainsi que le Gier, exutoire naturel de ces bassins versant, qui est modélisé de manière simplifiée.

Ce modèle sera ensuite calé globalement à partir des éléments recueillis pour la crue des 1^{er} et 2 novembre 2008.

Ce modèle permettra ensuite de déterminer des hydrogrammes d'apport pour chacun des bassins versants pour des pluies de projets de période de retour 10, 30 et 100 ans. A partir de ces hydrogrammes et en tenant compte de la capacité avant débordement du Gier, nous définirons le dimensionnement des aménagements (débit de fuite et volume de rétention) qui seront préconisés sur tous les sous-bassins versants étudiés en fonction du niveau de protection qui sera retenu par SEM par la suite.

2 CAPACITÉ DU GIER ET DÉBIT SPÉCIFIQUE

Les préconisations que nous allons mettre en place tiendront compte de la capacité du Gier avant débordement. L'« *Etude pour la réduction du risque d'inondation et d'érosion sur le bassin versant du Gier* » réalisée par ISL en 2012 donnait les débits de débordement du Gier pour un certain nombre de tronçons. Ces tronçons ainsi que les débits de débordement, et les débits spécifiques associés, sont les suivants :

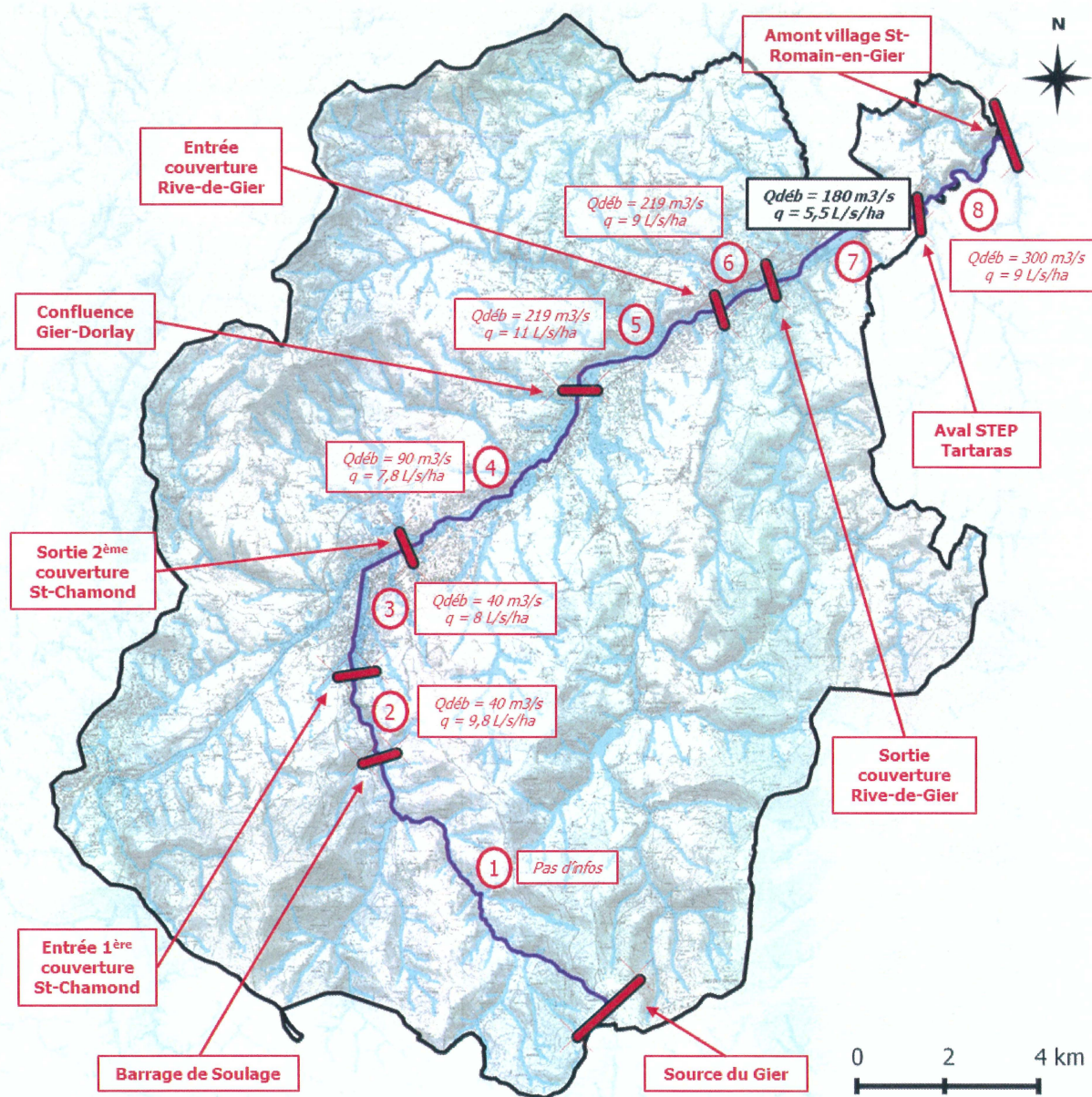


FIGURE 10 : DÉCOUPAGE DU GIER EN TRONÇONS (DÉCOUPAGE ISSU DE L'ÉTUDE ISL)

Ces débits de débordements sont ceux que nous considérerons dans la suite de l'étude :

- pour la construction de notre modèle hydraulique. Les profils en travers simplifiés du Gier seront définis de manière à respecter ce débit de débordement ;

- pour la définition des préconisations de gestion des eaux pluviales. Les débits présentés par ISL montrent une contrainte forte en sortie de Rive-de-Gier avec un débit spécifique de l'ordre de 5 L/s/ha. Nous retiendrons donc ce débit spécifique pour nos futures préconisations.

Remarque : Ce débit spécifique limite avant débordement d'environ 5l/s/ha se retrouve également en aval de notre secteur d'étude et plus particulièrement au niveau de la commune de Saint Romain en Gier (cf. étude ISL). La période de retour de ces débits est légèrement supérieure à 10 ans.

3 DÉTERMINATION DES APPORTS DES BASSINS VERSANTS

La première étape de construction de notre modèle est la découpe du secteur en sous-bassins versants. Le principe de cette découpe est explicité dans le paragraphe suivant.

3.1 PRINCIPE DE DÉCOUPAGE EN BASSIN VERSANT DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE DIAGNOSTIC

La découpe en sous-bassin versant est réalisée en superposant les réseaux d'eaux pluviales et unitaires récupérés, les axes d'écoulement mis en évidence avec le MNT, les désordres recensés ainsi que la couche d'occupation des sols Corine Land Cover. Cette découpe en sous-bassin versant est faite sur la totalité du territoire d'étude, que des désordres soient constatés ou non, d'une part afin de définir des règles de gestion des eaux pluviales sur tout le secteur et d'autre part afin d'estimer les apports de tous les sous-bassins versants vers l'exutoire du modèle hydraulique simplifiée et vérifier ainsi la bonne représentativité du modèle numérique.

Il existe déjà plusieurs couches de sous-bassins versants. Ces couches constituent un support de base auxquelles les différentes informations précédemment citées sont superposées les unes après les autres, constituant ainsi plusieurs critères de vérification de la découpe.

Trois couches de sous-bassins versants nous ont été fournies par Saint-Etienne-Métropole :

- la couche des sous-bassins versants « de crue » ;
- la couche des sous-bassins versants issue de l'étude ISL préalable au contrat de rivière ;
- la couche des sous-bassins versants issue de l'étude CESAME 2010.

La **première étape du raisonnement** est de superposer ces couches aux **axes de ruissellement** calculés lors de l'état des lieux. Le choix est fait de considérer comme découpe « support » la découpe issue du contrat de rivière car ces sous-bassins versants englobent correctement les axes de ruissellement déterminés dans le cadre de l'étude à partir du MNT fourni (cf. Etat des lieux). On dispose alors d'une couche de sous-bassins versants constituant un support pour effectuer par la suite une découpe plus précise des sous-bassins versants.



FIGURE 11 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - SUPERPOSITION DES COUCHES DE SOUS-BASSINS VERSANTS

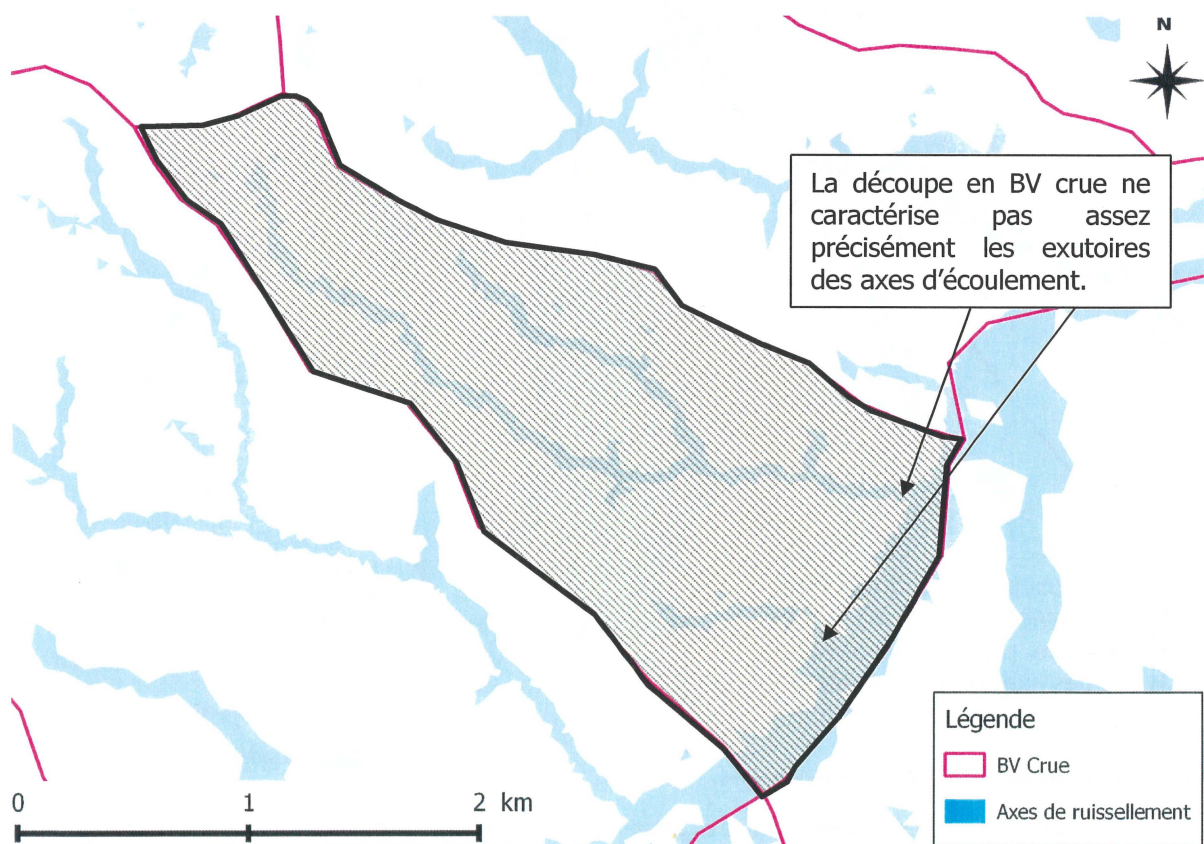


FIGURE 12 : ÉTAPE 1 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : COUCHE DE BV CRUE

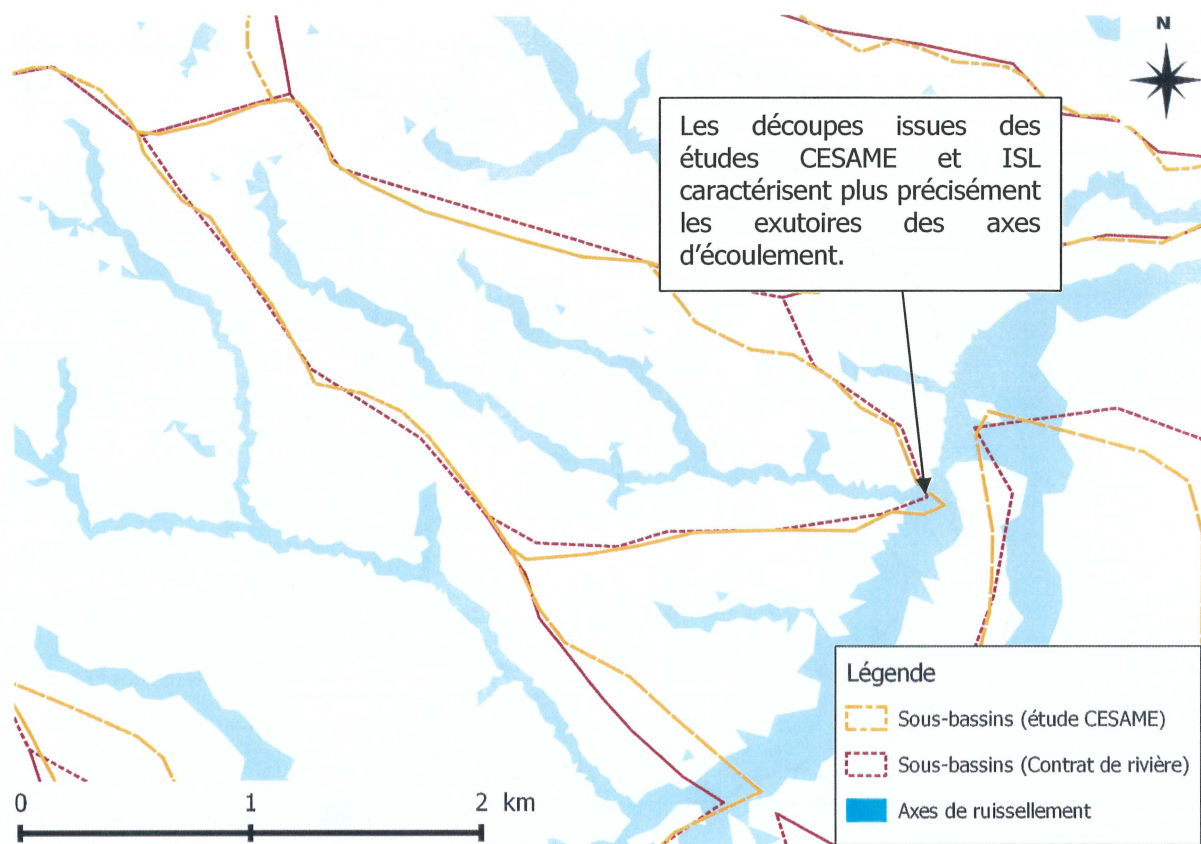


FIGURE 13 : ÉTAPE 1 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : COUCHES DE BV D'ÉTUDES PRÉCÉDENTES

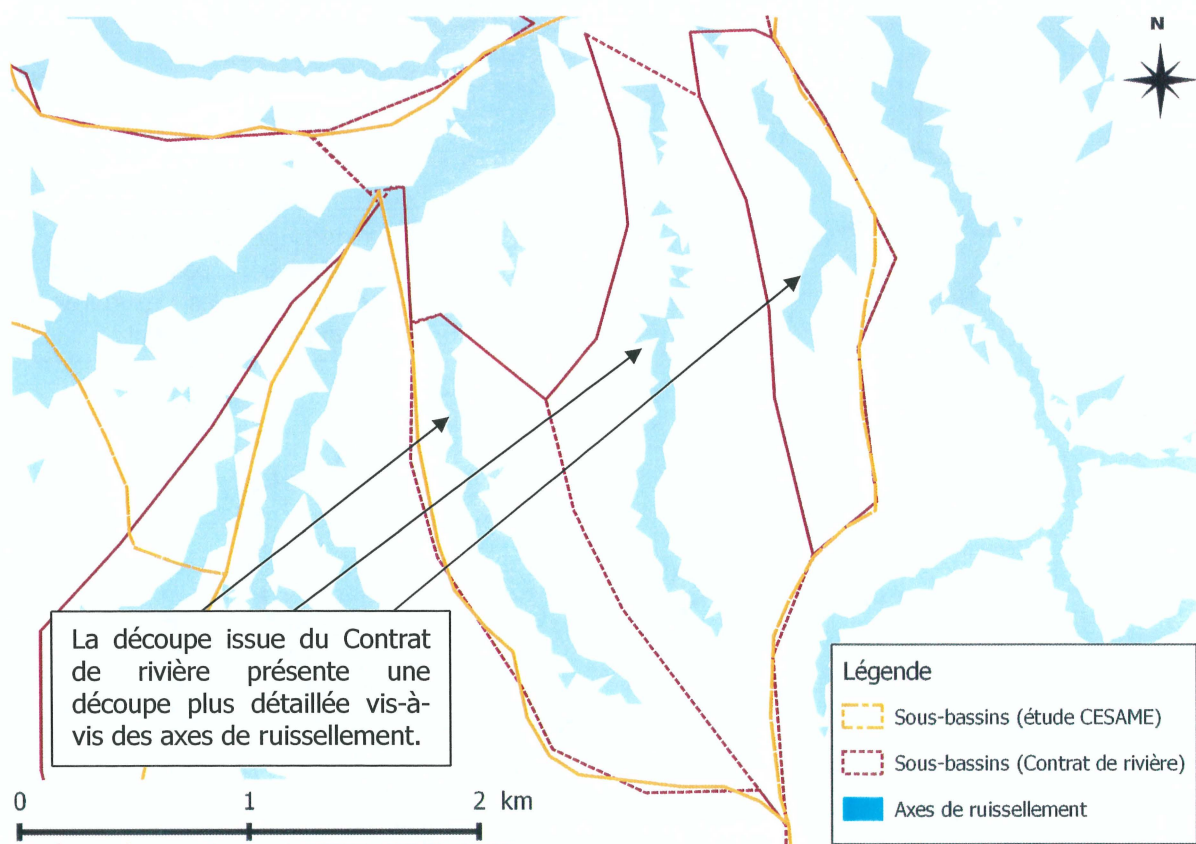


FIGURE 14 : ÉTAPE 1 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : CHOIX D'UNE COUCHE DE BASE

Toutefois, il s'est avéré que la couche de bassins versants issues du contrat de rivière présentait plusieurs erreurs de topologie (limites de bassins versants disjointes ou superposées). Nous avons alors redécoupé le secteur d'étude en bassins versants à l'aide du MNT afin de supprimer ces erreurs de topologie.

La **deuxième étape du raisonnement** consiste à superposer les **désordres recensés** au cours des entretiens avec les communes à la couche de sous-bassins versants et des axes de ruissellement. Des exutoires peuvent alors être rajoutés en fonction des désordres recensés dans le but de caractériser le bassin versant à l'amont du désordre. Le découpage en sous-bassins versants d'origine est alors modifié selon les exutoires rajoutés. Il est ainsi possible de déterminer les ruissellements à l'origine de ce désordre.

Lors des entretiens avec les communes, de nombreux désordres nous ont été signalés. L'ensemble de ces désordres ne peuvent être traités dans le cadre de cette étude : en effet, certains désordres sont ponctuels et nécessitent une étude locale, il ne sera pas possible de le traiter à l'échelle du Schéma Directeur. Toutefois, des propositions d'étude ainsi que leur chiffrage pourront être avancés.

Ainsi, pour les besoins du diagnostic, les désordres ont été classés en quatre catégories :

- la première catégorie rassemble des désordres qui pourront être analysés plus en détail dans le cadre de l'étude car ils sont localisés à l'exutoire des bassins versants considérés.
- la deuxième catégorie concerne des désordres pour lesquels des solutions et/ou travaux sont déjà prévus (à Cellieu, des soucis en temps de pluie ont été signalés dans le secteur de Salcigneux. Des travaux sont déjà prévus par Saint-Etienne-Métropole afin de résorber ce problème) ;
- la troisième catégorie liste les désordres considérés comme des problèmes ponctuels et qui ne sont pas traités dans le cadre de l'étude. En effet, la résolution de ces problèmes identifiés nécessite une connaissance beaucoup plus fine de la cause de ces problèmes, connaissance que l'on ne peut avoir à l'échelle globale de notre étude (des études complémentaires ainsi que leur chiffrage seront toutefois proposés). Il s'agit par exemple :
 - de dysfonctionnements locaux des réseaux d'assainissement (débordement du réseau EP de La Grand-Croix dû au passage d'un Ø200 en amont à un Ø150 en aval. Résoudre ce problème demande la définition du bassin versant drainé en amont des collecteurs ainsi que la prise en compte de l'influence des réseaux proches et des niveaux d'eau en aval de ces collecteurs. Cette connaissance ne peut être acquise dans le cadre de notre étude générale) ;
 - de désordres localisés (inondation d'un garage à Dargoire du fait sa situation en contre-bas de la route, inondations de caves à Saint-Romain-en-Jarez. Résoudre ces problèmes nécessitent la réalisation d'études ponctuelles afin d'étudier les possibilités respectives de surélévation du terrain naturel autour du garage ou d'utilisation de pompage pour évacuer les eaux pluviales) ;
 - ou, au contraire, de multiples problèmes localisés dans un même secteur (des problèmes d'inondation, de ruissellement, de remontée de nappes sont constatés dans le secteur dit de « la Chablure » à Saint-Chamond) ;
- la quatrième catégorie regroupe les désordres dont la cause n'est pas seulement liée à l'écoulement des eaux pluviales (à Lorette par exemple, un affaissement de galerie nous a été signalé. Ce problème n'est pas uniquement dû au ruissellement des eaux pluviales mais également à un problème géotechnique).

L'exemple ci-après illustre le classement des désordres retenu :

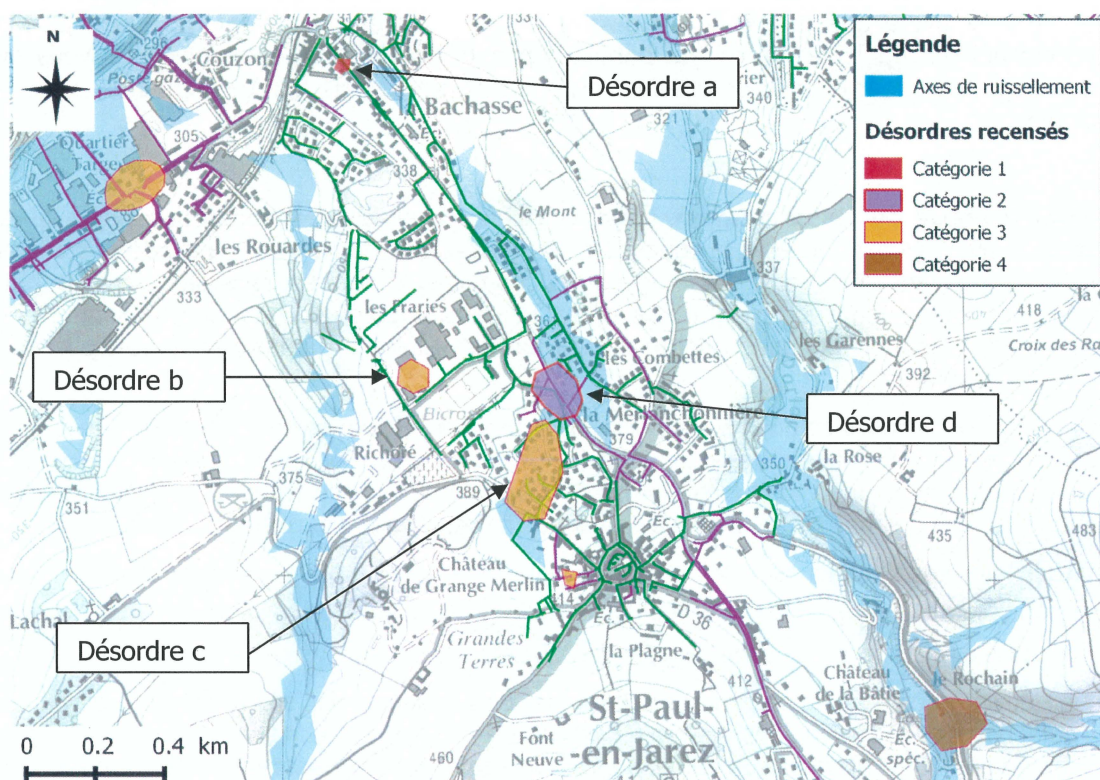


FIGURE 15 : CLASSEMENT DES DÉSORDRES SUR LA COMMUNE DE SAINT-PAUL-EN-JAREZ

Désordre a : « débordement du réseau en temps de pluie ». Ce désordre a été classé en catégorie 1 de par sa position en aval d'un sous-bassin versant. Mettre un exutoire à cet endroit permettra d'estimer la rétention globale à mettre en place sur ce sous-bassin versant. En revanche, le niveau de connaissance que nous avons à l'échelle de l'étude du Schéma Directeur de Saint-Etienne-Métropole ne nous permettra pas de déterminer précisément la répartition des apports entre les différentes conduites situées en parallèle les unes des autres (pour cela une modélisation précise des réseaux serait nécessaire).

Désordre b : « zone située en contrebas de la route, problème d'inondation et de refoulement des canalisations ». Résoudre ce problème nécessiterait d'avoir une connaissance plus précise de la zone en question ainsi que du fonctionnement des réseaux. Cette connaissance ne peut être acquise à l'échelle de travail de l'étude du Schéma Directeur de Saint-Etienne-Métropole.

Désordre c : « Problèmes de débordements et d'inondations ». Ce désordre a également été classé en catégorie 3 car dans ce cas une modélisation des réseaux serait nécessaire afin d'identifier plus précisément les zones de débordements ainsi que l'origine des apports. Là encore, cette connaissance ne peut être acquise à l'échelle de l'étude du Schéma Directeur de Saint-Etienne-Métropole.

Désordre d : des débordements du réseau en temps de pluie ont été signalés dans ce secteur. Toutefois, des travaux sont déjà prévus par Saint-Etienne-Métropole afin de résorber ce désordre.

Remarque : dans son étude de gestion des eaux pluviales sur les bassins versants du Furan et de l'Ondaine, SEPIA avait mis en place le même type de classification des désordres. Pour la grande majorité des principaux désordres recensés, SEPIA proposait des solutions d'ordre général pour lesquelles des études complémentaires étaient nécessaires (ces désordres correspondent aux désordres de la troisième catégorie de notre classement). Seuls 8 désordres recensés par SEPIA font l'objet de proposition d'ouvrages curatifs (ils correspondent aux désordres de la première catégorie de notre classement).

Le découpage en sous-bassins versants d'origine est alors modifié selon les exutoires correspondant aux désordres de la première catégorie énoncée précédemment.

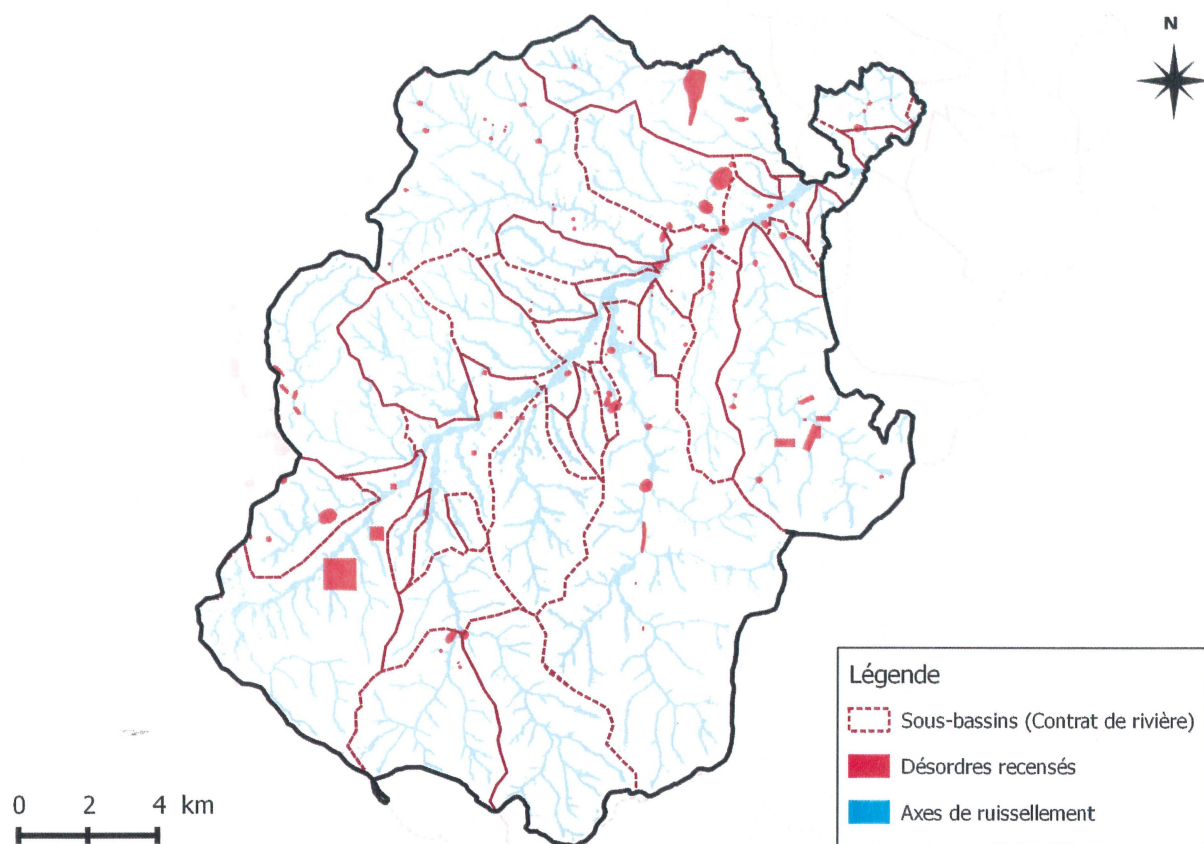


FIGURE 16 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - AJOUT DE LA COUCHE DE DÉSDORDRES

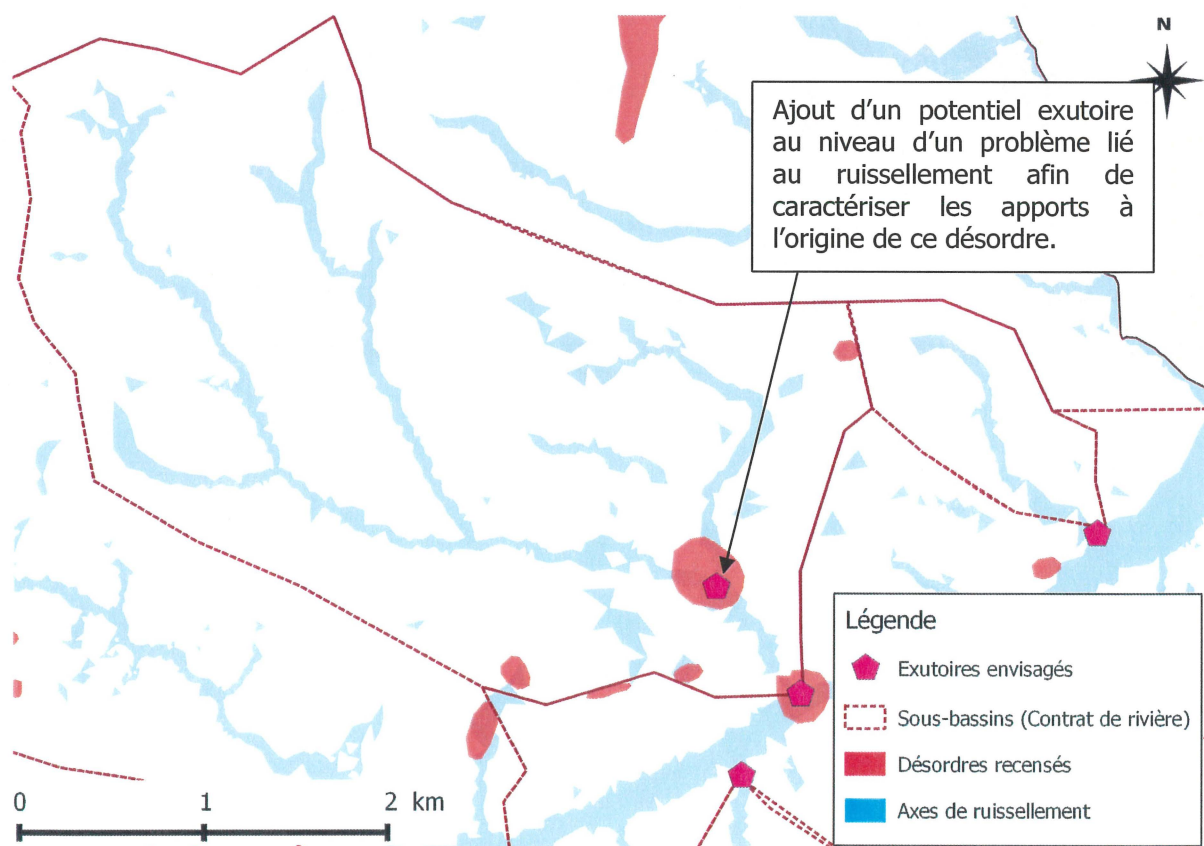


FIGURE 17 : ÉTAPE 2 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : SUPERPOSITION DES DÉSDORDRES

La **troisième étape du raisonnement** est de superposer le **tracé des réseaux** aux informations précédentes. Le découpage en sous-bassins versants issu de l'étude du contrat de rivière était un découpage en sous-bassins topographiques. L'ajout des réseaux peut induire une modification des limites de ces sous-bassins versants car certains réseaux ne suivent pas exactement la topographie du terrain et peuvent être à cheval sur deux sous-bassins versants topographiques. Dans ce cas, la taille du collecteur en question ainsi que la topographie du terrain permettent d'estimer si les eaux pluviales peuvent effectivement être reprises ou non par ce collecteur pour des pluies importantes (de période de retour de l'ordre de 10 ans). Le chemin des eaux pluviales et ainsi la limite de bassin versant en seront déduits. Afin d'être correcte et adaptée à notre étude, le découpage en sous-bassins versants doit donc à la fois tenir compte de la topographie et des réseaux.

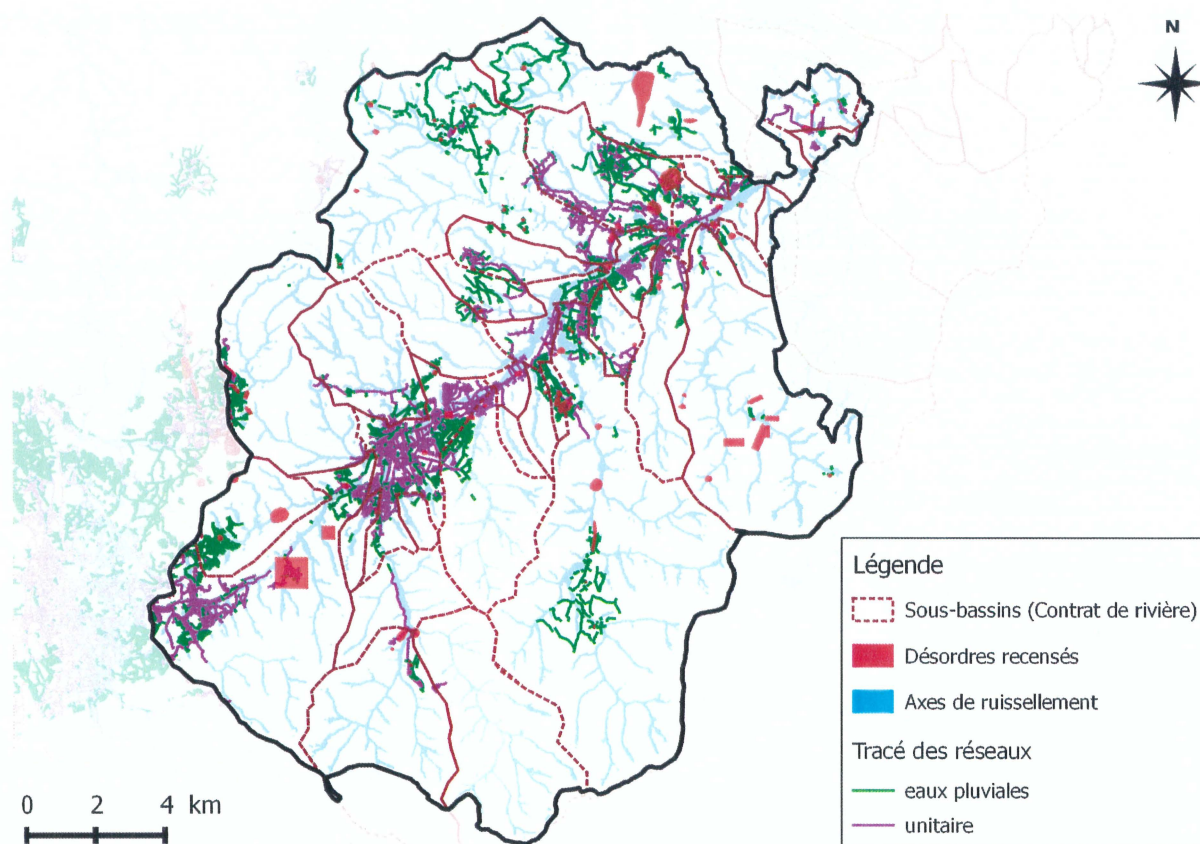


FIGURE 18 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - AJOUT DE LA COUCHE DE RÉSEAUX DISPONIBLE EN DATE D'AVRIL 2014

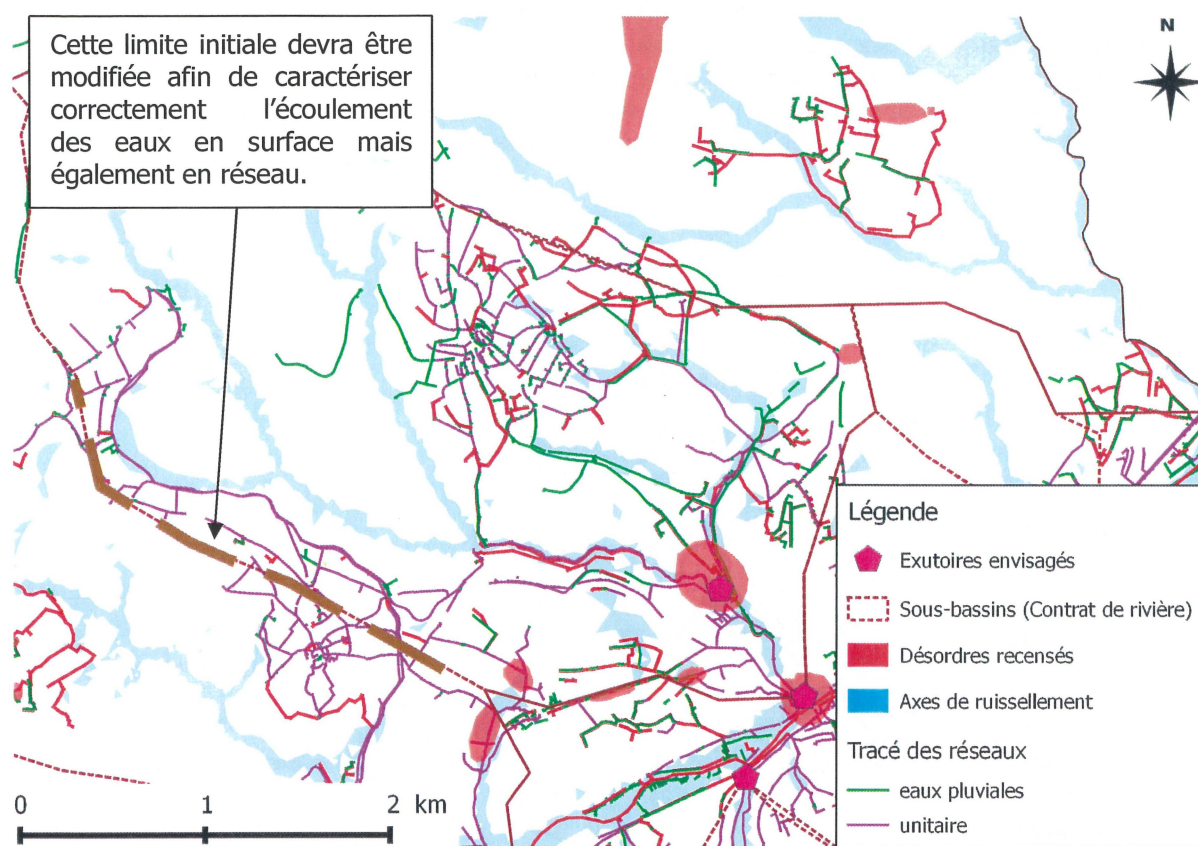


FIGURE 19 : ETAPE 3 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : SUPERPOSITION DU TRACÉ DES RÉSEAUX

La **quatrième et dernière étape du raisonnement** consiste à superposer aux informations précédentes la **couche d'occupation des sols Corine Land Cover**⁶. Cette dernière étape permet d'affiner la découpe en sous-bassins versants en fonction de l'occupation plus ou moins rurale des sols. Nous caractérisons ainsi de manière plus correct le fonctionnement des sous-bassins versants, qui réagiront différemment à la sollicitation d'une pluie s'ils sont ruraux ou urbains.

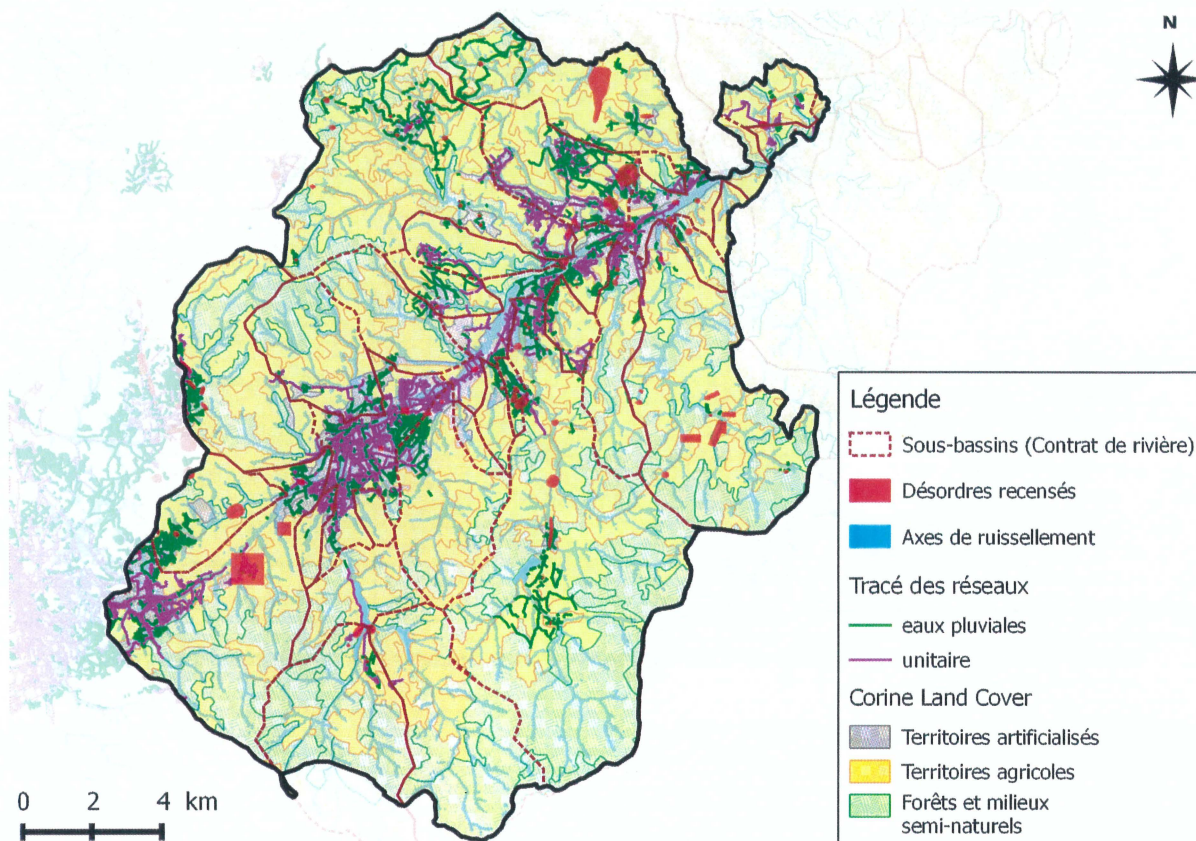


FIGURE 20 : VUE D'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ÉTUDE - AJOUT DE LA COUCHE D'OCCUPATION DES SOLS (CORINE LAND COVER 2006)

⁶ Le Corine Land Cover de 2006 est le fichier le plus récent disponible en date d'avril 2014.

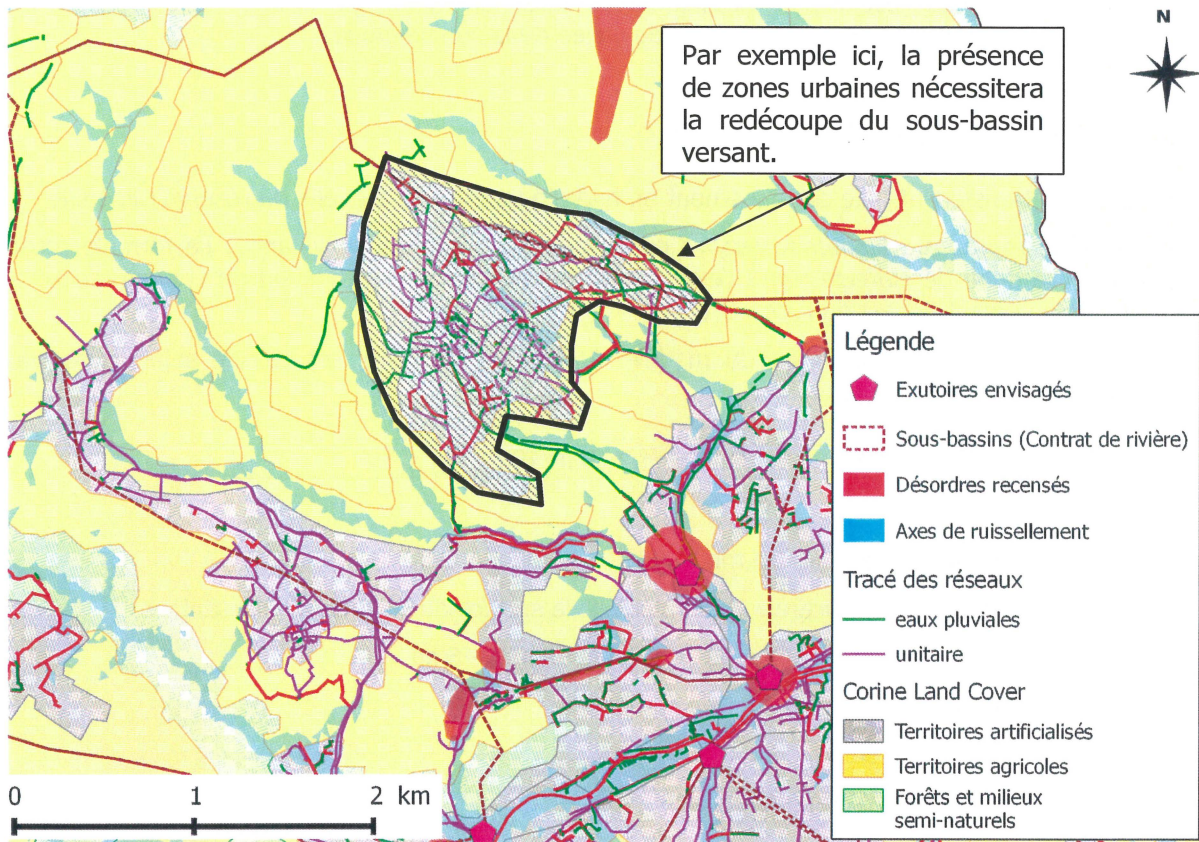


FIGURE 21 : ÉTAPE 4 DU DÉCOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS : SUPERPOSITION DE L'OCCUPATION DES SOLS

3.2 MODÉLISATION HYDROLOGIQUE

La modélisation hydrologique permet de passer d'un hyétogramme représentant la pluie tombant sur un bassin versant à un hydrogramme représentant le débit ruisselant sur ce bassin versant.

Classiquement, un modèle hydrologique comprend 2 fonctions :

- une fonction de production, qui permet de modéliser le passage de la pluie brute à la pluie nette en évaluant les pertes au ruissellement ;
- une fonction de transfert, qui permet de modéliser le passage de la pluie nette à l'hydrogramme de crue à l'exutoire de chaque sous-bassin versant.

Les paragraphes suivants décrivent les fonctions de production et de transfert qui sont utilisées dans le cadre de l'étude, afin de rendre compte de l'hétérogénéité du bassin versant avec une partie urbanisée en fond de vallée et une partie essentiellement rurale, agricole et forestière sur les versants.

Remarque : la pluie brute correspond à la pluie tombant sur le bassin versant.

3.3 BASSINS VERSANTS URBAINS

3.3.1 FONCTION DE PRODUCTION

Pour les secteurs urbains, le modèle hydrologique utilisé est à coefficient de ruissellement constant égal à $C_p \times IMP$ où IMP est le taux d'imperméabilisation du bassin versant.

C_p est le coefficient de production qui traduit le fait que l'ensemble des surfaces imperméables ne contribue pas au ruissellement (stockage dépressionnaire, pertes continues...).

Ce modèle hydrologique est le plus classiquement utilisé en hydrologie urbaine et est adapté aux bassins versants fortement urbanisés du fond de vallée de la zone d'étude.

3.3.2 FONCTION DE TRANSFERT

La fonction de transfert utilisée classiquement en hydrologie urbaine est celle du réservoir linéaire.

Cette fonction représente le bassin versant comme un réservoir qui se vidange. La formule reliant linéairement le débit de vidange (Q) à l'exutoire du bassin versant en fonction du volume stocké au sein du bassin versant (S) est du type : $S(t) = K \times Q(t)$.

Le temps de réponse K, paramètre du modèle du réservoir linéaire, est calculé selon la formule simplifiée de Desbordes ci-après :

$$K = 5,3 * K_0 * S^{0,30} * (IMP/100)^{-0,45} * p^{-0,38}$$

avec :

- K temps de réponse en mn,
- K₀ facteur multiplicateur dépendant de la surface du sous bassin versant,
K₀ = 0,8 si S < 6 ha et K₀ = 0,7 x S^{0,09} si S > 6 ha
- p pente moyenne en %,
- S superficie en ha,
- IMP coefficient d'imperméabilisation en %

3.4 BASSINS VERSANTS RURAUX

3.4.1 MODÈLE DU NRCS ET DE L'HYDROGRAMME UNITAIRE

Dans un premier temps, le modèle envisagé pour la modélisation des bassins versants ruraux était constitué du modèle du NRCS comme fonction de production associé à l'hydrogramme unitaire comme fonction de transfert.

La fonction de production du NRCS (*National Resources Conservation Service* des Etats-Unis d'Amérique, ex-*Soil Conservation Service*) permet de rendre compte des pertes au ruissellement et est particulièrement adaptée aux surfaces rurales peu imperméabilisées.

Les surfaces considérées sont caractérisées par un paramètre CN (Curve Number) qui est utilisé pour représenter la capacité maximale d'infiltration du sol, et qui est fonction de plusieurs facteurs que sont la perméabilité du sol, l'occupation du sol et les conditions antécédentes d'humidité (pluviométrie sur les 5 jours précédents).

La pluie nette est calculée à partir de la formule suivante :

$$R = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)}$$

Où :

- R désigne en mm la pluie nette
- P désigne en mm la pluie brute
- S désigne le paramètre de rétention du sol
- Ia représente la quantité de pluie qui s'infiltre dans le sol avant le début du ruissellement.

Le paramètre de rétention du sol S est lié par la formule suivante au Curve Number (CN) :

$$S = 25,4 * \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Le paramètre de rétention est également proportionnel aux pertes avant ruissellement I_a qui représente la quantité de pluie qui s'infiltre dans le sol avant le début du ruissellement :

$$I_a = k * S$$

Dans le modèle SCS de base, la valeur de k est de 0,2.

La fonction de transfert associée à la fonction de production du NRCS est celle de l'hydrogramme unitaire. Cette méthode prend pour hypothèse la linéarité de la transformation pluie-débit.

L'utilisation du modèle du NRCS associé à celui de l'hydrogramme unitaire pour la modélisation des bassins versants ruraux a donné les résultats représentés sur le graphe suivant. On peut observer sur celui-ci l'hydrogramme mesuré à la station de Rive-de-Gier pour la crue de 2008 et l'hydrogramme simulé à l'aide de notre modèle.

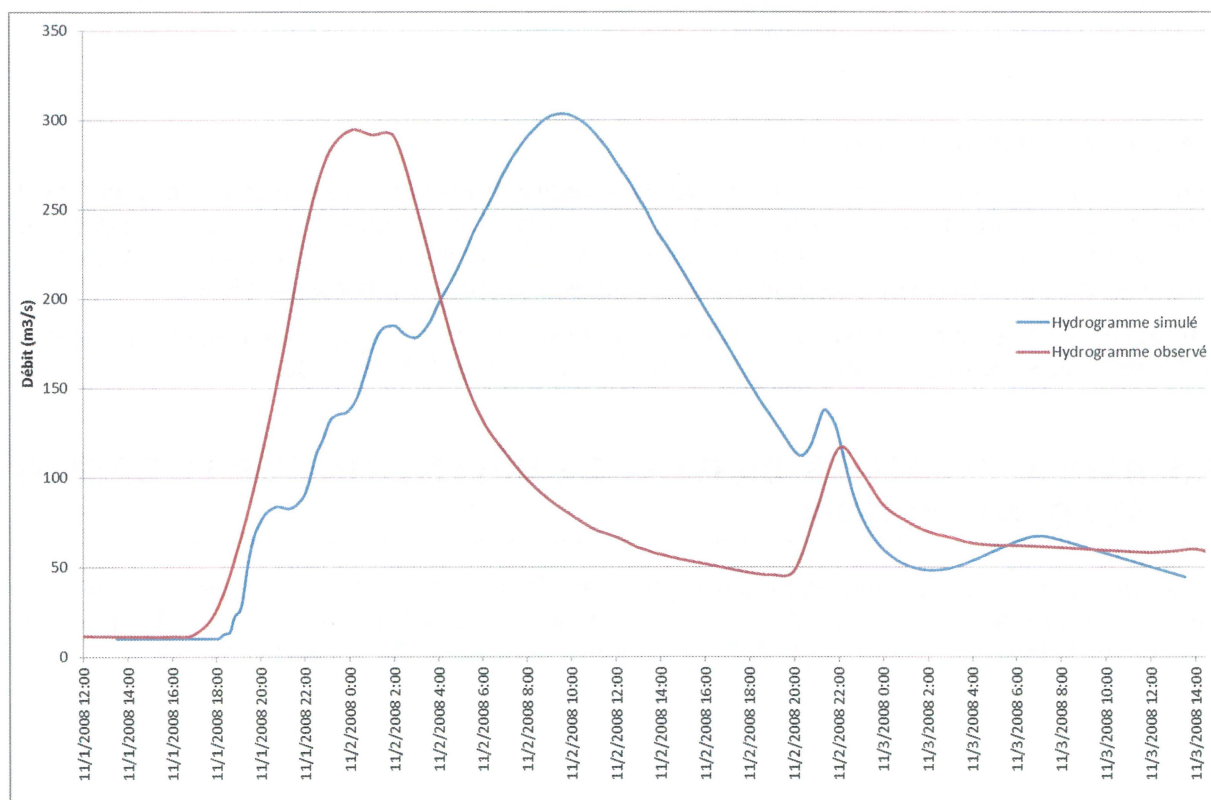


FIGURE 22 : COMPARAISON DES HYDROGRAMMES SIMULÉ ET OBSERVÉ À RIVE-DE-GIER POUR LA CRUE 2008

Remarque : l'hydrogramme de crue à la station de Rive-de-Gier est issu des données de la Banque Hydro. Toutefois, il a été mis en évidence (par SOGREAH lors de son étude hydrologique du Gier de 2009) que les courbes de tarage des stations de Rive-de-Gier et Givors auraient dû être modifiées du fait de la destruction d'une partie du seuil en aval de la station de Givors lors de la crue de 2003 et du fait du creusement du lit mineur au droit de la station de Rive-de-Gier lors des deux crues. Les débits de pointe de ces deux crues ont par conséquent été réévalués à l'aide d'une modélisation hydraulique. L'hydrogramme de crue considéré est donc l'hydrogramme réévalué.

Nos résultats donnent un débit de pointe et un volume de crue du même ordre de grandeur que ceux observés en 2008. Toutefois, la dynamique de notre hydrogramme simulé est différente de ce qui a été observé : la réponse à la pluie simulée est beaucoup plus longue.

Le modèle ne représente pas correctement la dynamique réelle. Cela peut s'expliquer de par le paramètre « Ia » considéré dans le modèle du NRCS. Ce paramètre caractérise la capacité de rétention du bassin versant au cours de l'événement pluvieux. Le modèle du NRCS fait l'hypothèse que cette rétention se fait avant le ruissellement, c'est-à-dire qu'il n'y aura pas de ruissellement tant qu'il n'est pas tombé une hauteur de pluie égale à ce paramètre Ia. Cette hypothèse n'est pas adaptée à notre zone d'étude qui présente des pentes importantes. En effet, on peut supposer que ces fortes pentes vont induire un ruissellement tout au long de la pluie. La capacité de rétention du bassin versant sera ainsi mobilisée tout au long de la pluie et pas seulement à son début.

Au vu des résultats obtenus, nous nous sommes orientés vers un autre modèle hydrologique pour la modélisation des bassins versants ruraux.

3.4.2 MODÈLE UTILISÉ POUR LA MODÉLISATION DES BASSINS VERSANTS RURAUX

3.4.2.1 Fonction de production à coefficient constant

Le modèle finalement utilisé est celui à coefficient de ruissellement constant égal à $C_p \times IMP$ où IMP est le taux d'imperméabilisation du bassin versant.

3.4.2.2 Fonction de transfert

La fonction de transfert utilisée est celle du **double réservoir linéaire**. Le principe de ce modèle est le même que celui du simple réservoir linéaire, sauf que cette fois on considère 2 réservoirs identiques en série. Ce modèle conceptuel permet de représenter le fonctionnement d'un bassin versant de type rural avec prise en compte de l'écêtement des débits et de temps de réponse plus longs.

Pour mémoire, ce type de modèle adapté aux bassins versants ruraux a également été utilisé dans le cadre des études menées par SIEE et GINGER sur l'Ondaine entre 1999 et 2006.

3.5 BARRAGES AEP ET BASSINS DE RÉTENTION SUR LE BASSIN VERSANT DU GIER

Dans son « *Etude pour l'aménagement des 4 barrages AEP pour l'écêtement des crues ainsi que pour l'aménagement d'ouvrages de ralentissement dynamique sur la bassin versant du Gier* », ISL présente les courbes de laminage de la crue de 2008 au droit des 4 barrages AEP du secteur d'étude.

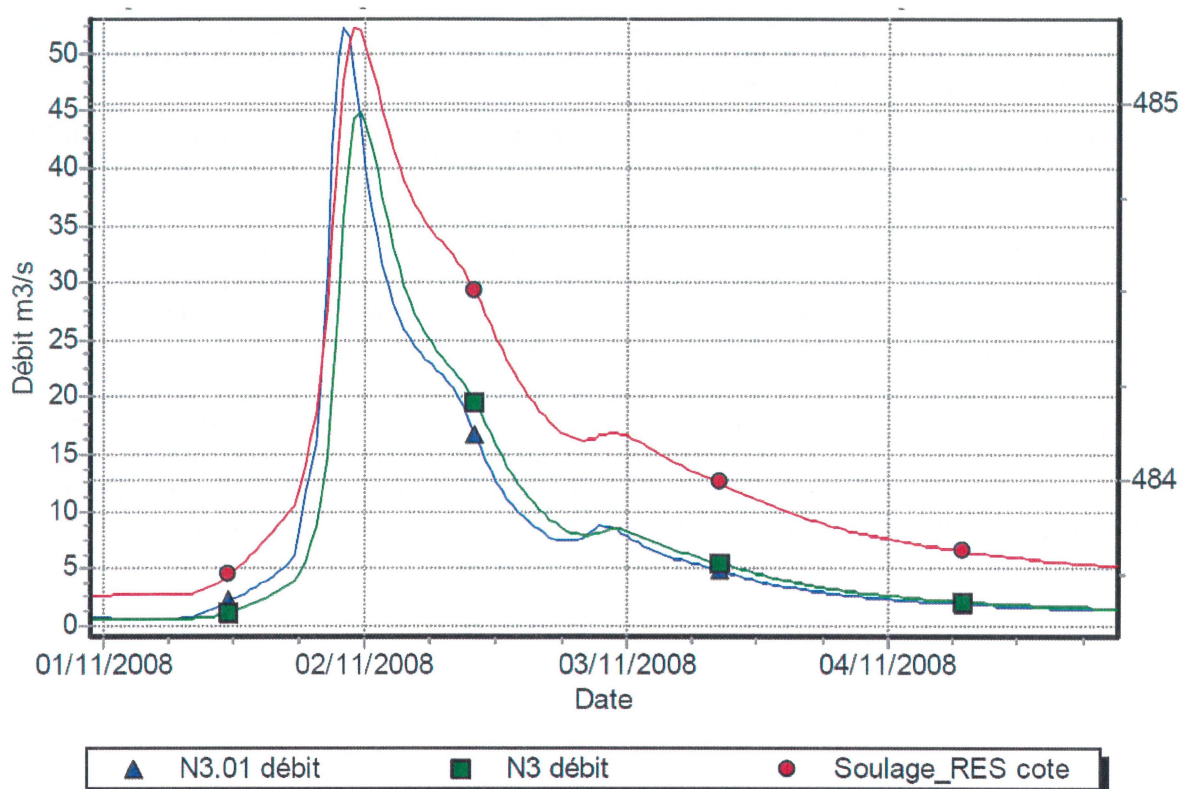


FIGURE 23 : LAMINAGE DE LA CRUE DE 2008 AU DROIT DU BARRAGE DE SOULAGE

La courbe précédente montre l'exemple du laminage survenu au barrage de Soulage pour la crue de novembre 2008. L'évolution du débit en entrée du barrage correspond à la courbe bleue et l'évolution du débit en sortie correspond à la verte (la courbe rouge représente l'évolution de la cote de la retenue). La différence entre les débits de pointe en entrée et en sortie du barrage donne le laminage survenu pour la crue de 2008. De manière générale, les courbes montrent que pour la crue de 2008, le laminage engendré par la gestion actuelle des barrages est faible : d'environ 2 m³/s sur le Dorlay, 6 m³/s sur le Couzon, 7 m³/s sur le Gier (barrage de Soulage) et 5 m³/s sur le Ban (barrage de la Rive). L'écrêtement des débits induit par les barrages pour la crue de 2008 a donc été très faible à comparer aux débits de crue du Gier qui peuvent approcher les 300 m³/s vers Rive de Gier.

De plus, l'étude d'ISL est toujours en cours et pour l'instant aucun volume de stockage potentiel pour reprendre les apports excédentaires d'eaux pluviales dans les retenues des barrages AEP n'a été acté.

Les éléments dont nous disposons actuellement ne nous permettent pas d'envisager une éventuelle influence de l'utilisation des retenues des barrages AEP dans la gestion des eaux pluviales que nous allons mettre en place. Les barrages n'ont ainsi pas été intégrés dans notre modèle.

De même, les bassins de rétention locaux n'ont pas été intégrés. Les événements sur lesquels nous allons travailler sont des événements importants (période de retour de 10, 30 ou 100 ans) induisant des volumes à stocker également très importants, de l'ordre du millier de m³ par bassin versant. Or les volumes des bassins de rétention locaux sont plutôt de l'ordre de la centaine de m³, voire de la dizaine. L'influence de ces bassins dans notre modèle pour les pluies considérées sera donc très limitée, l'échelle des surfaces contrôlées par ces bassins étant de plus généralement celle du lotissement.

3.6 MODÉLISATION DES APPORTS DES BASSINS VERSANTS

La découpe en bassins versants a permis de distinguer les bassins versants urbains des bassins versants ruraux. Au total, la zone d'étude a été découpée en 92 bassins versants, 64 bassins versants ruraux et 28 urbains.

Afin de définir le coefficient de ruissellement utilisé dans le modèle hydrologique, il est nécessaire de déterminer le taux d'imperméabilisation d'un bassin versant. Pour cela, deux sources de données publiques d'occupation des sols ont été utilisées :

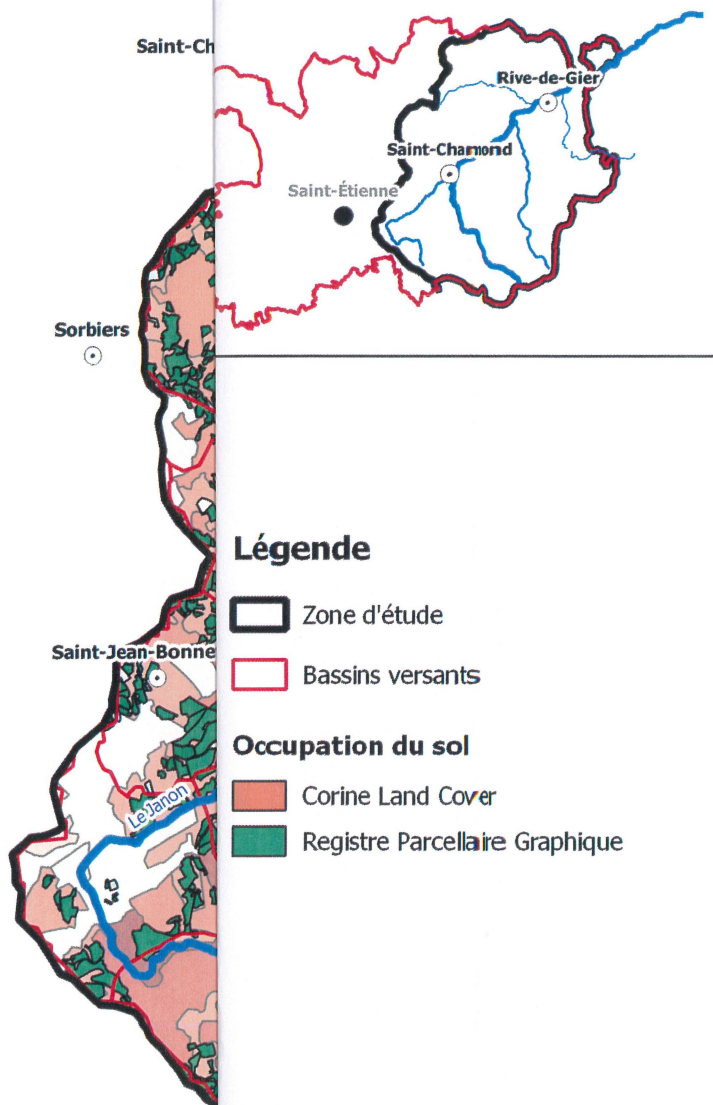
- le Registre Parcellaire Graphique (RPG) datant de 2012, système d'information géographique de l'Etat permettant l'identification des parcelles agricoles. Cette base de données détaille les cultures selon 28 postes ;
- l'occupation du sol issue de la base de données européenne Corine Land Cover (CLC), datant de 2006. Cette base de données est organisée en trois niveaux, chacun découpé en plusieurs sous-niveaux : les territoires artificialisés (zones urbaines, industrielles, commerciales...), les territoires agricoles (terres arables, cultures, prairies...) et les forêts.

Ces données publiques sont des données géographiques exploitables avec un logiciel de SIG. Les deux couches de données ont été superposées, en utilisant en premier lieu les données du RPG, plus précises et plus récentes mais ne concernant que les surfaces agricoles, puis les données du CLC plus générales (ces données viennent ainsi en complément des données du RPG). Ces données sont ensuite découpées selon les contours des bassins versants déterminés préalablement.

Calcul des surfaces perméables et imperméables



Limites SEM



Légende

Zone d'étude

Bassins versants

Occupation du sol

Corine Land Cover

Registre Parcellaire Graphique

2.5

5 km

PROLOG
INGÉNIEUR

Nous avons ensuite considéré comme surfaces imperméables les surfaces du CLC correspondant à la catégorie 1 « Territoires artificialisés ». Le reste des surfaces a été considéré comme « naturel » (il s'agit de forêts et territoires agricoles essentiellement, soit des surfaces non artificielles). La répartition des surfaces perméables et imperméables de la zone d'étude est indiquée sur la carte page suivante.

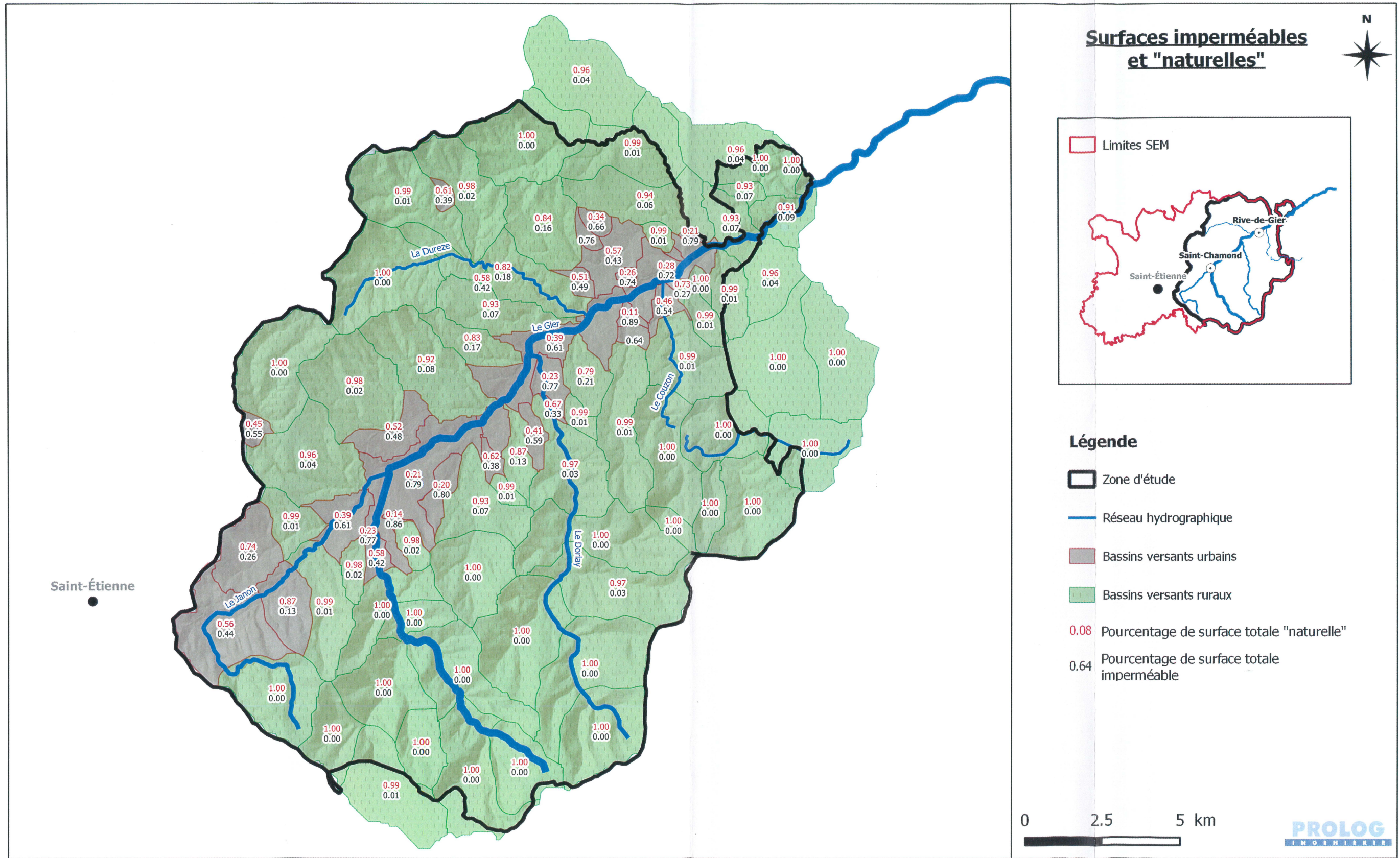


FIGURE 25 : RÉPARTITION DES SURFACES IMPERMÉABLES ET "NATURELLES" DE LA ZONE D'ÉTUDE

4 CONSTRUCTION ET VALIDATION DU MODÈLE

Dans le cadre du présent diagnostic hydraulique, il n'est pas prévu de réaliser une modélisation hydraulique détaillée des réseaux : le Cahier des Charges stipulait l'« utilisation d'une « méthode simple » afin de déterminer les volumes et débits produits ». Pour les besoins de ce diagnostic, nous avons ainsi fait le choix de construire un modèle simplifié des bassins versants urbains et ruraux drainés vers le Gier. Le logiciel utilisé pour la construction de ce modèle est le logiciel ICM version 3.5 d'Innovyze qui permet de représenter la réponse hydrologique des bassins versants et la propagation le long du Gier des différents hydrogrammes générés par les bassins versant élémentaires.

4.1 PRÉSENTATION DU MODÈLE

Une fois les bassins versants découpés et l'hydrologie définie (cf. paragraphe précédent) le modèle hydraulique simplifié peut être construit. Ce modèle permettra de simuler les apports vers le Gier des différents bassins versants et ainsi d'obtenir des hydrogrammes d'apport pour chacun de ces bassins versants. Ces hydrogrammes permettront d'avoir des ordres de grandeur de débit de pointe et volume à écrêter pour chaque bassin versant pour les pluies de projet considérées.

Remarque : le modèle construit ne permet en aucun cas de caractériser les débordements sur le bassin versant du Gier en termes d'étendue de champs d'inondation et de vitesse d'écoulement dans le lit majeur du Gier.

Les différents bassins versants sont reliés entre eux par des conduites fictives, reprenant les apports de ces bassins versants. Ces conduites fictives représentent soit une ou plusieurs conduites du réseau d'assainissement, soit un axe de ruissellement. Elles ont une pente équivalente à celle du terrain naturel. Le choix a été fait de représenter ces conduites de manière simple : conduites circulaires de 3 m de diamètre, permettant le transfert de tous les apports vers le Gier.

Ces différentes conduites sont ensuite reliées au Gier.

Pour les besoins de la modélisation, le choix a été fait de modéliser le Gier par un lit mineur et un lit majeur :

- le lit mineur du Gier modélisé, de forme rectangulaire, permet de caractériser la capacité du Gier avant débordement. Ses dimensions sont définies de sorte à respecter les débits de débordement présentés au paragraphe 2 de la présente partie. Pour faire simple, la hauteur de ce lit mineur a été fixée à 2 m, la largeur a ensuite été calculée en fonction du débit de débordement à l'aide de la formule de Manning-Strickler.
- le lit majeur a été créé pour les besoins de la modélisation. Il permet d'éviter un écrêtement de l'hydrogramme qui survient, dans le modèle, lorsque le niveau d'eau dépasse le terrain naturel. Ce lit majeur fait ainsi la liaison entre le lit mineur et le terrain naturel.

La mise en place de ce lit majeur a conduit à abaisser artificiellement l'ensemble des cotes radier du modèle (canal représentant le Gier et conduites fictives) de 12,5 m. En effet, le profil à mettre en place pour le lit majeur a été conditionné par les contraintes numériques du modèle : ce dernier n'est stable qu'à condition d'avoir peu de variations de la section mouillée entre 2 pas de temps de calcul. Il n'était donc pas possible d'imposer une largeur importante du lit majeur car le passage lit mineur/lit majeur induisait une instabilité du modèle. Ainsi, afin de concilier les contraintes de non-débordement du Gier dans notre modèle et stabilité numérique du modèle, nous avons fait le choix de limiter la largeur du lit majeur à deux fois celle du lit mineur et d'abaisser artificiellement les cotes radier de 12,5 m sous le terrain naturel. Ainsi, les variations de surface mouillée entre 2 pas de temps de calcul sont faibles. De plus, le fait d'abaisser l'ensemble des cotes radier permet ainsi de conserver les pentes réelles du terrain naturel. Le profil du Gier mis en place est alors le suivant :

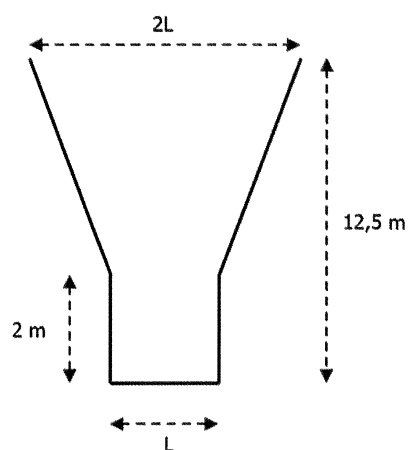


FIGURE 26 : PROFIL EN TRAVERS DE LA CONDUITE REPRÉSENTANT LE GIER DANS NOTRE MODÈLE SIMPLIFIÉ

Le modèle construit est le suivant :

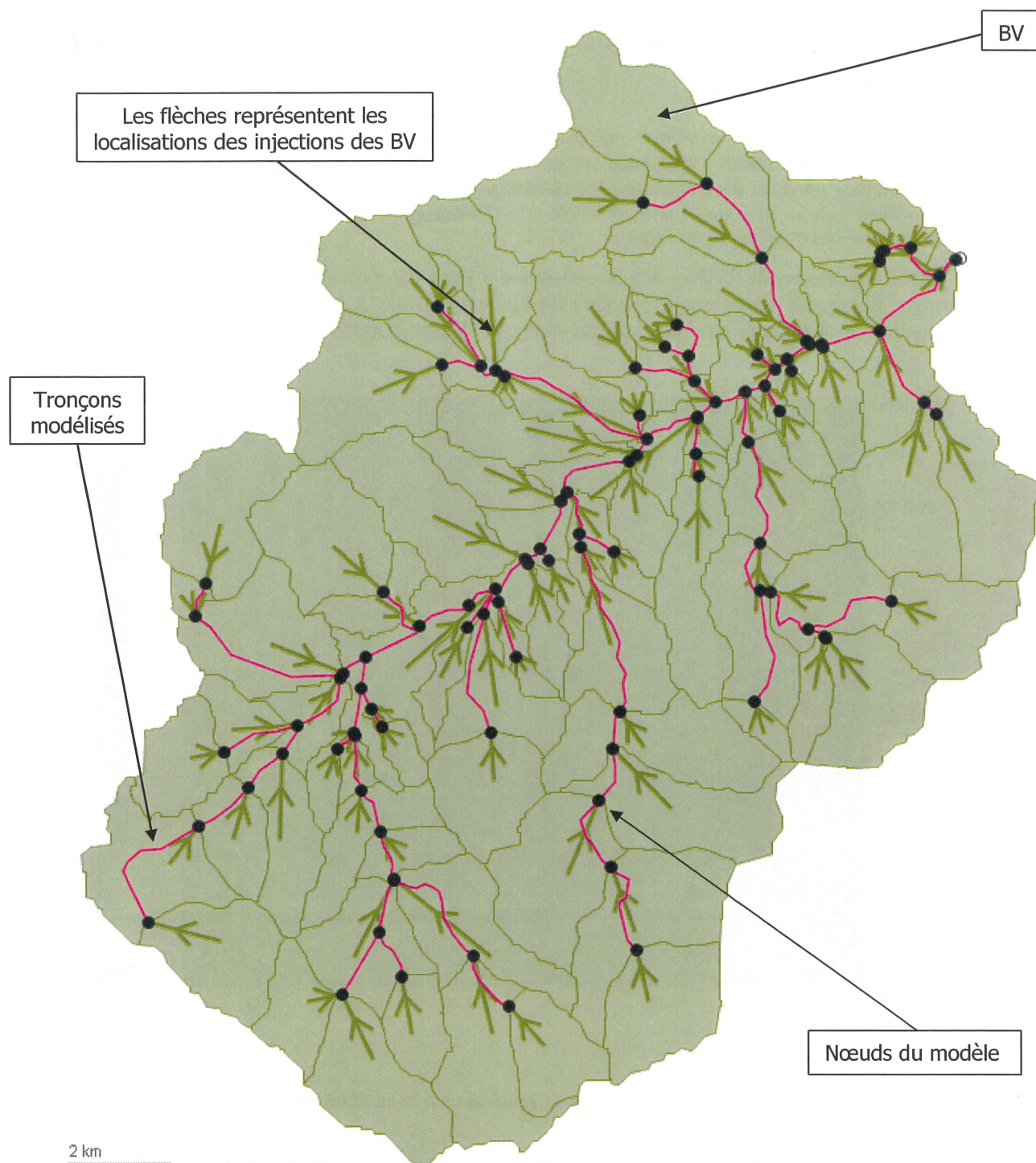


FIGURE 27 : VUE EN PLAN DU MODÈLE CONSTRUIT DANS ICM

Les flèches représentent les localisations des injections des bassins versants au niveau de nœuds du modèle (points noirs). Ces nœuds sont reliés par des conduites représentés par des traits en rose. Ces différentes conduites aboutissent au Gier (trait rose également) qui constitue leur exutoire commun.

4.2 VALIDATION DES MODÈLES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

4.2.1 PLUIES DE 2008

Nous avons fait le choix de valider notre modèle à partir de l'événement de novembre 2008 car il s'agit d'une crue récente et importante sur le Gier. Cette crue est également prise en compte dans les études menées par ISL. Afin d'obtenir des résultats les plus réalistes possibles, il est important d'avoir une représentation la plus juste possible de l'hétérogénéité de la pluie ainsi qu'une bonne représentation spatiale de cette pluie.

En 2009, le groupement HTV/Riparia a réalisé une « Expertise post-crue 2008 sur le bassin versant du Gier » dans laquelle l'événement pluvieux de novembre 2008 a été analysé. Des courbes isohyètes des cumuls de pluie de l'événement de novembre 2008 sont notamment présentées :

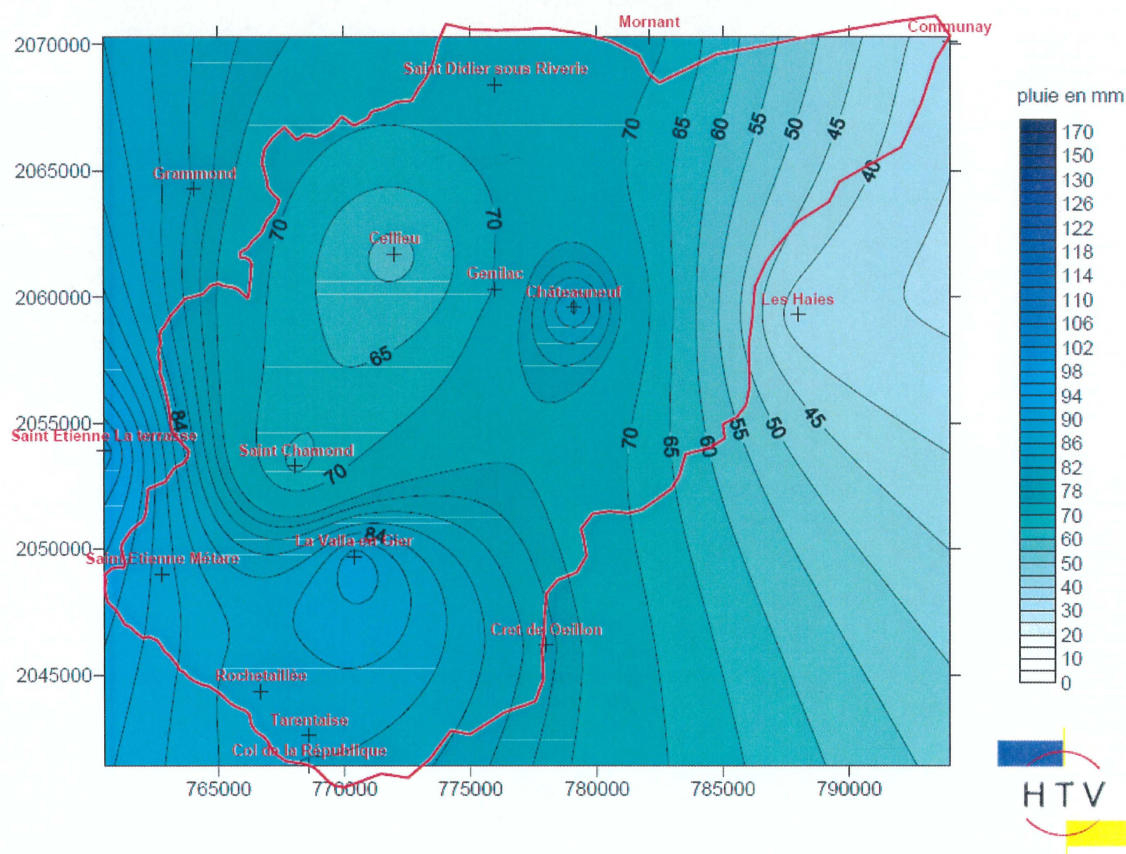


FIGURE 28 : RÉPARTITION SPATIALE DE LA PLUIE DE NOVEMBRE 2008 (SOURCE : HTV/RIPARIA)

Nous nous sommes basés d'une part sur ces courbes pour connaître les répartitions des cumuls de pluie.

D'autre part, nous avons acheté des cumuls au pas de temps 6 min à Météo France. Lors de la phase d'état des lieux de l'étude, il avait été mis en évidence 2 zones de pluviométrie différentes : une à l'aval du bassin versant et une à l'amont, contrôlée par les monts du Pilat. Nous avons ainsi acheté des données pour les stations suivantes :

- Saint-Chamond, seule station de l'aval du bassin versant disposant de ce type de données. Cette station a ainsi été choisie pour représenter la partie aval du bassin versant.
- Saint-Etienne-Métare et Crêt de Oëillon, situées dans la partie amont du bassin versant et permettant de représenter le comportement de l'amont du bassin versant.

Nous avons ensuite construit la pluie de 2008 à considérer dans le modèle de la manière suivante :

ETUDE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES SUR LE BASSIN VERSANT DU GIER PHASE 2 : DIAGNOSTIC & PHASE 3 : PRÉCONISATIONS

- les hyétogrammes de pluie des pluviomètres de Saint-Etienne-Métare et Crêt de Oeillon ont été appliqués aux bassins versants amont du modèle en fonction de leur situation géographique (le hyétogramme de Saint-Etienne-Métare a été appliqué aux bassins versants proches de cette station, de même pour Crêt de Oeillon) et de leur cumul événementiel ;
- le hyétogramme de Saint-Chamond a été appliqué sur l'aval du bassin versant du Gier, sans modification pour les bassins versants dont le cumul événementiel moyen était identique et avec une homothétie sur la base des rapports des cumuls événementiels pour ceux présentant un cumul moyen différent. Cette homothétie permet ainsi de retrouver les bons cumuls de pluie indiqués sur la carte précédente et ainsi une répartition spatiale correcte de la pluie de 2008.

4.2.2 PARAMÈTRE A AJUSTER

Avant de lancer la simulation, il reste à ajuster le coefficient de production C_p de la fonction de production considérée dans notre modèle. Ce paramètre caractérise la contribution des surfaces considérées au ruissellement, il dépend donc de chaque événement pluvieux. En effet, le ruissellement d'une surface dépend notamment des antécédents pluvieux (sol saturé ou sec), propres à chaque événement.

Pour l'événement de 2008, les coefficients de production considérés sont les suivants :

- 0,8 pour les surfaces imperméables. 80% de ce type de surface va ruisseler ;
- 0,2 pour les surfaces perméables des bassins versants urbains ;
- 0,5 pour les surfaces perméables des bassins versants ruraux. Les antécédents pluvieux importants de l'événement de 2008 et la saturation des sols induite expliquent ce choix d'un coefficient de production élevé pour les bassins versants ruraux.

4.2.3 RÉSULTATS

Une fois les coefficients ajustés et la pluie insérés dans le modèle, l'hydrogramme de crue observé à la station de Rive-de-Gier a été comparé à l'hydrogramme simulé par notre modèle.

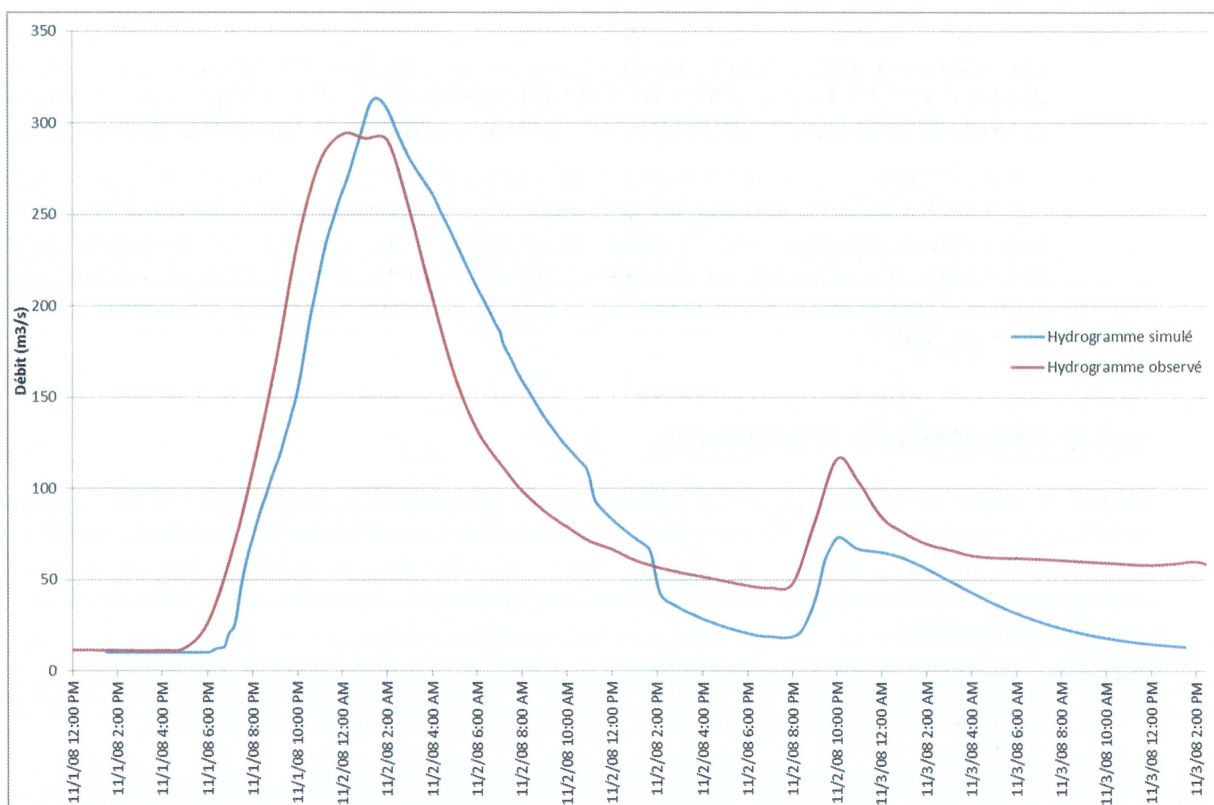


FIGURE 29 : COMPARAISON DES HYDROGRAMMES SIMULÉ ET OBSERVÉ À RIVE-DE-GIER POUR LA CRUE DE 2008

Nous obtenons alors un débit de pointe et un volume du même ordre de grandeur que ceux observés en novembre 2008. De plus, l'hydrogramme simulé présente une dynamique similaire à l'hydrogramme observé. Ces résultats sont tout à fait satisfaisants pour notre étude générale et sont suffisants pour l'utilisation que nous en ferons puisque pour estimer les volumes globaux de stockage à mettre en place sur les bassins versants nous n'avons besoin que de la détermination des hydrogrammes pour chaque bassin versant).

	Volume (m ³)	Débit de pointe (m ³ /s)
Résultats BanqueHydro	16 981 970	294
Résultats PROLOG	15 118 540	314
% de différence entre les résultats	-10 %	+7%

TABEAU 2 : COMPARAISON DES RÉSULTATS SIMULÉS ET OBSERVÉS

Remarque : la différence de débit constaté en fin d'évènement est liée aux vidanges des différentes retenues et bassins de rétention existants sur le bassin versant du Gier qui ne sont pas représentés dans le modèle hydrologique et hydraulique. Cette différence n'a pas d'impact sur les résultats de volume de rétention qui pourront être préconisés par la suite puisque ces préconisations sont faites sur la base d'un écrêtement d'un débit de pointe d'un bassin versant.

Nous avons également fait tourner notre modèle d'une part en ne considérant que les bassins versants ruraux définis et d'autre part en ne considérant que les bassins versants urbains définis, ceci afin de mettre en évidence la contribution des surfaces urbaines et rurales. Nous obtenons alors les résultats suivants :

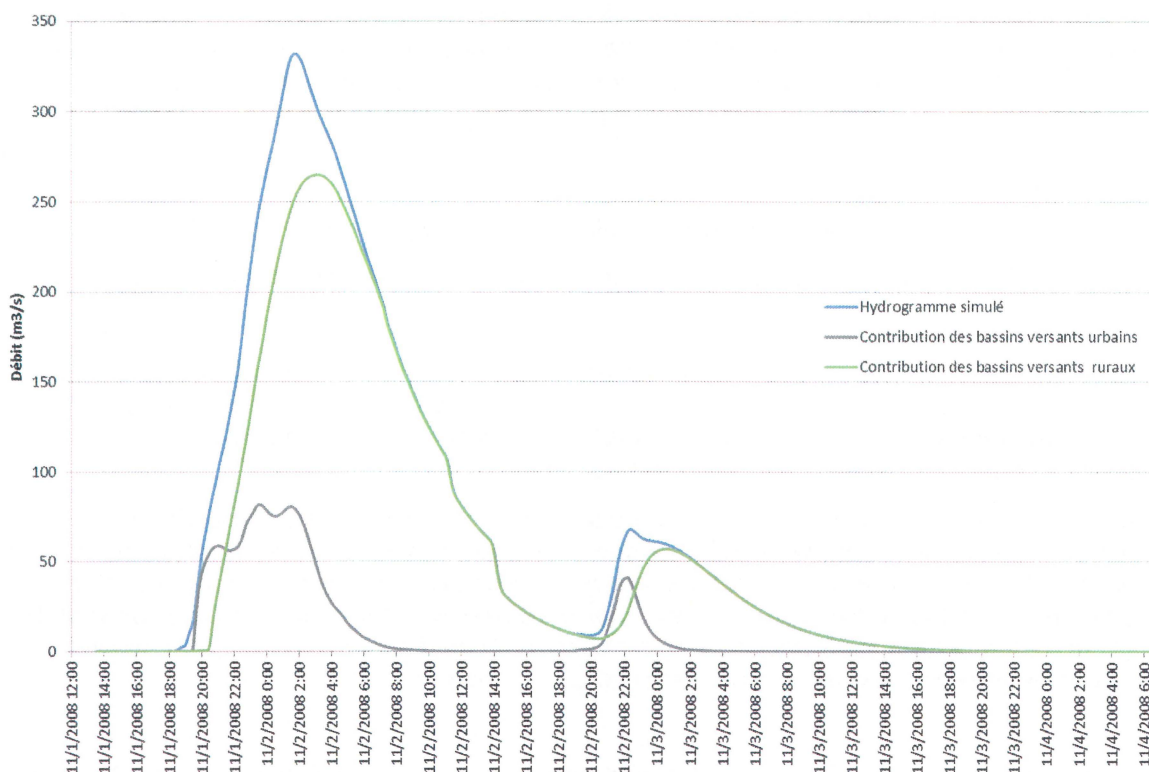


FIGURE 30 : COMPARAISON DES CONTRIBUTIONS DES BV URBAINS ET RURAUX POUR LA PLUIE 2008 - HYDROGRAMMES À L'AVANT DU MODÈLE

Ces résultats montrent que les apports les plus importants proviennent des bassins versants ruraux. Ce constat est tout à fait cohérent car ces bassins versants représentent 85% de la superficie totale du secteur d'étude.

4.3 PLUIES DE PROJET

Une pluie de projet est une pluie fictive, définie par un hyétochrome synthétique (courbe d'évolution de l'intensité pluviométrique en fonction du temps) et statistiquement équivalente aux pluies réelles (bien que jamais observée). On lui affecte une période de retour qui est celle d'un ou plusieurs de ses éléments constitutifs : hauteur totale précipitée, hauteur précipitée sur un intervalle de temps inférieur à la durée totale (période intense), etc.

La transformation du hyétochrome en hydrogramme par un modèle conduit à des paramètres de ruissellement, critiques au sens du fonctionnement des ouvrages projetés, auxquels on doit pouvoir affecter une probabilité d'occurrence. Le plus souvent, on admet que la période de retour des caractéristiques du ruissellement obtenu (débit de pointe, volume de ruissellement sur une durée spécifique, etc.) est égale à celle de la pluie de projet qui lui a donné naissance, à condition toutefois que les caractéristiques de la pluie de projet (durée, forme, etc) aient été bien choisies.

Conformément au guide technique « La Ville et son assainissement » et à la norme NF EN 752-2, il est désormais recommandé d'utiliser des pluies de projet représentatives du contexte local.

Pour la construction des pluies de projet, nous avons fait le choix de mettre en œuvre la méthode de construction utilisée par ISL dans son « *Etude pour la réduction du risque d'inondation et d'érosion sur le bassin versant du Gier* » afin d'être conforme aux hypothèses considérées par ISL dans cette étude et les autres études⁷ menées actuellement en parallèle de la nôtre.

⁷ « *Etude de faisabilité pour l'aménagement des 4 barrages AEP pour l'écroulement des crues ainsi que pour l'aménagement d'ouvrages de ralentissement dynamique sur le bassin versant du Gier* »

Pour ce faire, ISL a utilisé les coefficients de Montana du pluviomètre de Saint-Chamond, considéré dans cette étude comme représentatif du bassin versant du Gier, pour des durées de pluies allant de 15 min à 6 h. Les hyétogrammes sont ensuite construits à partir de la formule suivante :

$$p_T(t) = a(T) * t^{1-b(T)}$$

Où :

a(T) et b(T) sont les coefficients de Montana pour la période de retour T

Pr(t) est la pluie de période de retour T en mm qui tombe pendant une durée t en min.

Les hyétogrammes sont construits pour des périodes de retour de 10, 30 et 100 ans, sur une durée de 24 heures, avec un pas de temps de 15 minutes. **La méthode de construction de ces hyétogrammes conduit à ce que ces pluies de projets ont une période de retour T sur des durées comprises entre 15 min et 24 heures.**

Remarque : les hyétogrammes construits ne sont pas justes car ils sont construits sur 24 heures avec des coefficients de Montana valables jusqu'à 6 heures uniquement. Les cumuls de pluie ne seront donc justes que pour les 6 heures entourant le pic de pluie. Nous avons toutefois construits ces pluies pour vérifier la cohérence des résultats de notre modèle avec les résultats d'ISL pour la pluie 100 ans et afin de vérifier que nous appliquons correctement la méthode de construction employée. Ces pluies seront reconstruites par la suite avec les coefficients corrects.

En considérant la pluie de projet de période de retour 100 ans identique à celle d'ISL dans notre modèle, nous obtenons les résultats suivants :

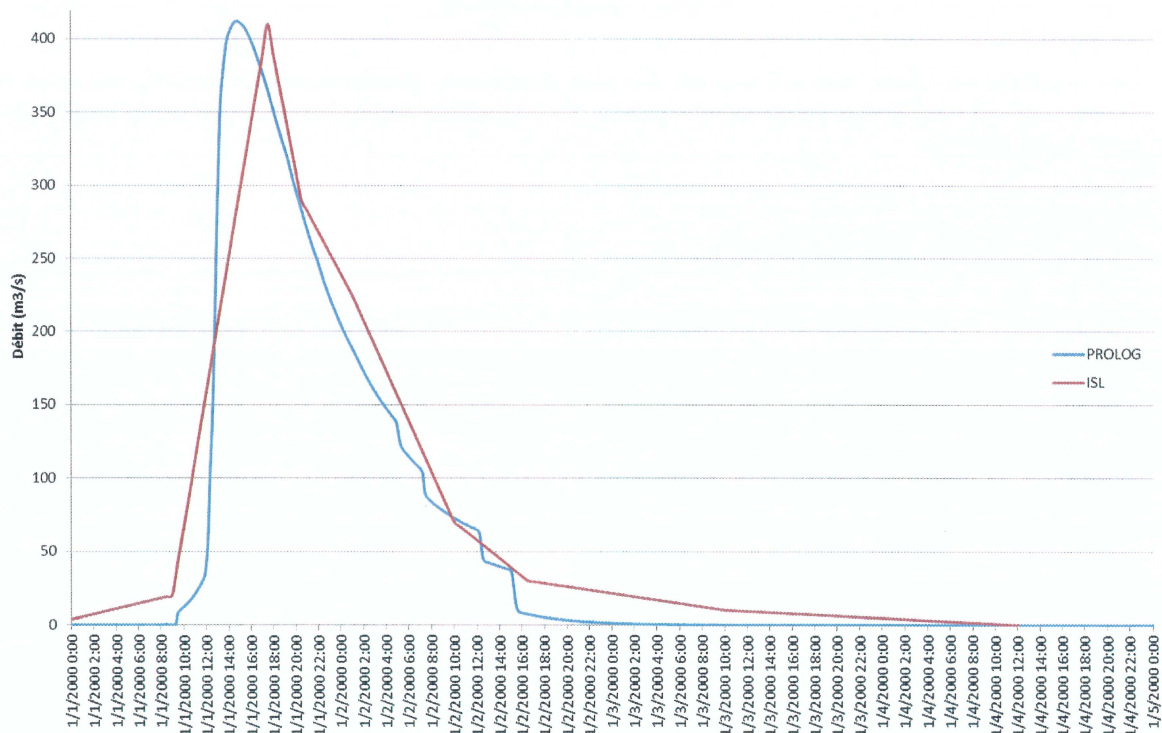


FIGURE 31 : COMPARAISON DES RÉSULTATS ISL ET PROLOG POUR LES HYDROGRAMMES 100 ANS À RIVE-DE-GIER

Nous obtenons des résultats similaires à ceux d'ISL (tant en matière de débit de pointe, de volume de crue ou de dynamique de crue).

Nous avons ensuite reconstruit les pluies avec les bons coefficients de Montana. Ces pluies telles qu'elles sont construites correspondent plutôt à des pluies d'orage, soit des pluies estivales.

Or, pour les événements de 2008 et 2003 par exemple, les pluies survenues sont des pluies d'hiver, soit des pluies longues dont les intensités sont plutôt moyennes. Nous avons donc également construit des pluies de durée 6 h, 12 h et 24 h de période de retour 10, 30 ou 100 ans et d'intensité constante sur la durée considérée.

⁸Pour des bassins versants étendus (comme c'est le cas pour le bassin versant du Gier), une pluie donnée ne sera pas homogène sur toute la surface du bassin versant, elle varie dans le temps et se déplace. Dans les modèles hydrologiques et hydrauliques, cette variabilité spatiale de la pluie peut être approchée au moyen d'un coefficient d'abattement spatial α qui traduit la relation entre la hauteur de pluie $H(t)$ mesurée en un point et la lame d'eau moyenne $L(t)$ concomitante sur une surface A entourant ce point :

$$L(t) = \alpha * H(t)$$

Le coefficient d'abattement spatial est estimé à partir de la formule de Dujardin :

$$\alpha = (0,05 * A)^{-0,03}$$

Où : A est la surface du bassin versant considéré (en ha)

Ce coefficient est égal à 0,8 pour notre zone d'étude et a été appliqué aux différentes pluies construites.

En résumé, les pluies de projet que nous avons considéré sont les suivantes :

- 3 pluies d'intensité constante sur 6h, 12h ou 24h et une pluie construite avec la méthode considérée dans l'étude ISL du Contrat de rivière ;
- ces 4 pluies ont été construites pour des périodes de retour de 10, 30 ou 100 ans ;
- un coefficient d'abattement spatial de la pluie a été appliqué à l'ensemble de ces pluies.

Ci-dessous un exemple de hyétogramme de pluie d'intensité constante sur 24h de période de retour 100 ans et un exemple de hyétogramme de pluie construit avec la formule de Montana de période de retour 100 ans de 15min à 24h :

⁸ Extrait de « *Cours d'hydrologie urbaine, Partie 2 la pluie* » de Jean-Luc BERTRAND-KRAJEWSKI

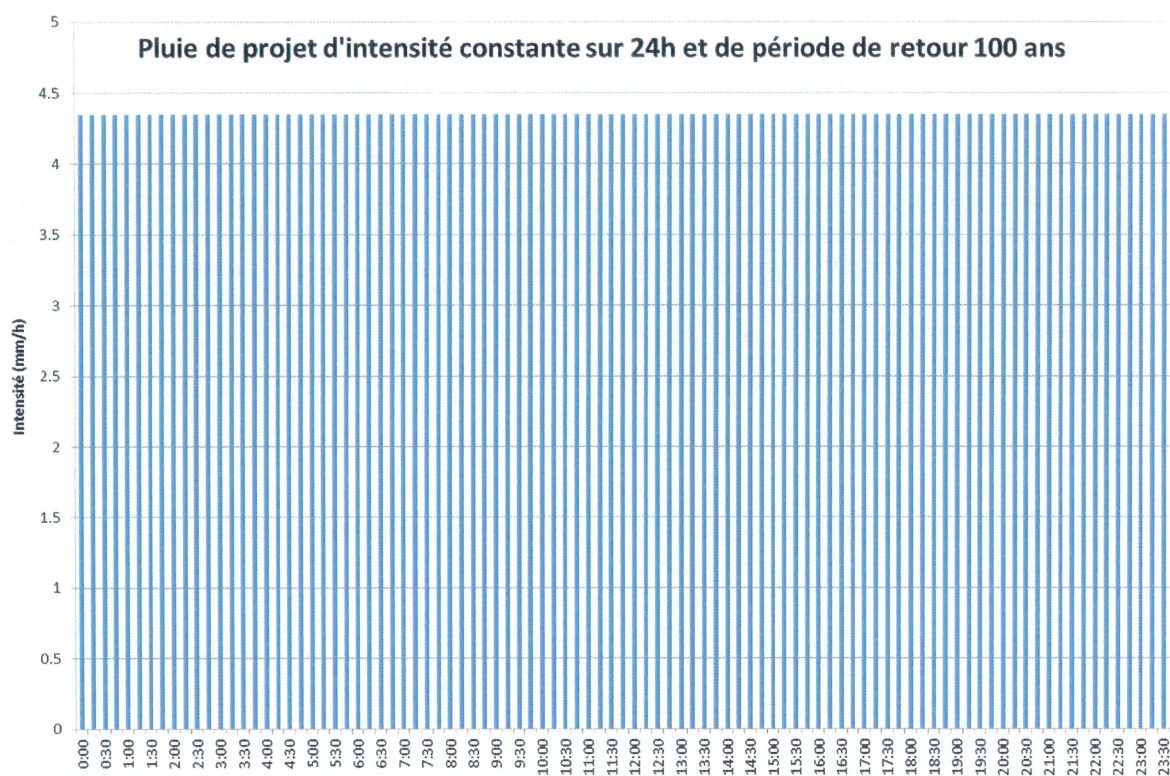


FIGURE 32 : HYÉTOGRAMME DE PLUIE D'INTENSITÉ CONSTANTE SUR 24H (T = 100 ANS)

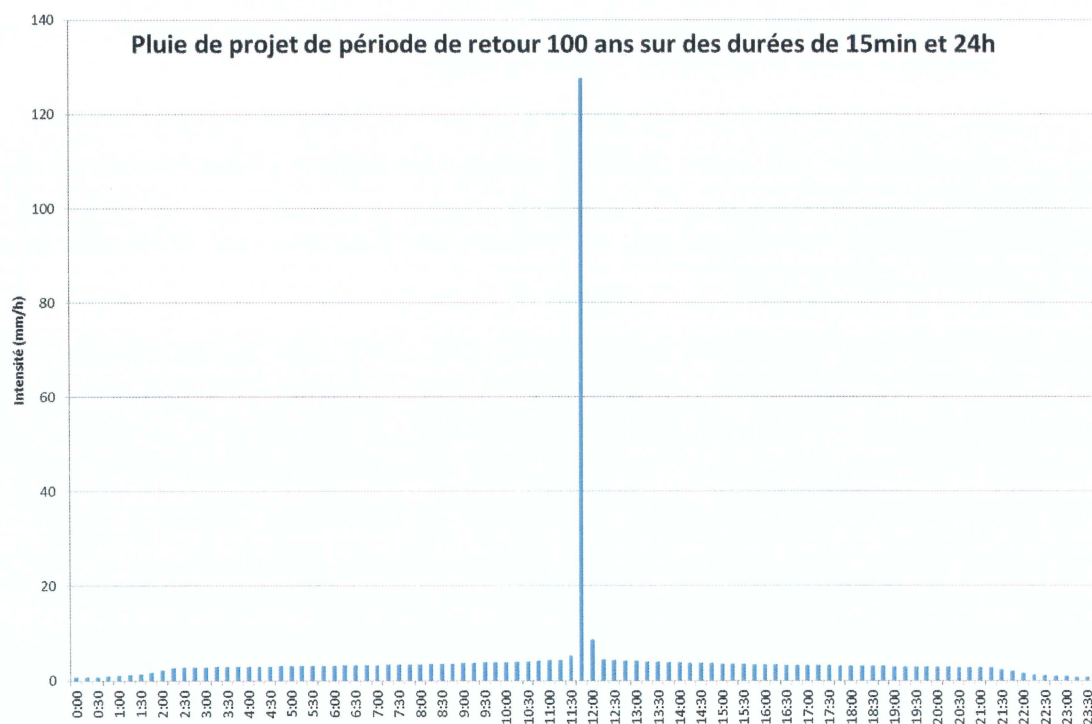


FIGURE 33 : HYÉTOGRAMME DE PLUIE DE PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS SUR DES DURÉES DE 15MIN À 24H

5 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU BV GIER

5.1 APPORTS DES DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS ET VOLUMES DE RETENTION À CRÉER POUR LES PLUIES DE PROJET

5.1.1 COEFFICIENTS DE PRODUCTION

Pour la simulation des différentes pluies présentées précédemment, nous avons considéré les coefficients de production suivants :

	T = 10 ans	T = 30 ans	T = 100 ans
Cp surfaces imperméables	0,8	0,8	0,8
Cp surfaces perméables urbaines	0,2	0,8	0,8
Cp surfaces perméables rurales	0,5	0,8	0,8

TABEAU 3 : COEFFICIENTS DE PRODUCTION CONSIDÉRÉS DANS LE MODÈLE POUR LA SIMULATION DES PLUIES DE DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR

La justification de ces coefficients est présentée ci-après :

Pour la pluie de période de retour 10 ans, nous avons fait le choix de considérer les mêmes coefficients que ceux considérés pour la pluie de novembre 2008 : d'une part car les périodes de retour de la pluie de novembre 2008 étaient comprises entre 5 et 10 ans, d'autre part ces coefficients permettent de considérer des antécédents pluvieux défavorables (du même type que ceux de novembre 2008).

Pour les pluies de périodes de retour 30 et 100 ans nous avons dans un premier temps fait le choix d'imposer des coefficients de production de 1. Ces coefficients permettaient en effet d'obtenir des résultats similaires avec les résultats qu'obtenait ISL dans son étude pour la réduction du risque inondation. Un coefficient de production de 1 signifie que la totalité de la pluie qui tombe sur les bassins versants va ruisseler jusqu'au Gier, ce qui constitue toutefois un cas extrême et n'est pas forcément très représentatif de la réalité.

De plus, les débits calculés par ISL sur lesquels nous nous sommes basés sont des débits théoriques qui n'ont pas été réellement observés dans le Gier. Rien ne peut ainsi justifier le choix de considérer des coefficients de production de 1.

Ainsi, nous avons voulu estimer les coefficients d'apport de la pluie de décembre 2003, dont les périodes de retour sont très importantes (allant jusqu'à 200 ans dans le secteur de La-Valla-en-Gier). En considérant l'ensemble de l'événement pluvieux et l'ensemble de l'hydrogramme de crue, cela nous donne un coefficient d'apport de 0,64. Cependant, lors de l'événement de 2003, les sols étaient plutôt secs et les retenues des barrages étaient vides, ce qui a eu pour effet d'écarter les apports des bassins versants au début de la pluie. Ainsi, afin d'être sûr de ne considérer que le moment où la majeure partie de la pluie va ruisseler, nous n'avons considéré que le deuxième jour de pluie (le 2 décembre) et les 24h de débits correspondants (avec un temps de réponse d'environ 6h, estimé à partir de l'événement de 2008). Nous obtenons alors un coefficient de production de l'ordre de 0,8. Pour des événements pluvieux importants, un coefficient de 0,8 semble tout à fait cohérent et bien plus réaliste qu'un coefficient de 1. **Nous avons ainsi fait le choix de considérer ce coefficient de 0,8 pour des pluies de périodes de retour 30 ou 100 ans.**

5.1.2 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

Pour chaque période de retour T, les volumes de rétention à créer sur les bassins versants sont moins importants pour les pluies de période de retour T sur une durée de 6h, 12h ou 24h) que **pour la pluie de période de retour T sur l'ensemble de ces pas de temps de 15mn à 24 h.**

Nous présentons par la suite uniquement les résultats pour cette dernière pluie.

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats pour les périodes de retour 10, 30 ou 100 ans :

- volume total ruisselé sur le bassin versant durant la pluie,
- volume de rétention à créer si on considère un écrêtement sur la base du débit spécifique limite du Gier de 5 L/s/ha,
- débit de pointe ruisselé sur le bassin versant,
- débit spécifique maximal du bassin versant.

La carte suivant ces tableaux permet de localiser les différents bassins versants étudiés.

Nom du BV	Type de BV	Surface totale (ha)	Volume total ruisselé (m³)	Volume de rétention à créer (m³)	Débit de pointe (m³/s)	Débit spécifique max (L/s/ha)
arcs_1	rural	777,0	269 810	33 350	5,9	7,6
arlos_1	rural	131,1	43 940	4 840	1,0	7,4
arlos_2	urbain	18,7	8 230	2 920	2,1	114,4
ban_1	rural	722,3	240 020	25 670	5,3	7,3
ban_2	rural	351,7	116 430	12 280	2,6	7,3
ban_3	rural	305,4	101 110	10 660	2,2	7,3
ban_4	rural	592,2	196 070	20 690	4,3	7,3
bourbouillon_1	rural	142,6	47 490	5 110	1,0	7,3
bourbouillon_2	rural	28,1	10 810	1 770	0,2	8,5
bozancon_1	rural	803,4	266 010	28 070	5,8	7,3
bozancon_2	rural	823,0	279 560	32 180	6,1	7,5
bozancon_3	rural	693,1	231 470	25 180	5,1	7,3
bozancon_4	rural	648,5	222 530	26 480	4,9	7,5
bozancon_40	urbain	21,1	9 430	3 360	2,4	114,7
chateauneuf_1	rural	55,2	18 280	1 930	0,4	7,3
chateauneuf_2	rural	266,8	88 600	9 450	1,9	7,3
collenon_1	rural	446,6	154 400	18 810	3,4	7,6
couzon_1	rural	568,8	188 330	19 880	4,1	7,3
couzon_2	rural	652,6	216 090	22 810	4,7	7,3
couzon_3	rural	196,8	65 170	6 880	1,4	7,3
couzon_4	rural	537,6	177 980	18 770	3,9	7,3
couzon_5	rural	631,2	208 970	22 050	4,6	7,3
couzon_50	rural	114,1	37 770	3 980	0,8	7,3
couzon_6	rural	558,8	185 580	19 800	4,1	7,3
couzon_7	urbain	101,5	35 170	11 460	6,4	63,5
dorlay_1	rural	682,4	225 960	23 840	5,0	7,3
dorlay_2	rural	880,7	291 600	30 770	6,4	7,3
dorlay_3	rural	862,6	285 570	30 130	6,3	7,3
dorlay_4	rural	782,6	263 850	29 620	5,8	7,4
dorlay_5	rural	837,5	277 620	29 410	6,1	7,3
dorlay_6	rural	619,1	208 360	23 280	4,6	7,4
dorlay_60	urbain	23,8	6 240	1 870	1,4	57,6
dorlay_7	urbain	141,5	62 220	21 910	10,2	72,1
dorlay_70	rural	87,9	29 250	3 150	0,6	7,3
dureze_1	rural	848,6	280 950	29 650	6,2	7,3
dureze_2	rural	665,8	222 330	24 170	4,9	7,3
dureze_20	urbain	50,2	14 410	4 480	3,4	67,9
dureze_3	rural	567,8	190 520	21 060	4,2	7,4
dureze_4	rural	12,2	5 060	980	0,1	9,1
dureze_5	urbain	69,4	22 760	7 340	4,7	68,1
dureze_6	rural	677,7	248 490	35 950	5,5	8,1
egarande_1	rural	661,6	221 000	24 050	4,9	7,3
egarande_2	urbain	62,4	24 240	8 190	4,2	67,9
egarande_3	urbain	47,6	23 090	8 460	5,1	107,3
faverge_1	rural	281,9	103 070	14 790	2,3	8,0
feloin_1	rural	567,2	205 320	28 670	4,5	8,0
feloin_2	urbain	53,0	22 980	8 100	5,3	100,9
feloin_3	urbain	69,6	27 540	9 440	6,2	88,9
feloin_4	urbain	296,3	90 130	27 250	12,9	43,4
feloin_5	urbain	33,3	14 230	4 990	3,0	89,5
frigerin_1	rural	73,5	24 460	2 630	0,5	7,3
frigerin_2	urbain	14,5	6 900	2 510	1,8	124,2
gier_1	rural	457,7	151 540	15 990	3,3	7,3
gier_10	rural	281,4	97 200	11 820	2,1	7,6
gier_11	rural	300,1	104 910	13 240	2,3	7,7
gier_2	rural	757,2	250 680	26 450	5,5	7,3
gier_3	rural	700,1	231 780	24 450	5,1	7,3
gier_4	rural	221,1	73 210	7 730	1,6	7,3
gier_5	rural	439,8	145 620	15 370	3,2	7,3
gier_6	urbain	91,7	27 530	8 520	5,0	54,3
gier_7	urbain	781,0	349 470	119 420	29,6	37,9
gier_8	urbain	772,3	290 130	88 720	22,7	29,4
gier_9	urbain	364,4	152 710	51 400	15,7	43,1
grand-malval_1	rural	682,5	225 950	23 840	5,0	7,3
grand-malval_2	rural	807,4	267 300	28 200	5,9	7,3
grand-malval_3	rural	365,4	124 230	14 350	2,7	7,5
janon_1	rural	641,6	212 420	22 420	4,7	7,3
janon_2	urbain	742,1	227 600	62 430	19,3	26,0
janon_3	urbain	356,3	66 180	13 840	7,0	19,6
janon_4	rural	513,6	170 980	18 390	3,8	7,3
janon_5	urbain	266,4	100 260	32 920	13,5	50,6
langonand_1	rural	762,9	252 570	26 650	5,6	7,3
langonand_2	urbain	78,6	27 420	8 960	5,1	64,3
langonand_3	rural	781,5	264 570	30 140	5,8	7,4
lorette_1	rural	252,4	94 110	14 240	2,1	8,2
lozange_1	rural	74,9	25 890	3 150	0,6	7,6
lozange_2	rural	22,1	7 320	770	0,2	7,3
lozange_3	rural	12,3	4 070	430	0,1	7,3
lozange_4	rural	679,5	229 880	26 120	5,1	7,4
mornante_1	rural	789,0	265 040	29 410	5,8	7,4
mornante_2	urbain	267,7	86 310	26 190	10,5	39,2
onzion_1	rural	606,0	200 650	21 180	4,4	7,3
onzion_2	rural	492,7	170 350	20 770	3,7	7,6
ricolin_1	urbain	433,4	101 840	24 340	9,8	22,7
ricolin_2	rural	248,3	82 710	8 920	1,8	7,3
st-chamond_1	rural	117,9	39 430	4 310	0,9	7,3
st-chamond_2	urbain	22,0	10 450	3 800	2,6	120,2
st-chamond_3	urbain	155,8	70 410	25 100	13,1	83,8
st-paul_1	rural	67,2	22 420	2 430	0,5	7,3
st-paul_2	urbain	62,6	17 860	5 340	2,8	45,3
st-paul_3	rural	192,1	68 710	9 280	1,5	7,9
st-paul_4	urbain	106,0	38 780	12 890	7,3	69,3

TABLEAU 4 : RÉSULTATS DE LA SIMULATION DE LA PLUIE DE PROJET DE PÉRIODE DE RETOUR 10 ANS

Nom du BV	Type de BV	Surface totale (ha)	Volume total ruisselé (m³)	Volume de rétention à créer (m³)	Débit de pointe (m³/s)	Débit spécifique max (L/s/ha)
arcs_1	rural	777,0	635 910	268 690	11,3	14,6
arlos_1	rural	131,1	107 250	45 300	1,9	14,6
arlos_2	urbain	18,7	15 300	7 540	0,6	31,3
ban_1	rural	722,3	591 000	249 660	10,5	14,6
ban_2	rural	351,7	287 760	121 550	5,1	14,6
ban_3	rural	305,4	249 890	105 550	4,5	14,6
ban_4	rural	592,2	484 570	204 720	8,6	14,6
bourbouillon_1	rural	142,6	116 700	49 290	2,1	14,6
bourbouillon_2	rural	28,1	22 990	9 710	0,4	14,6
bozancon_1	rural	803,4	657 430	277 730	11,7	14,6
bozancon_2	rural	823,0	673 410	284 450	12,0	14,6
bozancon_3	rural	693,1	567 080	239 530	10,1	14,6
bozancon_4	rural	648,5	530 630	224 130	9,5	14,6
bozancon_40	urbain	21,1	17 260	8 500	0,7	31,3
chateauneuf_1	rural	55,2	45 190	19 090	0,8	14,6
chateauneuf_2	rural	266,8	218 320	92 250	3,9	14,6
collenon_1	rural	446,6	365 430	154 350	6,5	14,6
couzon_1	rural	568,8	465 440	196 640	8,3	14,6
couzon_2	rural	652,6	534 050	225 630	9,5	14,6
couzon_3	rural	196,8	161 050	68 050	2,9	14,6
couzon_4	rural	537,6	439 860	185 790	7,8	14,6
couzon_5	rural	631,2	516 450	218 170	9,2	14,6
couzon_50	rural	114,1	93 350	39 430	1,7	14,6
couzon_6	rural	558,8	457 190	193 120	8,1	14,6
couzon_7	urbain	101,5	83 030	40 920	3,2	31,3
dorlay_1	rural	682,4	558 450	235 960	9,9	14,6
dorlay_2	rural	880,7	720 670	304 440	12,8	14,6
dorlay_3	rural	862,6	705 770	298 120	12,6	14,6
dorlay_4	rural	782,6	640 390	270 530	11,4	14,6
dorlay_5	rural	837,5	685 330	289 510	12,2	14,6
dorlay_6	rural	619,1	506 500	213 940	9,0	14,6
dorlay_60	urbain	23,8	19 430	9 580	0,7	31,3
dorlay_7	urbain	141,5	115 790	57 060	4,4	31,3
dorlay_70	rural	87,9	71 880	30 360	1,3	14,6
dureze_1	rural	848,6	694 340	293 320	12,4	14,6
dureze_2	rural	665,8	544 830	230 160	9,7	14,6
dureze_20	urbain	50,2	41 090	20 250	1,6	31,3
dureze_3	rural	567,8	464 650	196 290	8,3	14,6
dureze_4	rural	12,2	9 990	4 220	0,2	14,6
dureze_5	urbain	69,4	56 830	28 000	2,2	31,3
dureze_6	rural	677,7	554 650	234 360	9,9	14,6
egarande_1	rural	661,6	541 460	228 780	9,6	14,6
egarande_2	urbain	62,4	51 060	25 160	2,0	31,3
egarande_3	urbain	47,6	38 920	19 180	1,5	31,3
faverge_1	rural	281,9	230 710	97 470	4,1	14,6
feloin_1	rural	567,2	464 150	196 100	8,3	14,6
feloin_2	urbain	53,0	43 360	21 370	1,7	31,3
feloin_3	urbain	69,6	56 920	28 050	2,2	31,3
feloin_4	urbain	296,3	242 440	119 470	9,3	31,3
feloin_5	urbain	33,3	27 230	13 420	1,0	31,3
frigerin_1	rural	73,5	60 140	25 400	1,1	14,6
frigerin_2	urbain	14,5	11 850	5 840	0,5	31,3
gier_1	rural	457,7	374 530	158 250	6,7	14,6
gier_10	rural	281,4	230 270	97 280	4,1	14,6
gier_11	rural	300,1	245 510	103 700	4,4	14,6
gier_2	rural	757,2	619 550	261 700	11,0	14,6
gier_3	rural	700,1	572 830	241 970	10,2	14,6
gier_4	rural	221,1	180 930	76 440	3,2	14,6
gier_5	rural	439,8	359 890	152 030	6,4	14,6
gier_6	urbain	91,7	75 010	36 960	2,9	31,3
gier_7	urbain	781,0	639 080	314 940	24,5	31,3
gier_8	urbain	772,3	631 960	311 430	24,2	31,3
gier_9	urbain	364,4	298 220	146 960	11,4	31,3
grand-malval_1	rural	682,5	558 430	235 900	9,9	14,6
grand-malval_2	rural	807,4	660 620	279 050	11,8	14,6
grand-malval_3	rural	365,4	299 020	126 330	5,3	14,6
janon_1	rural	641,6	524 970	221 770	9,3	14,6
janon_2	urbain	742,1	607 210	299 230	23,3	31,3
janon_3	urbain	356,3	291 520	143 660	11,2	31,3
janon_4	rural	513,6	420 320	177 580	7,5	14,6
janon_5	urbain	266,4	218 030	107 440	8,4	31,3
langonand_1	rural	762,9	624 220	263 670	11,1	14,6
langonand_2	urbain	78,6	64 290	31 680	2,5	31,3
langonand_3	rural	781,5	639 520	270 220	11,4	14,6
lorette_1	rural	252,4	206 550	87 260	3,7	14,6
lozange_1	rural	74,9	61 290	25 890	1,1	14,6
lozange_2	rural	22,1	18 090	7 640	0,3	14,6
lozange_3	rural	12,3	10 070	4 250	0,2	14,6
lozange_4	rural	679,5	555 990	234 840	9,9	14,6
mornante_1	rural	789,0	645 620	272 740	11,5	14,6
mornante_2	urbain	267,7	219 030	107 940	8,4	31,3
onzion_1	rural	606,0	495 890	209 510	8,8	14,6
onzion_2	rural	492,7	403 140	170 290	7,2	14,6
ricolin_1	urbain	433,4	354 660	174 780	13,6	31,3
ricolin_2	rural	248,3	203 180	85 830	3,6	14,6
st-chamond_1	rural	117,9	96 480	40 750	1,7	14,6
st-chamond_2	urbain	22,0	18 020	8 880	0,7	31,3
st-chamond_3	urbain	155,8	127 510	62 840	4,9	31,3
st-paul_1	rural	67,2	54 980	23 220	1,0	14,6
st-paul_2	urbain	62,6	51 250	25 260	2,0	31,3
st-paul_3	rural	192,1	157 190	66 410	2,8	14,6
st-paul_4	urbain	106,0	86 770	42 760	3,3	31,3

TABLEAU 6 : RÉSULTATS DE LA SIMULATION DE LA PLUIE DE PROJET DE PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS

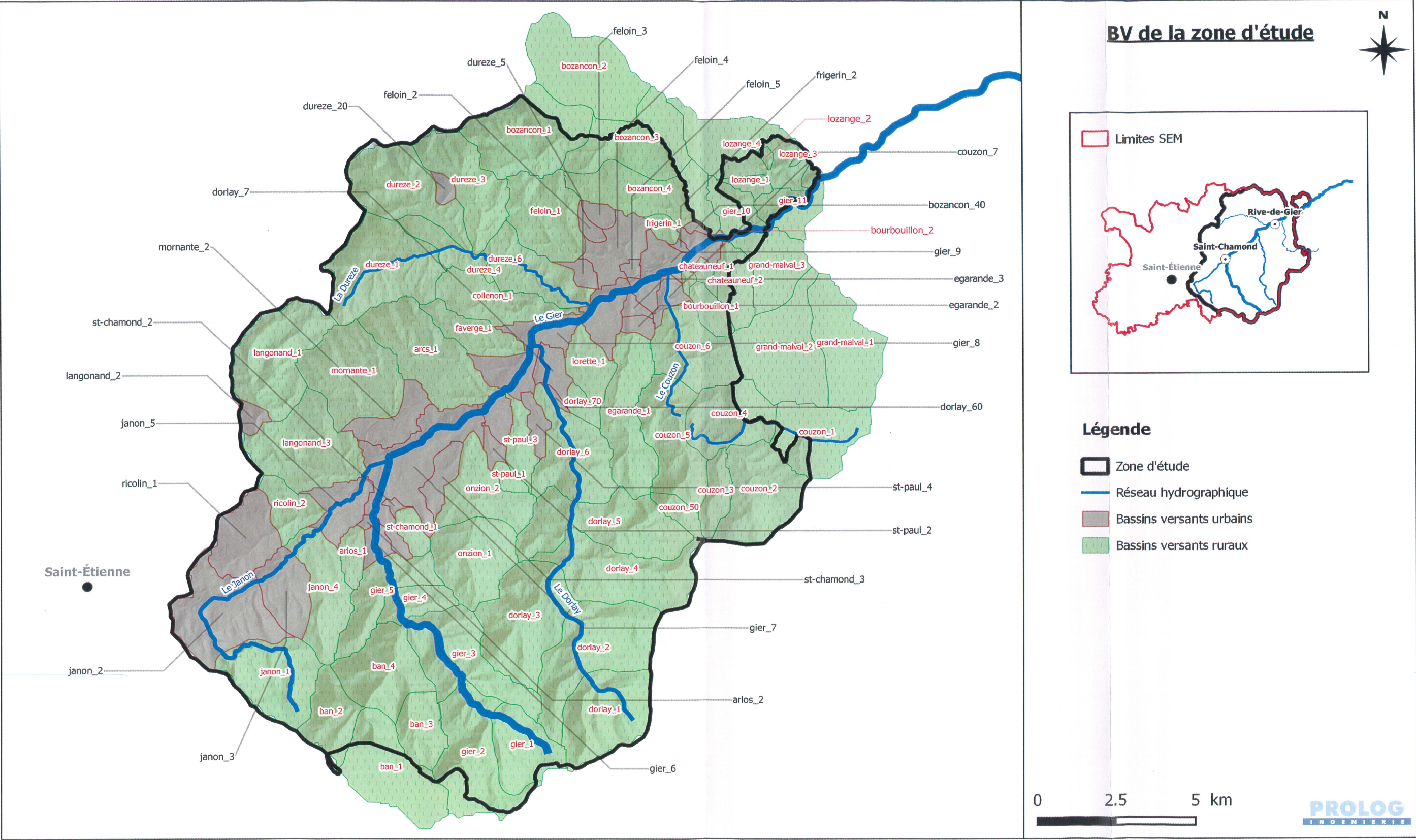


FIGURE 34 : LOCALISATION DES DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS

Nous avons ensuite comparé la somme des volumes de rétention à créer sur les bassins versants de l'ensemble du modèle avec le survolume de l'hydrogramme dans le Gier à l'aval du modèle écrêté sur la base du débit spécifique limite du Gier de 5 L/s/ha.

Nous obtenons les résultats suivants :

Période de retour de la pluie de projet	10 ans	30 ans	100 ans
Somme des volumes à créer des BV en amont de Rive-de-Gier (m ³)	1 748 960	8 172 810	12 735 450
Survolume à l'hydrogramme de Rive-de-Gier (m ³)	1 245 040	6 684 030	9 830 730

TABEAU 7 : COMPARAISON DE LA SOMME DES VOLUMES À CRÉER SUR LES BV DU MODÈLE ET DU SURVOLUME DE L'HYDROGRAMME À L'AVAL DU MODÈLE

La somme des volumes à créer sur les bassins versants est supérieure au volume considéré en écrétant l'hydrogramme à l'exutoire de ces bassins versants.

Cette différence peut s'expliquer de la manière suivante :

1. Les différents modèles hydrologiques utilisés (urbain et rural) représentent la différence de comportement des bassins versants. En effet, ces bassins versants ont une réponse à la sollicitation de la pluie différente et des temps de montée différents : la montée au débit de pointe sera plus rapide pour un bassin versant urbain que pour un bassin versant rural.

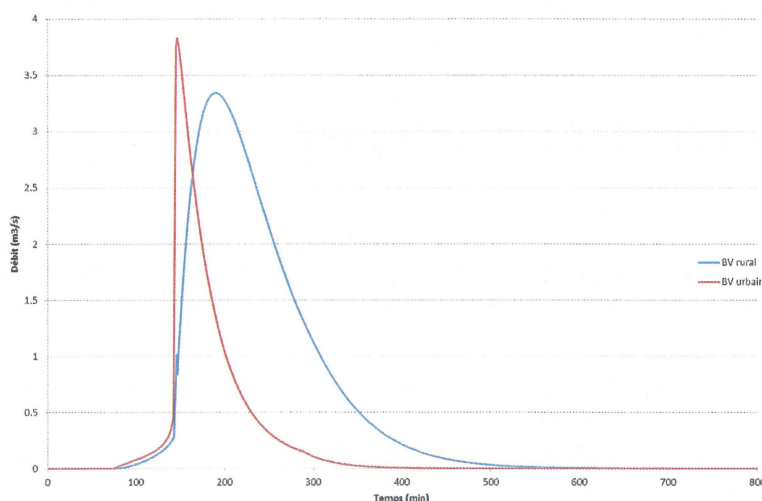


FIGURE 35 : COMPARAISON DES HYDROGRAMMES D'APPORT POUR UN BV URBAIN ET UN BV RURAL

2. Le débit maximal de l'hydrogramme global résultant des apports des différents bassins versants sur le Gier n'est pas égal à la somme des débits maximaux des différents bassins versants élémentaires du fait du décalage des pointes des hydrogrammes de chacun des bassins versants (phénomène d'écrêtement de l'hydrogramme).
3. Ainsi l'approche consistant à estimer un volume de stockage à partir d'un hydrogramme résultant sur le Gier conduit à minorer le volume qu'il est nécessaire de mettre réellement en place si les stockages sont répartis sur l'ensemble des différents bassins versants du Gier.

5.2 COMPARAISON DES VOLUMES DE RÉTENTION À CRÉER DANS LES ÉTUDES ISL ET PROLOG

Dans son étude sur la réduction du risque inondation sur le bassin versant du Gier, ISL détermine des volumes de rétention globaux à mettre en place. Ils utilisent pour cela la méthode présentée au §3.3.1 de la partie 1 du présent rapport consistant à écrêter un hydrogramme.

Si nous appliquons la méthodologie d'ISL au droit de la STEP de Tartaras (écrêtement de l'hydrogramme au débit de débordement du Gier cet endroit), nous obtenons alors les résultats suivants :

	Lieu	Débit seuil (m³/s)	Survolume pour Q100ans (m³)	Survolume pour Q2008 (m³)
Résultats ISL	STEP Tartaras	180	7 382 670	2 610 980
Résultats PROLOG	STEP Tartaras	180	6 929 970	2 801 470
% de différence entre les résultats			+ 6,5%	- 6,8%

Nos résultats sont cohérents avec ceux d'ISL.

Toutefois, les volumes de rétention à créer dans l'étude ISL ne seront pas les mêmes que ceux de notre étude pour plusieurs raisons :

- d'une part, la méthodologie employée n'est pas la même. ISL écrête un hydrogramme dans le Gier pour le débit de débordement du Gier à cet endroit alors que nous écrêtons les hydrogrammes d'apport des différents bassins versants pour le débit spécifique limite du Gier (cf. explication du paragraphe précédent) ;
- d'autre part, les pluies de projet que nous utilisons finalement ne sont pas exactement les mêmes que celles d'ISL (cf. 4.3 Pluies de projet).

5.3 DÉBITS NATURELS SPÉCIFIQUES

Dans son « *Etude de gestion des eaux pluviales sur les bassins versants de l'Ondaine, du Lizeron et du Furan* » réalisée en 2012, **l'objectif de la régulation des eaux pluviales avancé par SEPIA est que le débit à l'aval d'un projet ne dépasse pas le débit à l'état naturel du bassin versant avant aménagement**. La référence retenue par SEPIA pour évaluer le débit de fuite à assurer est le débit naturel décennal.

Dans son « *Etude pour la réduction du risque d'inondation et d'érosion sur le bassin versant du Gier* », ISL calcule un débit de fuite maximal de 15 L/s/ha, débit correspondant au ruissellement naturel (avant urbanisation) calculé à partir du modèle GESRES d'ISL sur la base d'un épisode orageux (de période de retour 10 ans, basée sur l'événement de novembre 2008).

Pour les bassins versants ruraux dont la surface « naturelle » est de 100%, nous obtenons une valeur d'environ 8 L/s/ha pour la pluie décennale retenue (cf. § 5.1.2 Résultats de la modélisation). Pour les pluies de novembre 2008 et de décembre 2003, les débits spécifiques à Rive-de-Gier étaient de l'ordre de 9 à 10 L/s/ha, débits pour lesquels de nombreux débordements ont été constatés. L'événement de 2008 présentait des périodes de retour comprises entre 5 et 10 ans pour la pluie et d'environ 30 ans pour le débit, les périodes de retour de l'événement de 2003 ont été estimées entre 20 et 100 ans pour la pluie et à 40 ans environ pour le débit.

Le débit spécifique limite du Gier avant débordement de 5 L/s/ha est plus contraignant que les valeurs de débits naturels décennaux estimés (comprise entre 8 L/s/ha (valeur calculée par PROLOG) et 15 L/s/ha (valeur proposée par ISL)).

5.4 COMPARAISON DES APPORTS DES BASSINS VERSANTS AVEC LES CAPACITÉS DES RÉSEAUX À LEUR EXUTOIRE

5.4.1 MÉTHODOLOGIE

La phase 2 du Schéma Directeur Assainissement et Eaux Pluviales prévoyait des levés topographiques à réaliser sur l'ensemble du territoire de Saint-Etienne-Métropole afin de compléter les données topographiques sur les réseaux d'assainissement obtenues auprès de Saint-Etienne-Métropole et des différentes communes. La réalisation de ces levés était également l'occasion de récupérer des informations sur les réseaux structurants (cotes de radier, dimensions des collecteurs) afin de pouvoir calculer la capacité de ces réseaux et comparer cette capacité aux apports de certains bassins versants.

Ainsi, plusieurs de ces levés topographiques ont été réalisés au droit de zones de désordres identifiés sur le bassin versant du Gier. Pour pouvoir exploiter ces levés, c'est-à-dire comparer les capacités des réseaux aux apports d'un bassin versant, ils devaient être réalisés au droit d'une zone de désordre située à l'exutoire d'un bassin versant. La demande faite au cabinet de géomètre GEOLIS a donc été la suivante : lever les réseaux eaux pluviales et unitaires situés au droit des zones de désordres elles-mêmes situées à l'exutoire d'un des bassins versants de notre modèle hydraulique et hydrologique. La zone à lever indiquée au géomètre correspondait à la zone de désordre indiquée lors des entretiens avec les communes à laquelle nous avons ajouté une marge de 100 m autour de la zone. Cette marge a été considérée car d'une part les localisations des zones de désordres indiquées pouvaient ne pas être suffisamment précises et d'autre part il est toujours préférable de calculer la capacité d'un collecteur sur quelques dizaines de mètres afin de tenir compte d'une pente moyenne du collecteur.

Nous avons ainsi pu comparer, sur plusieurs secteurs, des capacités de conduites aux apports décennaux de bassins versants. Pour ce faire, la ou les conduites situées à l'exutoire du bassin versant ont été identifiées. La capacité à pleine section de ces conduites a été calculée à l'aide de la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K * S * R^{2/3} * \sqrt{i}$$

Avec : Q le débit dans la conduite ;

K le coefficient de rugosité de la conduite, pris égal à 70 ;

S la section mouillée ;

R le rayon hydraulique égal à S / P où P est le périmètre mouillé ;

i la pente de la conduite.

Les apports hydrologiques des bassins versants ont été calculés à l'aide du modèle hydrologique et hydraulique présenté au § 3 *Détermination des apports des bassins versants*.

Des exemples d'application de la méthodologie sont présentés ci-dessous. Pour chacun d'entre eux, un extrait de carte est présenté afin de localiser la zone sur laquelle le calcul est effectué. Sur cet extrait de carte figure le nom du bassin versant concerné (ainsi que le nom des bassins versants voisins) ce qui permet ainsi de se repérer sur le bassin versant du Gier grâce à la Figure 34 (carte globale des bassins versants modélisés).

5.4.2 APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE

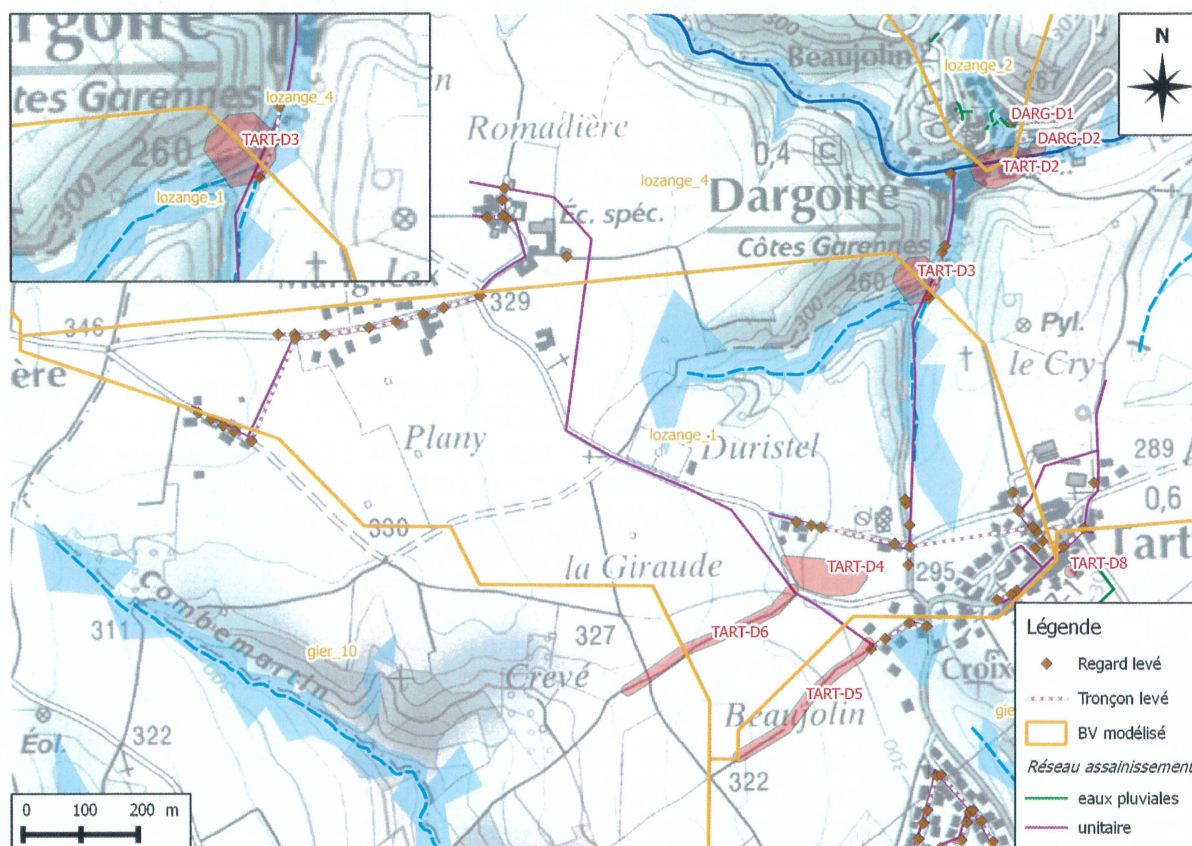


FIGURE 36 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DU DÉSORDRE TART-D3 À TARTARAS

A Tartaras, une zone de débordement nous avait été indiquée à la confluence de 2 rus. Il existe un collecteur unitaire $\Phi 200$ au droit de cette zone, dont la capacité maximale est de 72 L/s soit 1 L/s/ha. Or les apports de ce bassin versant pour une pluie décennale sont de 569 L/s soit 7,6 L/s/ha, ils ne peuvent donc pas être repris par le collecteur situé à cet endroit. Ici, plutôt que de mettre en place uniquement un volume de rétention pour résoudre le désordre, une solution envisageable serait de redimensionner le collecteur qui présente des dimensions très petites pour un collecteur unitaire.

Remarque : on peut observer une conduite unitaire qui traverse le bassin versant lozange_1 de part et d'autre. Cette conduite n'a pas été considérée lors du tracé des bassins versants à l'échelle de notre modèle car elle présente un diamètre faible, 200 mm. Nous avons ainsi considéré qu'elle n'avait que peu d'influence sur les écoulements d'eaux pluviales pour d'importantes pluies.

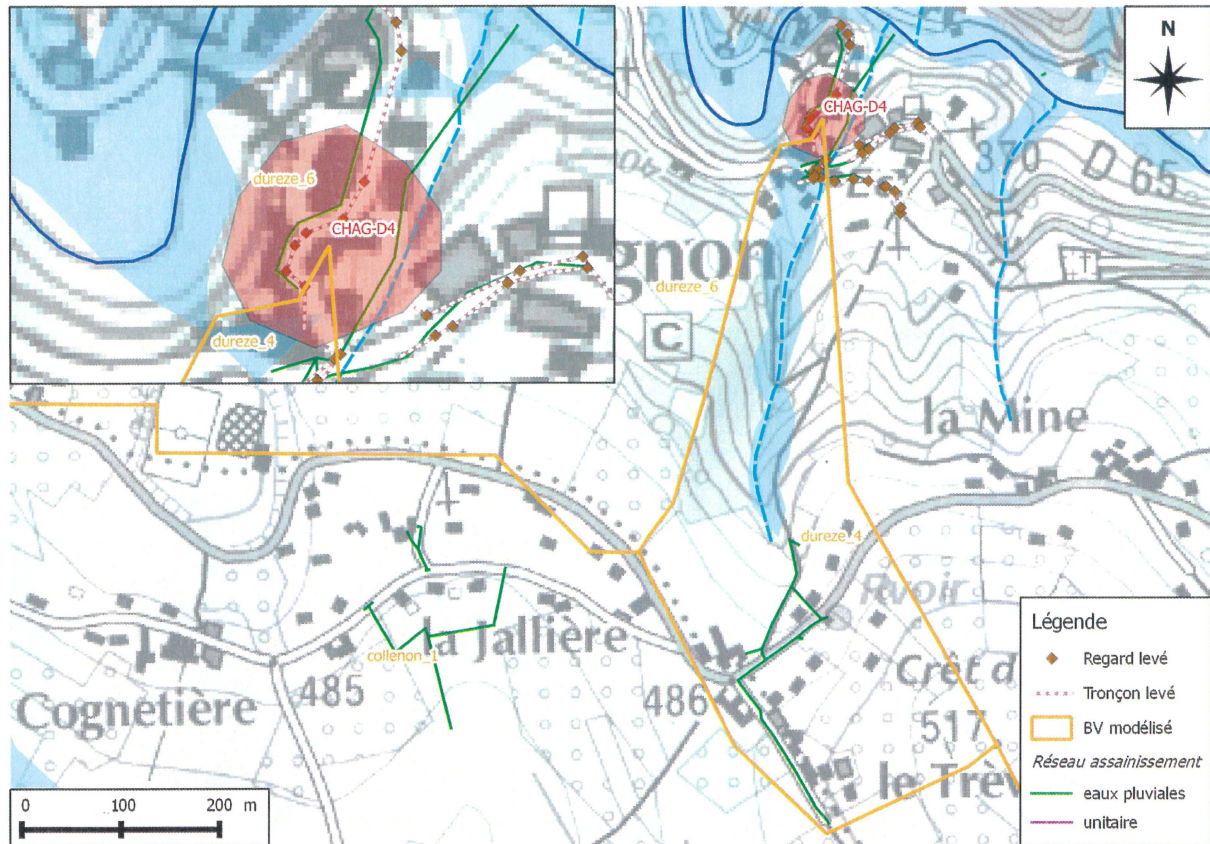


FIGURE 37 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DE CHAG-D4 À CHAGNON

Des inondations et des effondrements nous ont été signalés au niveau du centre bourg de Chagnon. 2 collecteurs EP sont situés au droit de la zone qui nous avait été indiquée et à l'aval du bassin versant modélisé. Toutefois, un des 2 collecteurs en question n'a pu être levé par GEOLIS (cf. explication p. 64). Nous avons fait l'hypothèse que les 2 conduites avaient sensiblement la même capacité. La conduite pour laquelle nous avons des levés possède un diamètre de 250 mm et une capacité maximale de 151 L/s soit 12,4 L/s/ha, ce qui laisserait envisager une capacité totale d'environ 24,8 L/s/ha pour les 2 conduites. Les apports du bassin versant modélisé pour une pluie de période de retour 10 ans sont de 111 L/s soit 9,1 L/s/ha et pour une pluie de période de retour 30 ans de 144 L/s soit 11,8 L/s/ha. Le réseau semble donc correctement dimensionné pour reprendre les apports du bassin versant. Des investigations complémentaires seraient nécessaires afin de comprendre l'origine du désordre : visite de terrain approfondie pour comprendre la répartition des apports et affiner le bassin versant, levés topographiques sur le 2^{ème} collecteur si les apports du bassin versant sont drainés préférentiellement vers ce collecteur.

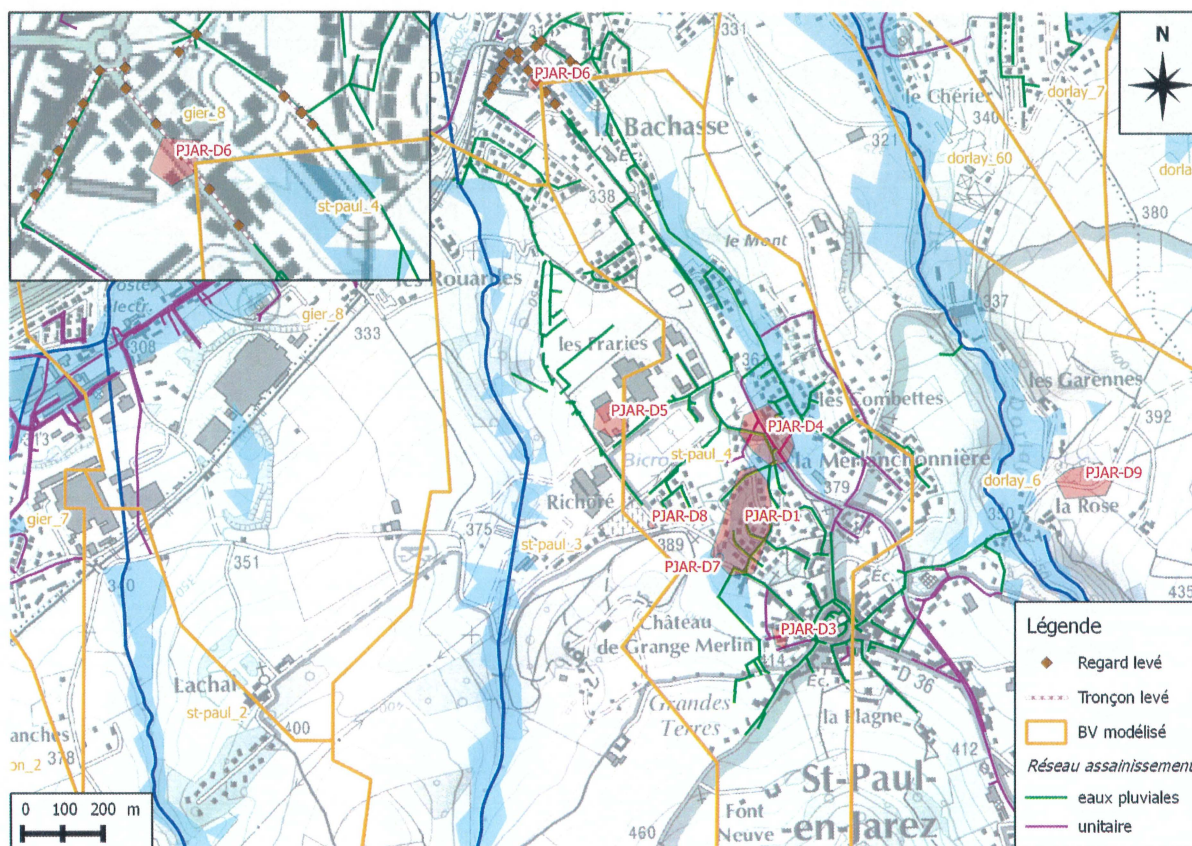


FIGURE 38 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DU DÉSORDRE PJAR-D6 À SAINT-PAUL-EN-JAREZ

Des débordements en temps de pluie avaient été signalés à l'aval de Saint-Paul-en-Jarez. Il existe 2 collecteurs EP Ø800 en parallèle reprenant les apports du bassin versant modélisé. A eux 2, ces collecteurs présentent une capacité maximale de 5200 L/s soit 49 L/s/ha. Les apports décennaux calculés de ce bassin versant sont de 7344 L/s soit 69 L/s/ha. Les collecteurs semblent sous-dimensionnés pour reprendre les apports du bassin versant. Toutefois, une étude complémentaire plus détaillée serait nécessaire afin de pouvoir préciser la répartition des apports entre les 2 collecteurs EP.

Remarque : le collecteur unitaire que l'on peut observer au sud-est du bassin versant et qui semble continuer jusque dans le bassin versant considéré contourne en fait le bassin versant et part vers l'est.

5.4.3 LIMITES RENCONTRÉES LORS DE L'APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE

Ce travail de comparaison réalisé sur 3 secteurs différents n'a pu être effectué sur la totalité des zones de désordre situées à l'aval de bassin versant que nous avons modélisé et cela pour différentes raisons :

- certaines zones de désordres se trouvant à l'aval de bassins versants modélisés ne possèdent tout simplement pas de réseau ;
- certaines zones n'ont été levées qu'en partie et le manque d'informations ne nous permet pas d'estimer des capacités. En effet, lors de ses investigations, le cabinet GEOLIS a rencontré plusieurs difficultés l'empêchant d'effectuer certains levés : regards et conduites situés sur des propriétés privées ou dans des zones très difficiles d'accès (présence de friches, talus...). De plus, la connaissance du réseau et de la présence de tampons au droit des zones de levés n'étaient pas forcément exhaustive, ce qui peut expliquer également que certains collecteurs n'aient pas été levés ;

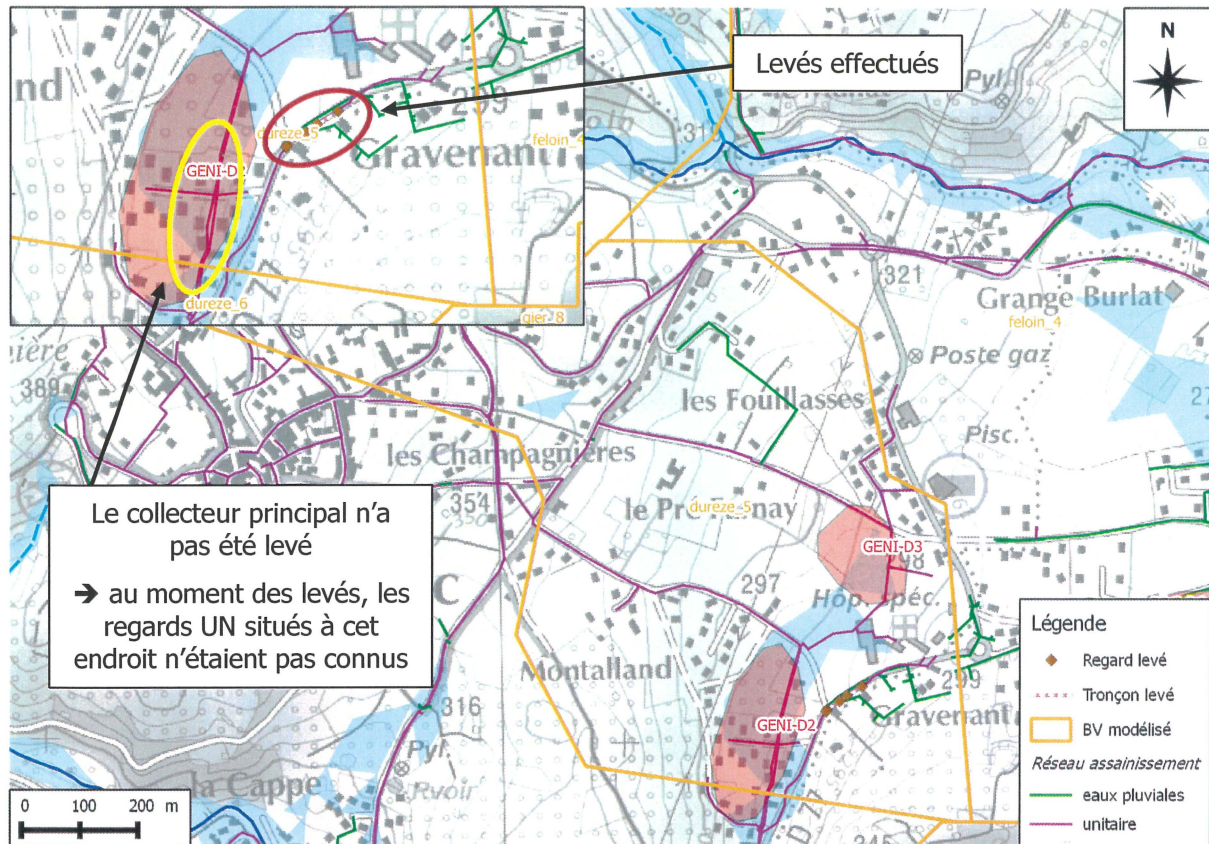


FIGURE 39 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE PARTIEL À GENILAC

- certaines zones présentent des réseaux très complexes et denses, il est alors difficile de pouvoir identifier le réseau à l'exutoire du bassin versant considéré.

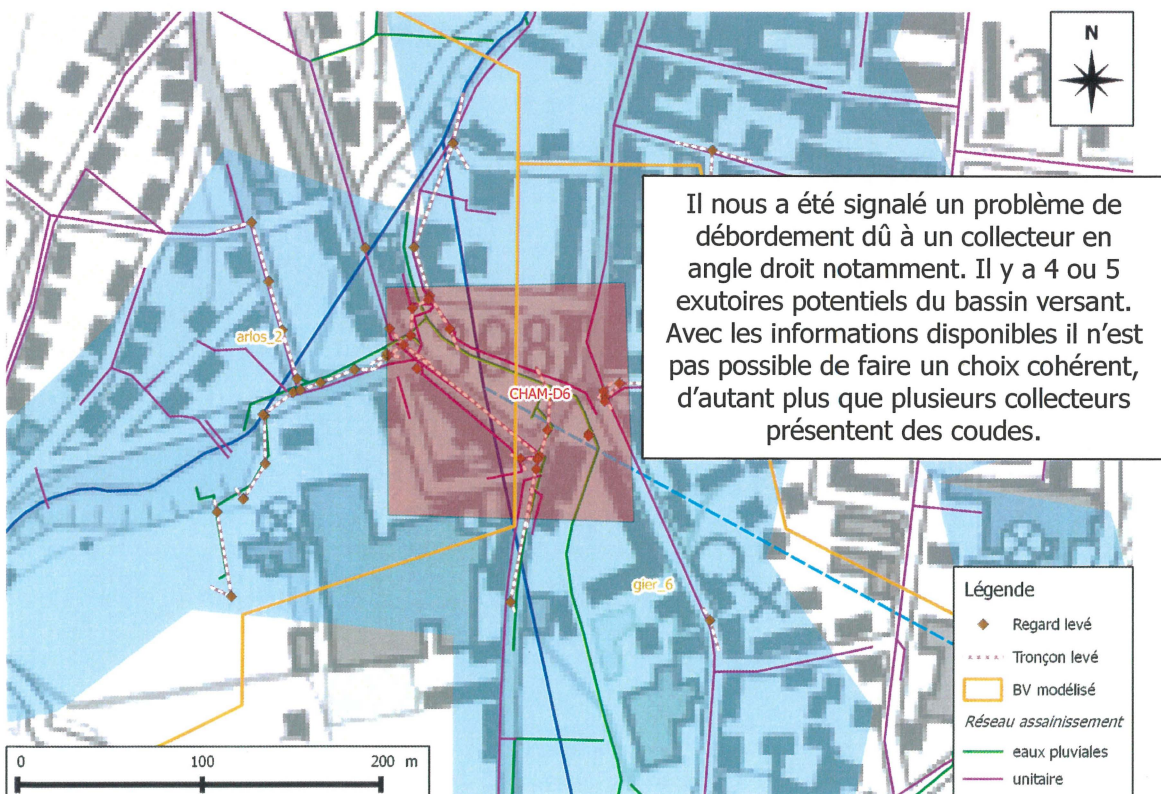


FIGURE 40 : LEVÉ TOPOGRAPHIQUE AU DROIT DE CHAM-D6 À SAINT-CHAMOND

En tout sur le bassin versant du Gier, 27 zones de désordres étaient situées à l'exutoire de bassins versants modélisés. Parmi ces 27 zones :

- 10 d'entre elles ne présentaient pas de réseaux unitaire ou pluvial ;
- 1 zone concernait un problème de débordement de cours d'eau situé en zone d'aléa du PPRI du Gier, problème qui ne sera pas considéré dans notre étude ;
- 3 zones présentent des réseaux denses et complexes et où il est difficile d'identifier là où les conduites à l'exutoire du bassin versant ;
- 8 zones pour lesquelles il manque des informations du fait des difficultés rencontrées par GEOLIS pour effectuer certains levés (zones difficiles d'accès ou en propriété privée) ou de la méconnaissance du réseau ;
- 5 zones pour lesquelles la méthodologie présentée précédemment peut s'appliquer.

6 IMPACT DES EAUX PLUVIALES SUR LA QUALITÉ DU GIER

6.1 QUALITÉ DU GIER

⁹La qualité des eaux du bassin versant du Gier est assez hétérogène, avec des cours d'eau en fond de vallée très dégradés et des cours d'eau situés plus en amont sur les versants en général préservés.

Le Gier est touché par plusieurs pollutions :

- une importante pollution organique, azote et phosphore. L'ensemble du bassin versant du Gier est d'ailleurs inscrit en zone sensible à l'eutrophisation (dû au phosphore) d'après l'arrêté du 9 février 2010 ;
- une pollution par les micropolluants de type HAP, métaux et métalloïdes ;
- une pollution par les pesticides ;
- une pollution par les PCB.

Certains affluents présentent toutefois une pollution chronique de leurs eaux. C'est le cas de l'Onzion, du Ricolin et du Lozange. La mauvaise qualité des deux derniers peut s'expliquer en partie par leur faible débit qui engendre une faible dilution.

6.2 QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES DES BASSINS VERSANTS

Dans le cadre de la présente étude, aucune mesure de qualité n'était prévue sur le réseau d'eaux pluviales de la zone d'étude. Une analyse bibliographique a donc été menée afin de caractériser l'impact du ruissellement des eaux pluviales sur la qualité des cours d'eau.

La pollution transportée par les réseaux pluviaux séparatifs est caractérisée par :

- la composition essentiellement minérale des MES (la fraction organique est de l'ordre de 30 %),
- une faible biodégradabilité (le rapport DCO/DBO5 est supérieur à 4 contre 2 à 2,5 pour des eaux usées domestiques),
- la fixation d'une part importante des polluants sur les MES,
- la densité et la vitesse de chute des particules, plus importantes que pour les effluents urbains domestiques ou unitaires, D'où un abattement potentiel important de la pollution par décantation, Néanmoins, la décantabilité des eaux engendrée par des petites pluies est moins bonne (fraction organique supérieure),
- la taille des particules transportées, d'autant plus importante que l'intensité de la pluie est grande.

6.2.1 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Les concentrations et les masses annuelles sont extrêmement variables car elles dépendent de nombreux facteurs : caractéristiques des événements pluvieux (durée, intensité, succession), des périodes de temps sec, du type de surface urbaine et d'activités, de l'état des réseaux (entretien, curage), etc. La connaissance du type d'urbanisme, ou d'activité, sur une zone urbaine donnée ne suffit donc pas à prévoir les concentrations ou les masses de polluants qui seront générées par les événements pluvieux.

⁹ Données issues de l'« Etude globale de la qualité des eaux de surface du bassin versant du Gier » réalisée par SAGE Environnement en 2011

L'étude plus fine des données de concentrations et de masses montre qu'elles sont, non seulement très variables d'un site à l'autre, mais qu'elles le sont tout autant d'un événement pluvieux à l'autre, pour un même site.

Le tableau ci-après présente les valeurs de pollution issues de l'étude bibliographique¹⁰ effectuée dans le cadre de l'étude :

		MES	DCO	DBO5	NH4
résidentiel	moy/median	37.5-150	55-148	9-12.59	
	min-max	11-410	14-320	ff 20.99	
commercial	moy/median	42-69	57-71.94	9.3-15.21	
	min-max	ff 101.86	ff 164.82	ff 26.98	
mixte (résidentiel/commercial)	moy/median	147-190	85-124	11	1.45
	min-max	1-4582	20-365	0.7-220	0.2-4.6
urbain	moy/median	150-413.5	94-650		
	min-max	12.9-874	48-1455.2		
industriel	moy/median	66.07-78	60-75.34	15.14	
	min-max		ff 107.4	ff 23.99	
espaces verts	moy/median	21.98-70	20-42.1	3.79	
	min-max				

TABLEAU 8 : VALEURS BIBLIOGRAPHIQUES EN RÉSEAU SÉPARATIF : SYNTHÈSE DES FOURCHETTES EN MG/L DE VALEURS MOYENNES/MÉDIANES ET MIN-MAX

D'autres études récentes ont par ailleurs été réalisées en Australie (Wong et al, 2006) et confirment dans l'ensemble les fourchettes de concentration indiquées ci-dessus. Les campagnes de mesure avaient été réalisées pour différents types d'occupation des sols comme indiqué dans les figures ci-après (Figures adaptées de Wong et al, 2006 - Source : « *Guide de gestion des Eaux pluviales/ Chapitre 8 : Qualité des eaux pluviales : évaluation, contrôle et suivi – Site Internet Développement Durable, Environnement, Faune et Parc du gouvernement du Québec* »).

📌 Concernant les MES :

Il y a peu de disparités entre les types d'occupation des sols, On retiendra que les concentrations moyennes sont situées dans une gamme très large entre 50 mg/L et 500 mg/L pour une moyenne de 150 mg/L. Les eaux de toiture sont inférieures à 100 mg/L en moyenne et sont significativement moins chargées que les eaux pluviales provenant des sols.

¹⁰ Données issues de divers articles et sources d'information : « *Encyclopedia of hydrological science edited by M.G. Anderson, John Wiley & sons – article 97 : Urban water quality (2005)* » ; « *Thèse BRESSY – Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaine (2010)* »...

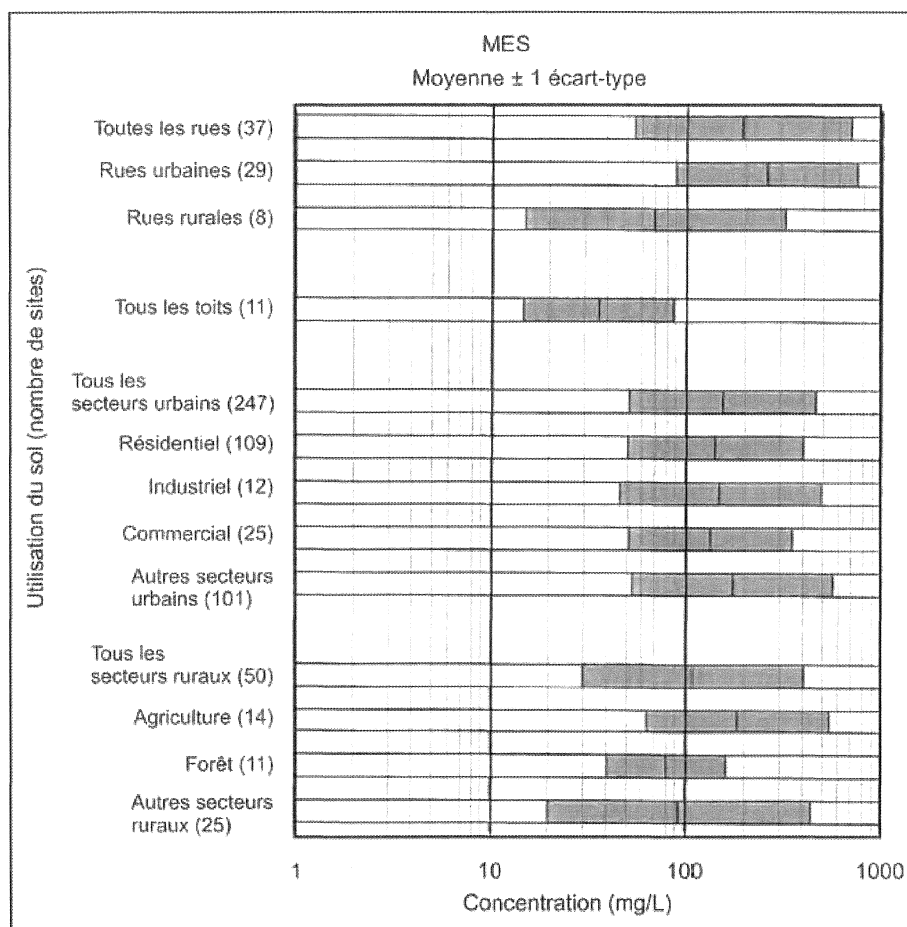


FIGURE 41 : RÉSULTATS DE L'ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES (WONG ET ALL, 2006) CONCERNANT LES MES

Par rapport aux fourchettes relevée lors de la synthèse bibliographique globale on note cependant des valeurs plus élevées ici concernant les secteurs industriel et commercial.

↳ Concernant la DCO :

Il y a peu de disparités entre les types d'occupation des sols hormis pour les zones industrielles où la concentration en DCO est pratiquement le double des autres types d'occupation des sols.

On retiendra que la DCO varie, hors zone industrielle, entre 35 mg/L et 200 mg/L pour une moyenne d'environ 85 mg/L, et peut atteindre presque 400 mg/L, avec une moyenne à plus de 150 mg/L pour les zones industrielles.

On peut noter que cette distinction n'apparaît pas dans les fourchettes globales issues de la synthèse générale de la bibliographie : les valeurs les plus élevées sont associées à un type d'aménagement urbain quand les valeurs relevées pour les zones industrielles se situent dans les mêmes ordres de grandeur que celles des zones résidentielles ou commerciales ; les espaces verts présentent des valeurs plus faibles.

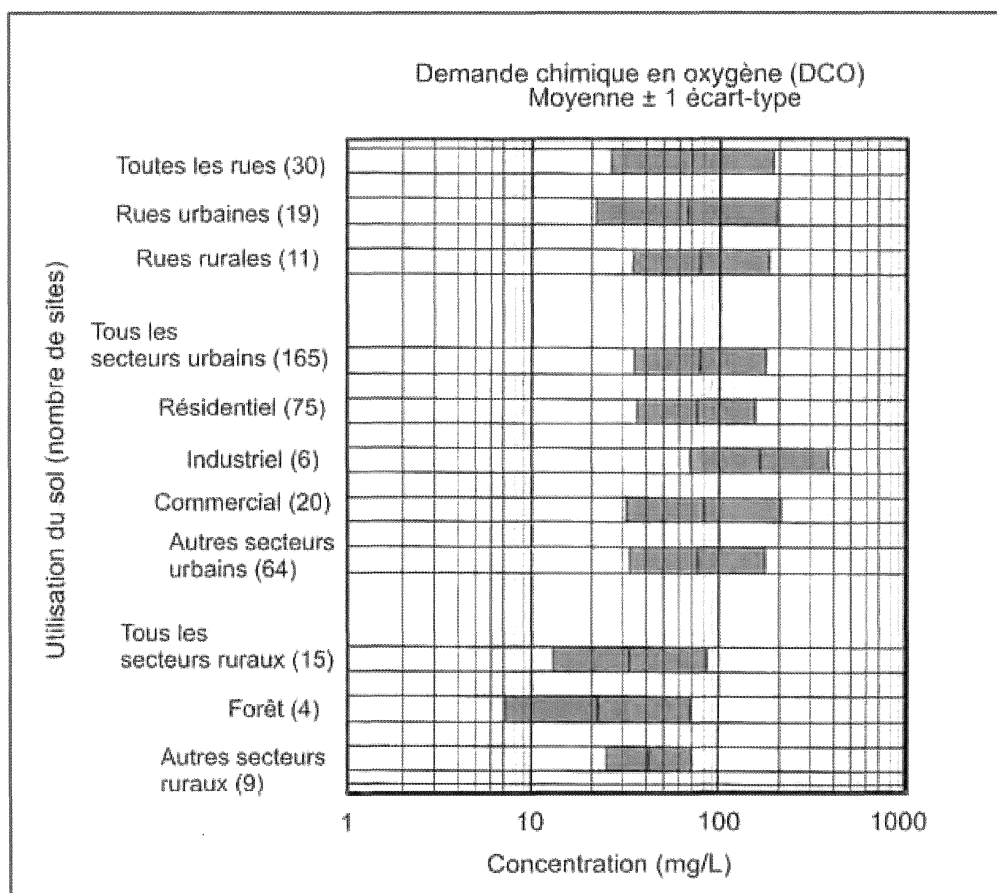


FIGURE 42 : RÉSULTATS DE L'ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES (WONG ET ALL, 2006) CONCERNANT LA DCO

↳ **Concernant la DBO₅ :**

Il y a peu de disparités entre les types d'occupation des sols en zone urbaine où la concentration en DBO₅ varie de 7 mg/L à 30 mg/L avec une moyenne de 15 mg/L.

On note qu'en zone urbaine la concentration en DBO₅ est significativement supérieure à celle mesurée en zone rurale (environ le double).

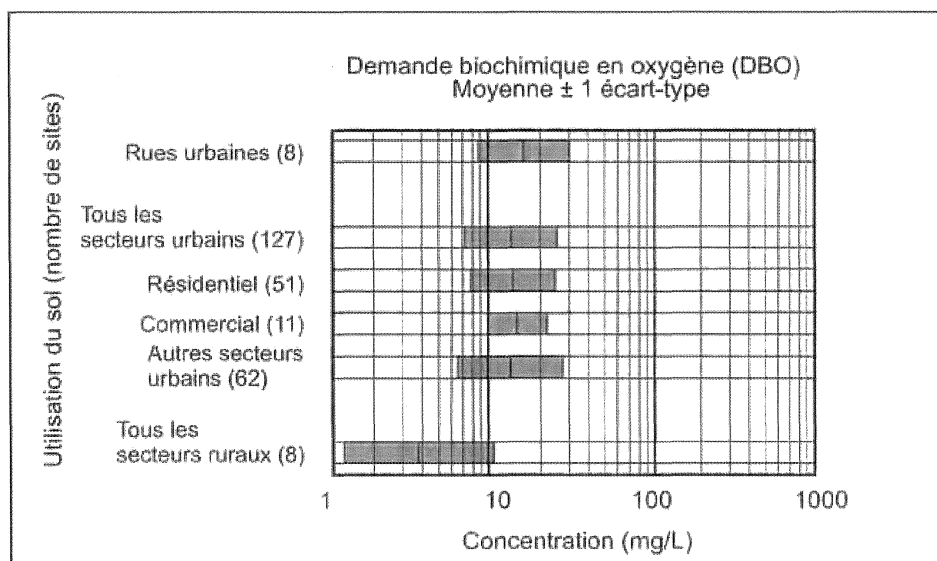


FIGURE 43 : RÉSULTATS DE L'ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES (WONG ET ALL, 2006) CONCERNANT LA DBO₅

6.2.2 CONCLUSION SUR LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES

Les valeurs de pollution « classiques » apportée par les eaux pluviales en réseau séparatif issues de l'étude bibliographique réalisée ne permettent pas d'expliquer l'origine des pollutions constatées au niveau du Gier (principalement dues au phosphore, à l'azote et aux pesticides). L'origine de cette pollution devra donc être déterminée par un autre moyen.

6.3 QUELLES ORIGINES POTENTIELLES DE LA POLLUTION DU GIER ?

Le phosphore est rejeté au milieu aquatique directement sous forme minérale (phosphates des engrais, polyphosphates des détergents) ou inclus dans la matière organique (déjections humaines ou animales, molécules de synthèse) qui donnera des phosphates après biodégradation. Le rejet d'azote prend essentiellement son origine dans le métabolisme humain et animal. Sa présence dans le milieu récepteur provient essentiellement des rejets des collectivités (eaux domestiques et surverses unitaires par temps de pluie). Il s'avère en effet que la pollution d'origine domestique sur le bassin versant du Gier est importante, malgré les progrès réalisés par les stations d'épuration. D'après l'étude sur la qualité des eaux du bassin versant du Gier de SAGE Environnement, les causes de cette pollution domestique proviennent de problèmes liés aux systèmes de collecte (collecteurs implantés dans le lit de la rivière entraînant des pollutions accidentelles lors des crues importantes, introductions d'eaux claires parasites réduisant les performances des stations d'épurations, erreurs de branchement et rejets en zones couvertes) mais également de nombreuses installations individuelles peu conformes. **En conséquence, de nombreux rejets d'eaux usées sont effectués dans le Gier, sans traitement, conduisant ainsi à une importante pollution organique.** Dans le SDAGE Rhône-Méditerranée, le bassin versant du Gier est d'ailleurs classé dans un zonage où une action renforcée de réduction des rejets est nécessaire pour lutter contre les pollutions par les substances dangereuses.

On constate sur le Gier une pollution importante par les micropolluants malgré une faible présence de ceux-ci dans les stations d'épuration. D'après l'étude sur la qualité des eaux du bassin versant du Gier de SAGE Environnement, **cela provient certainement de rejets directs au milieu issus des entreprises émettant ou pouvant émettre des rejets polluants** : rejets permanents liés à des mauvais branchements, rejets ponctuels liés à des erreurs de manipulation de produits ou à des incidents dans l'entreprise. Cette pollution peut également provenir de sols pollués en fond de vallée du fait d'anciennes activités industrielles, d'après des diagnostics de sols réalisés sur d'anciens sites industriels (exemple « *Diagnostic de sols – ancien site Duralex – Rive-de-Gier* » réalisé par EPORA en 2009).

Dans son « Etude des pratiques d'utilisation des phytosanitaires et de la qualité des eaux vis-à-vis de cette pollution », réalisée en 2010, BURGEAP a caractérisé la vulnérabilité des sols du territoire du Gier vis-à-vis du transfert des pesticides par ruissellement en croisant les paramètres suivants : pédologie, occupation du sol, pente, densité du réseau et pluviométrie. Il en ressort les résultats suivants sur la zone d'étude :

- 4 sous-bassins présentent une vulnérabilité forte avec une importante présence de vergers ou de zones urbaines et des sols battants : Durèze, Colénon, Féloin et Gier intermédiaire ;
- 6 sous-bassins présentent une vulnérabilité moyenne : Frigerin, Janon, Onzion, Lozange, Faverge, Bozançon (ces 3 derniers étant situés en partie sur le secteur d'étude) ;
- les autres sous-bassins présentent une vulnérabilité faible liée à la présence de forêts et prairies et à des sols plus filtrants.

De plus, **BURGEAP a également étudié les pratiques quant à l'utilisation des phytosanitaires et mis en évidence les points noirs suivants** :

- des risques de pollution diffuse par les herbicides liée à une méconnaissance des conditions de traitement par les communes ;

- des risques de pollution ponctuelle dans le monde agricole et non agricole liés au remplissage, aux pratiques après traitement et au devenir des emballages ;
- une méconnaissance ou un développement non encore généralisé des techniques alternatives ;
- une prise de conscience plus ou moins importante des risques liés aux produits phytosanitaires.

Les sources de pollution par les PCB ne sont pas clairement identifiées. Pour rappel, les PCB, ou Polychlorobiphényles, sont des composés organiques chlorés, souvent dénommés à tort « pyralènes » en France. Ils n'existent pas à l'état naturel. Depuis les années 1930, les PCB étaient produits et utilisés dans l'industrie pour leurs qualités d'isolation électrique, de lubrification et d'ininflammabilité. On les retrouvait comme liquide échangeur de chaleur dans les transformateurs et les condensateurs, comme lubrifiants dans les turbines et les pompes ou comme additifs dans des huiles, des adhésifs, des plastiques, des peintures et des papiers autocopiants. Leur production est arrêtée depuis les années 80.

Du fait de leur persistance (demi-vie de 94 jours à 2 700 ans suivant les molécules) et de leur faible solubilité dans l'eau, les PCB se sont progressivement accumulés dans les sols et les sédiments. La contamination a pu se transmettre le long de la chaîne alimentaire jusqu'aux poissons.

La pollution du Gier par les pesticides provient en partie du ruissellement des eaux pluviales qui vont ruisseler sur les terres sur lesquelles des pesticides ont été répandus et vont amener les résidus de ces produits vers le Gier. Dans le SDAGE Rhône-Méditerranée, le bassin versant du Gier est classé dans un zonage où des mesures complémentaires doivent être engagées pour contribuer à la réduction des émissions de pesticides. En revanche, le ruissellement des eaux pluviales intervient dans une moindre mesure dans la pollution du Gier due au phosphore, azote, micropolluants et PCB.

PARTIE 3 : PRECONISATIONS

1 QUELLES PRECONISATIONS METTRE EN PLACE POUR LA GESTION QUANTITATIVE DES EAUX PLUVIALES ?

1.1 PRÉAMBULE

Les préconisations à mettre en place pour la gestion quantitative des eaux pluviales consistent à définir des règles applicables à l'ensemble de la zone d'étude et qui devront être respectées aussi bien en curatif, dans le cas de la mise en place d'ouvrage visant à réduire des désordres existants, qu'en préventif, dans le cas de nouveau projet d'urbanisation. Ces règles découleront de la stratégie suivante :

Définition d'un débit de fuite maximal à ne pas dépasser.

Définition du niveau de protection à respecter. Ce niveau de protection défini conduira ensuite aux valeurs de volumes de rétention à mettre en place.

1.2 RAPPEL DES RÈGLES EXISTANTES SUR LE TERRITOIRE DE SAINT-ETIENNE-MÉTROPOLE

Actuellement sur son territoire situé sur le bassin versant du Gier, Saint-Etienne-Métropole préconisait comme valeurs pour les débits de fuite et volume de stockage les valeurs issues du Contrat de rivière. Plus généralement sur le territoire de Saint-Etienne-Métropole, il existe différentes règles de gestion des eaux pluviales :

	Débit de fuite	Volume de rétention
Contrat de rivière (ISL)	15 L/s/ha ramené à 15L/s/ha imperméabilisé dans les fiches-actions	240 m ³ /ha imperméabilisé (décennal)
SAGE Loire	15 L/s/ha au maximum Valeur affinée selon relief	Dimensionnement pour événement décennal Trentennal si forte urbanisation
SEPIA (Etude EP Furan-Ondaine)	2 L/s pour surfaces interceptées < 1 500 m ² Pour surface > 1 500 m ² : 15 L/s/ha pour les secteurs montagneux, 10 L/s/ha sinon	Dimensionnement pour événement cinquantennal Centennal pour BV amont désordre

TABLEAU 9 : RÉGLEMENTATIONS ET PRÉCONISATIONS EXISTANTES SUR LE TERRITOIRE DE SAINT-ETIENNE-MÉTROPOLE

Les règles de gestion existantes sont hétérogènes et diffèrent selon l'organisme qui les a définies. L'objectif de notre étude, et de l'étude de Schéma directeur des eaux pluviales à venir, est de proposer une stratégie de gestion des eaux pluviales cohérente et homogène sur l'ensemble du bassin versant du Gier mais aussi sur l'ensemble du territoire de Saint-Etienne-Métropole.

1.3 DÉFINITION DE LA STRATÉGIE

1.3.1 QUEL DÉBIT LIMITE ACCEPTER EN AVAL DES DIFFÉRENTS BASSINS VERSANTS ?

Si on considère la contrainte que représente la capacité du Gier, milieu aval vers lequel les eaux pluviales vont ruisseler, le débit de fuite à respecter est de 5 L/s/ha (cf. § 2 Capacité du Gier et débit spécifique). Ce débit correspond effectivement à la capacité limite avant débordement du Gier que l'on retrouve à plusieurs endroits : en sortie de Rive-de-Gier et à l'aval de notre secteur d'étude, au niveau de la commune de Saint-Romain-en-Gier.

Dans les études réalisées par ISL dans le cadre du Contrat de rivière du Gier et par SEPIA pour la gestion des eaux pluviales sur les bassins versants du Furan et de l'Ondaine, le débit de fuite considéré est de 15 L/s/ha (valeur pouvant être diminuée à 10 L/s/ha pour les secteurs de plaine dans le cas de SEPIA). Ce débit de fuite correspondrait au débit naturel décennal des bassins versants avant aménagement. Nos calculs réalisés dans le cadre du diagnostic sur le bassin versant du Gier ont donné un débit naturel décennal de l'ordre de 8 L/s/ha. Pour mémoire, pour une crue trentennale sur le Gier (type novembre 2008 ou décembre 2003), les débits spécifiques à Rive-de-Gier étaient de l'ordre de 9 à 10 L/s/ha.

Il nous a également été fait mention du projet de zone blanche du PPRI du Gier. Cette zone blanche comprend le territoire des communes sur lesquelles le PPRI a été prescrit, et situé en dehors des zones rouges et bleues. Il s'agit d'une zone qui n'est pas soumise au risque inondation. Cependant certains aménagements qui y seraient implantés pourraient aggraver le risque inondation dans les zones déjà exposées. Ce projet de zone blanche prévoit ainsi que « *l'imperméabilisation nouvelle [...] ne doit pas augmenter le débit naturel en eaux pluviales de la parcelle (ou du ténement). Cette prescription est valable pour tous les événements pluviaux jusqu'à l'événement d'occurrence 100 ans.* » D'après les calculs que nous avons réalisé, le débit de fuite serait compris entre 8 L/s/ha (pluie d'occurrence 10 ans) et 15 L/s/ha (pluie d'occurrence 100 ans).

En conclusion, le débit de fuite retenu pour les futurs aménagements est le débit spécifique avant débordement du Gier de 5 L/s/ha, qui est le plus contraignant. Le débit de fuite des ouvrages qui seront réalisés à l'avenir ne pourra pas excéder cette valeur. Toutefois, lors de la réalisation d'un nouvel aménagement, ce débit de fuite devra être comparé à la capacité du réseau reprenant les apports de l'aménagement considéré. La valeur de débit la plus contraignante sera alors retenue.

Les discussions menées dans le cadre de la réalisation du Schéma Directeur Eaux Pluviales nous ont amenés à affiner cette règle pour les projets de modification de l'existant (projet de réhabilitation ou d'extension). Conserver la règle de 5 L/s/ha semblait une contrainte trop forte pour ces projets qui doivent déjà tenir compte des contraintes de l'existant déjà en place. Le choix a donc été fait d'imposer un débit de fuite maximal de 10 L/s/ha, dans un souci de pragmatisme, ce qui a été accepté par le Comité technique de suivi de l'étude.

1.3.2 QUEL NIVEAU DE PROTECTION METTRE EN PLACE ?

Une fois le débit de fuite à mettre en place défini, il faut définir le niveau de protection que l'on veut respecter et qui déterminera les volumes de rétention qui devront être mis en place.

Dans le Contrat de rivière du Gier, dans le cadre de la thématique inondation, il est stipulé la chose suivante : « *D'une manière générale, il est prévu de protéger les biens et les personnes pour la crue trentennale (crue de type 2008). Ensuite, au cas par cas, cette protection pourra aller au-delà lors d'un aménagement de cours d'eau ou grâce à la mise en place d'aménagement de réduction de la vulnérabilité, si l'analyse coût bénéfice, apparaît positive. Il est également prévu d'abaisser le niveau de la crue centennale à un niveau de crue trentennale.* »

Il sera donc retenu, en accord avec les objectifs du Contrat de rivière du Gier, un niveau de protection trentennal, ce qui signifie que l'on souhaite éviter les débordements du Gier sur le territoire concerné pour tout événement jusqu'à l'occurrence 30 ans.

La pluie considérée pour la suite sera donc une pluie d'occurrence trentennale, construite avec la formule de Montana de sorte qu'elle soit trentennale pour des durées comprises entre 15min et 24h conformément à ce qui a été considéré dans le cadre du 2^{ème} Contrat de rivière (cf. § 4.3 Pluies de projet).

Par la suite, nous vérifierons avec notre modèle si le niveau de protection retenu permet effectivement d'abaisser le niveau de la crue centennale à un niveau de crue trentennale.

Remarque : Dans le cadre de la mise en place du PPRI du Gier, des discussions entre Saint-Etienne-Métropole et la DDT Loire ont eu lieu. Il en ressort que la DDT Loire n'est pas favorable à une protection centennale pour des raisons techniques et économiques. En effet, le choix d'un niveau de protection centennale au lieu de trentennale au niveau du Gier induirait un volume de rétention global à mettre en place augmenté de 60% (d'après les calculs effectués à l'aide de notre modèle).

1.3.3 SYNTHÈSE DE LA STRATÉGIE RETENUE

La stratégie retenue est donc la suivante :

Un débit de fuite maximal de 5 L/s/ha (lié à la capacité limite avant débordement du Gier) pour les nouveaux aménagements et de 10 L/s/ha pour les modifications de l'existant, à comparer à la capacité du réseau aval (la valeur la plus contraignante des 2 sera alors retenue).

Une protection contre une pluie trentennale d'occurrence 30 ans (contrat de rivière Gier).

1.4 MISE EN APPLICATION DE CETTE STRATÉGIE – RÈGLES DE GESTION DES EAUX PLUVIALES

Les règles de gestion des eaux pluviales que nous préconisons sont les suivantes :

- pour les nouveaux aménagements :
 - un débit de fuite de 5 L/s/ha qui tient compte de la capacité du milieu récepteur à l'aval (valeur à comparer à la capacité du réseau reprenant les apports de l'aménagement considéré) ;
 - un niveau de protection trentennal ;
- pour les projets de modification de l'existant (réhabilitation ou extension) :
 - un débit de fuite de 10 L/s/ha (valeur à comparer à la capacité du réseau reprenant les apports de l'aménagement considéré) ;
 - un niveau de protection trentennal ;

Concernant l'application opérationnelle de ces règles, des seuils d'application ont été mis en place, là encore dans un souci de pragmatisme envers les projets de petite envergure (aménagement isolé de parcelle pour un particulier notamment). Ces seuils sont les suivants :

- **pour les nouveaux aménagements**, les règles de gestion des eaux pluviales préconisées s'appliquent aux projets dont la surface de parcelle est supérieure à 1000 m² ou pour lesquels la surface imperméable finale sera supérieure à 400 m². **Un forfait sera proposé pour les projets en-dessous de ce seuil.**

- pour les projets de modification de l'existant :
 - dans le cas d'une extension, les règles s'appliquent aux projets pour lesquels la surface imperméable initiale est supérieure à 400 m² et pour lesquels l'extension envisagée représente plus de 20% de la surface initiale (soit une surface finale de 480 m²) ;
 - dans le cas d'une réhabilitation, les règles s'appliquent aux projets dont la surface imperméable est supérieure à 480 m².

1.5 QUEL VOLUME DE RÉTENTION METTRE EN PLACE ?

Nous avons dans un premier temps considéré les résultats de notre modèle hydrologique et hydraulique. Nous avons ainsi divisé le volume global à créer (correspondant à la somme des volumes à créer sur l'ensemble des 92 bassins versants avec écrêtement des hydrogrammes sur la base du débit de fuite de 5 L/s/ha) par la surface totale du bassin versant modélisé. Nous obtenons les résultats suivants :

Pluie T = 30 ans construite avec la formule de Montana (de période de retour 30 ans de 15min à 24h)	
Surface totale du modèle (ha)	35 926
Coefficient d'apport	0.8
Somme des volumes de rétention en m ³ à créer sur les 92 BV avec écrêtement sur la base de 5L/s/ha	8 172 810
Volume à créer par hectare (m³/ha) en considérant les 92 BV	227
Survolume de l'hydrogramme du Gier à l'aval du modèle (m3)	6 384 034
Volume à créer par hectare (m³/ha) en considérant 1 seul BV au niveau du Gier en aval du modèle	178

TABEAU 10 : VOLUMES DE RÉTENTION OBTENUS EN EXPLOITANT LES RÉSULTATS DU MODÈLE CONSTRUIT

Toutefois, cette approche montre certaines limites. L'ordre de grandeur de volumes de rétention à créer de 227 m³/ha sera correct à l'échelle des 92 bassins versants définis dans le cadre de la construction du modèle hydrologique et hydraulique et cela pour plusieurs raisons :

- d'une part, le nombre de bassins versants considérés va influencer sur l'amortissement des pointes d'apport des hydrogrammes de ces bassins versants et donc des volumes de rétention à mettre en place. Plus le nombre de bassins versants sera important, plus les surfaces de ces bassins versants seront faibles et moins l'amortissement des pointes d'apport des hydrogrammes sera important au niveau de l'exutoire de chacun des bassins versants élémentaires. Par exemple, si on écrête l'hydrogramme du Gier situé en aval du modèle (on ne considère alors qu'un seul bassin versant global), le volume de rétention à mettre en place serait de 178 m³/ha (ce qui est différent des 227 m³/ha précédemment annoncée) ;
- d'autre part, les volumes de rétention à mettre en place dépendent des secteurs où on souhaite les réaliser et donc des hydrogrammes générés à l'exutoire de ces secteurs. Pour reprendre l'exemple précédent, si on travaille au niveau du Gier le volume de rétention global à réaliser en amont immédiat de l'exutoire du bassin versant du Gier serait de 178 m³/ha. Si on travaille au niveau des 92 bassins versants utilisés dans la modélisation, alors les volumes de rétention à mettre en place en amont immédiat de l'exutoire de chacun des 92 bassins versants seraient de 227 m³/ha. Or en réalité, les volumes à mettre en place seront répartis sur l'ensemble du territoire (et pas seulement en fond de vallée ou en aval des 92 bassins versants qui ont été utilisés). Pour déterminer précisément le volume de rétention à considérer pour un site donné, alors il faut déterminer puis écrêter l'hydrogramme d'apport en amont de ce site. La valeur du volume de rétention à mettre en place en m³/ha sera donc propre à chaque emplacement choisi.

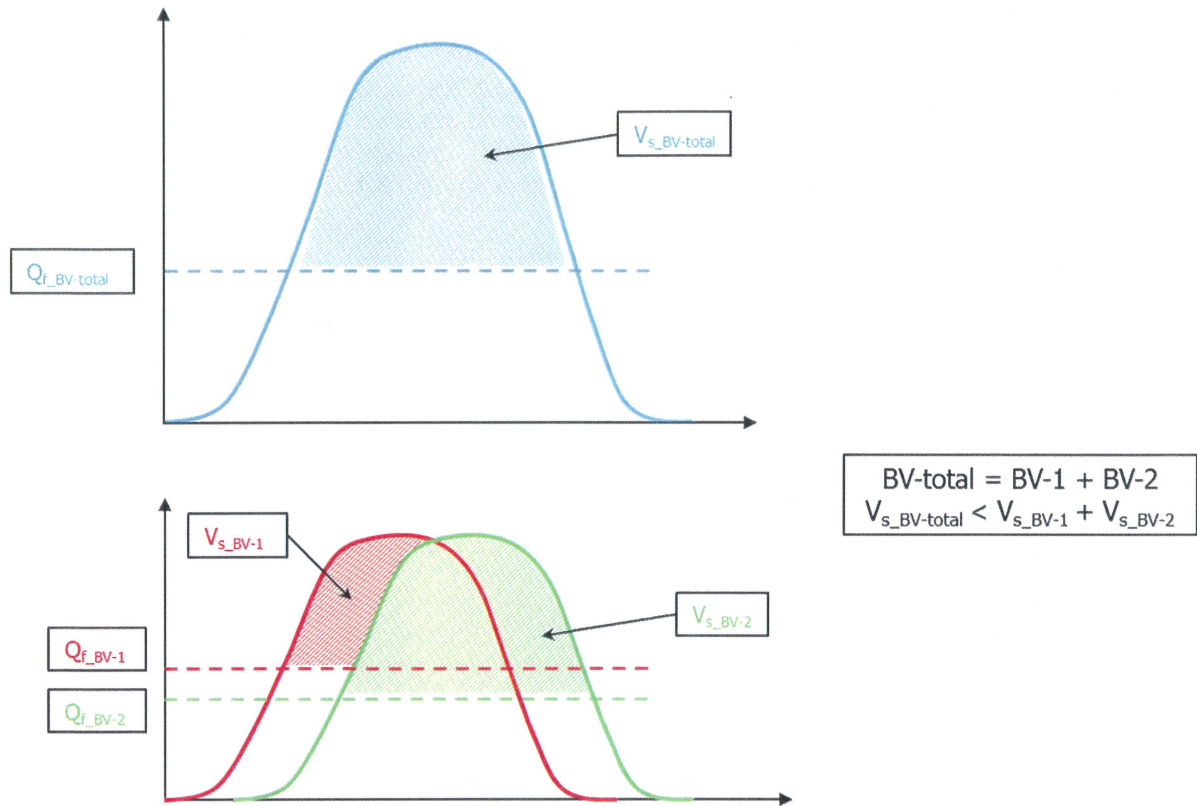


FIGURE 44 : ILLUSTRATION DE LA DIFFÉRENCE DE VOLUME SELON LE NOMBRE DE BV DU FAIT DE L'AMORTISSEMENT DES APPORTS

Ainsi, notre modèle hydrologique et hydraulique simplifié permet de définir des ordres de grandeur de volume à créer au niveau des exutoires des 92 bassins versants considérés dans ce modèle.

En conclusion, à grande échelle il n'existe pas de valeur générale de volume de rétention à appliquer dans tous les cas, cette valeur dépendra du bassin versant drainé vers le secteur où un aménagement est prévu mais il existe une stratégie globale à appliquer sur l'ensemble du territoire du Gier telle que définie au § 1.3.3 Synthèse de la stratégie retenue.

En revanche, pour les projets d'urbanisation à petite échelle (à l'échelle du particulier ou d'un ensemble pavillonnaire par exemple), il est possible, sans modélisation détaillée, d'estimer le volume de rétention à mettre en place à l'aide de la méthode des pluies (méthode également proposée par SEPIA Conseil dans le cadre de l'étude de gestion des eaux pluviales sur les bassins versants du Furan et de l'Ondaine).

D'après le document « *La ville et son assainissement – Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau* » édité par le CERTU en juin 2003, cette méthode suppose :

- que le débit de fuite de l'ouvrage est constant ;
- qu'il y a un transfert instantané de la pluie à l'ouvrage de retenue, c'est-à-dire que les phénomènes d'amortissement dus au ruissellement sur le bassin sont négligés (cette méthode ne sera donc applicable que pour des bassins versants relativement petits – quelques dizaines d'hectares – et ne contenant aucun ouvrage de régulation ou de stockage) ;
- que les événements pluvieux sont indépendants ; ceci signifie que lors des dépouillements, les périodes de temps sec ne sont pas prises en compte.

```
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000000000000000000000000
```

Remarque : la deuxième hypothèse énoncée consistant à considérer qu'il y a un transfert instantané de la pluie à l'ouvrage de retenue implique que les volumes à créer seront maximisés. En effet, dans

la réalité on observe généralement un amortissement de la réponse de la pluie (plus ou moins important) au niveau du débit généré à l'exutoire du bassin versant.

Cette méthode consiste à calculer, en fonction du temps, la différence entre la lame d'eau précipitée sur le terrain et la lame d'eau évacuée par le ou les ouvrages de rejet. La hauteur d'eau à stocker sera la valeur maximale de la différence entre les deux hauteurs précédemment citées. Le volume à stocker sera alors obtenu en multipliant cette différence par la surface active du projet.

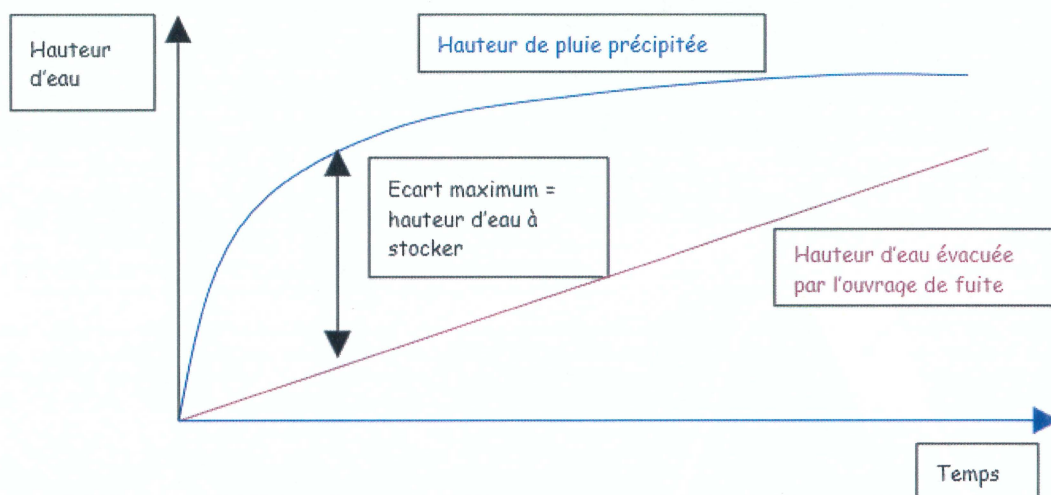


FIGURE 45 : SCHÉMA ILLUSTRANT LA MÉTHODE DES PLUIES

Une feuille de calcul permettant de calculer le débit de fuite et le volume de rétention d'un aménagement en fonction de la stratégie retenue sera construite et fournie en annexe du rapport. Dans cette feuille de calcul, les coefficients d'apport des différentes surfaces seront fixés selon les conclusions du § 5.1.1 Coefficients de production.

Remarque : cette méthode avait également été utilisée par SEPIA lors de son étude similaire sur les bassins versants du Furan et de l'Ondaine mais avec des pluies d'occurrence 50 ans ou 100 ans. Toutefois, certains coefficients d'apport considérés par SEPIA pour certaines surfaces étaient faibles (0,1 pour les surfaces de type « Terre végétale en pleine terre » par exemple). Pour des pluies importantes telles que la pluie trentennale retenue nous pensons qu'il est plus représentatif de la réalité de considérer des coefficients élevés pour modéliser le ruissellement des eaux pluviales (cf. § 5.1.1).

En conclusion, pour des projets drainant un bassin versant d'une dizaine d'hectares (seuil fixé à 50 ha), le volume de rétention à mettre en place sera calculé à l'aide de la méthode des pluies.

Pour les projets plus importants (à l'échelle d'une commune par exemple) drainant un bassin versant supérieur à 50 ha il sera nécessaire de faire une modélisation hydraulique locale et détaillée afin de tenir compte des différents amortissements possibles et ainsi déterminer l'hydrogramme d'apport le plus juste possible. Au vu des modèles généralement utilisés, des surfaces de sous-bassins versants variant de quelques hectares à quelques dizaines d'hectares donnent des résultats généralement les meilleurs¹¹. Si pour ces bassins versants de surface supérieure à 50 ha, on ne réalise pas d'étude hydraulique de modélisation et qu'on applique la méthode des pluies alors le volume de rétention déterminé sera plus élevé que le volume de rétention nécessaire du fait de la non prise en compte des décalages des différents apports. A titre d'exemple, l'utilisation de cette méthode donne un volume de rétention à mettre en place de 357 m³/ha, ce qui diffère des 227 m³/ha obtenus avec notre modèle pour les mêmes coefficients d'apport considérés.

¹¹ D'après le document « La ville et son assainissement – Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau » édité par le CERTU en juin 2003

Les modèles détaillés permettent de mieux comprendre le fonctionnement du système étudié et de prendre en compte l'importance des facteurs temporels.

Afin d'illustrer les différentes échelles de modélisation possible, ci-dessous un exemple de découpe de bassin versant en sous-bassins versants dans le cadre d'une modélisation détaillée avec prise en compte des réseaux d'assainissement¹¹ :



FIGURE 46 : EXEMPLE DE DIFFÉRENTES DÉCOMPOSITIONS D'UN MÊME BASSIN VERSANT EN SOUS-UNITÉS

Respecter la stratégie précédemment énoncée peut conduire à mettre en place des volumes de rétention très importants. Les types d'aménagement à mettre en place seront préconisés en accord avec une politique de gestion intégrée des eaux pluviales.

1.6 APPLICATION DE LA STRATÉGIE – MÉTHODE OPÉRATIONNELLE

Pour des projets drainant un bassin versant d'une dizaine d'hectares au maximum (seuil fixé à 50 ha) un outil de calcul a été élaborée permettant ainsi de calculer le débit de fuite et le volume de rétention d'un projet d'aménagement. Cet outil de calcul s'appuie sur un abaque permettant de déterminer le ratio volumique (en m³/ha aménagé) à retenir en fonction du coefficient de production global du projet. L'abaque a été défini à partir de la méthode des pluies en considérant des pluies de période de retour 30 ans. Aucun abattement spatial n'a été considéré pour cette pluie car les bassins versants considérés sont très peu étendus (superficie inférieure à 50 ha).

L'outil de calcul s'utilise de la manière suivante :

- définition des caractéristiques du projet. Il s'agit ici de définir la surface active du projet ainsi que le coefficient de production global. Pour cela, la superficie totale du projet ainsi que la superficie des différentes surfaces ruisselantes (toitures classiques, chaussée, terre végétale...) doivent être reportées dans un tableau prédéfini à l'endroit correspondant. La surface active ainsi que le coefficient de production global du projet seront calculés automatiquement. Les cases modifiables sont en vert et les cases orange sont « verrouillées » et donc non modifiables.

CARACTERISTIQUES DU PROJET :

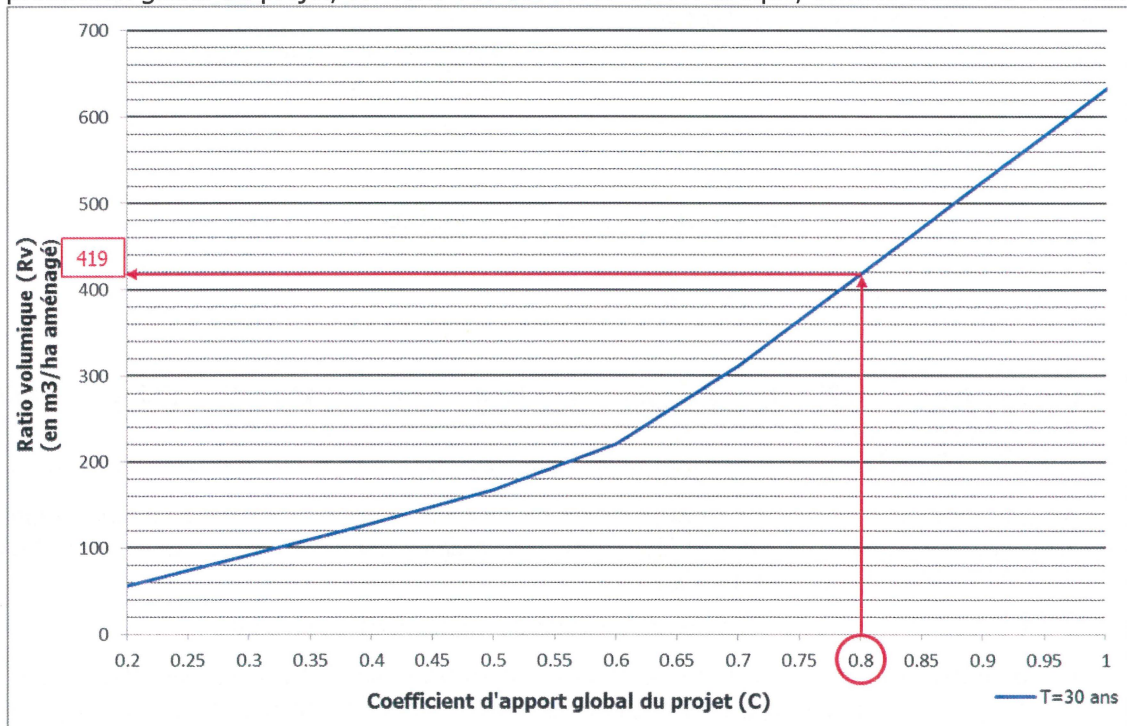
Superficie totale du projet St (en m²) :			10 000
Surfaces ruisselantes :			
(Les surfaces ruisselantes sont les surfaces du projet dont les ruissellements rejoindront les ouvrages de gestion des eaux pluviales. Les espaces verts en pleine terre conçus de manière à éviter tout ruissellement vers l'extérieur ne sont pas à comptabiliser.)			
	Superficie S (en m²)	Coefficient d'apport unitaire Cu	Surface active Sa (en m²) (= S x Cu)
Toiture classique :	1 000	1.00	1 000
Toiture végétalisée :		0.75	0
Chaussée, trottoir ou parking en enrobé classique :	2 300	1.00	2 300
Cheminement en enrobé poreux :	500	0.80	400
Terre végétale en pleine terre :	3 200	0.60	1 920
Terre végétale sur dalle :	3 000	0.80	2 400
Superficie totale du projet calculée (en m²) :	10 000		
Surface active totale du projet Sat (en m²) (= total Sa) :			8020.00
Coefficient d'apport global du projet C (= Sat / St) :			0.80

- une fois les caractéristiques précédentes définies, le calcul du débit de fuite et du volume de rétention du projet peut être réalisé. Le débit de fuite se calcule automatiquement dès que la superficie totale du projet a été renseignée. Ce débit de fuite ne peut être inférieur à la limite techniquement faisable de 2 L/s. Le volume de rétention global du projet se calcule automatiquement à partir du ratio volumique du projet, lui-même défini automatiquement à partir du coefficient de production global du projet.

CALCUL DU DÉBIT DE FUITE ET DU VOLUME DE RETENTION DU PROJET :

Période de retour de dimensionnement T :	30 ans
Débit de fuite global du projet Qf (en l/s) :	5
Qf = St x 5 / 10 000 ; toutefois, la valeur retenue sera le max entre Qf et 2 l/s (limite techniquement faisable)	
Ratio volumique Rv (en m3/ha aménagé) :	419
(utiliser les courbes ci-dessous)	
Volume de rétention global du projet (en m3) (= Rv x St / 10 000) :	419.0

Le ratio volumique se détermine à l'aide de l'abaque ci-dessous, et du coefficient de production global du projet, sur l'axe des abscisses de cet abaque, comme illustré ci-dessous.



1.7 CARTOGRAPHIE DES INFORMATIONS RECENSÉES DURANT L'ÉTUDE

Les différentes informations recensées lors de l'étude (désordres recensés, éléments du paysage pouvant avoir un rôle sur le ruissellement) ont été cartographiées sur des cartes communales. Il existe donc une carte pour chaque commune dont le territoire est situé sur le bassin versant du Gier. Il a été choisi en concertation avec Saint-Etienne-Métropole de n'avoir qu'une carte par commune. Le format de la carte est du A0 portrait. Les différentes informations reportées sur ces cartes sont les suivantes :

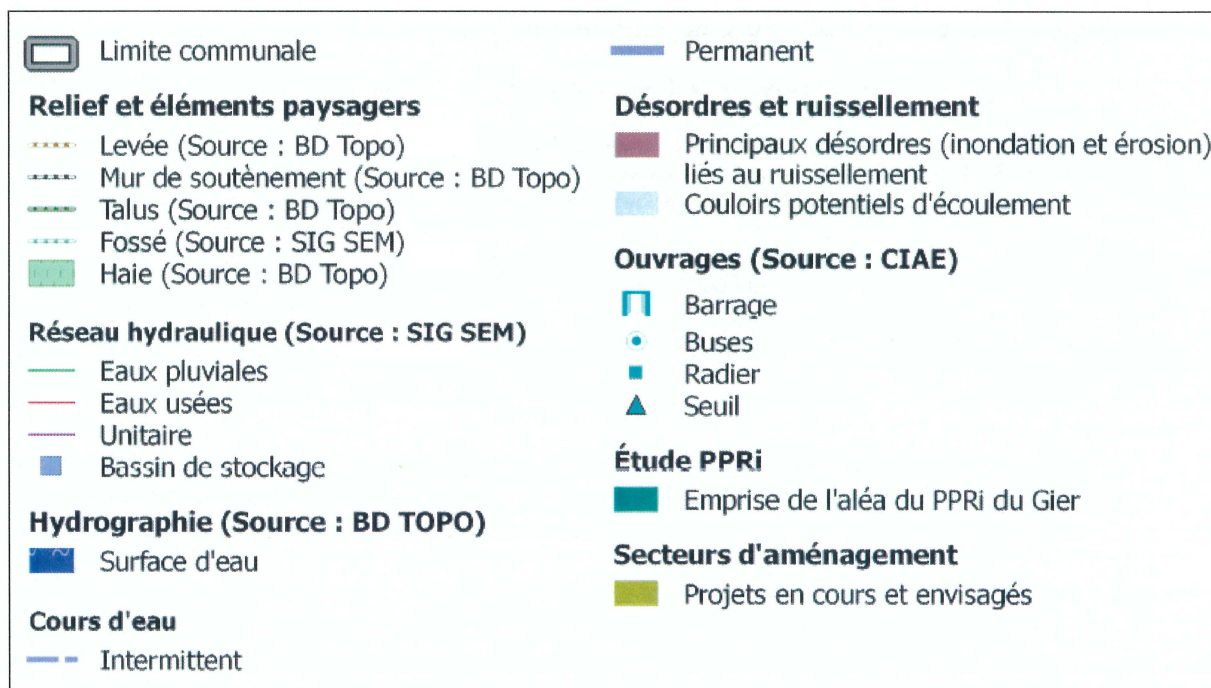


FIGURE 47 : LÉGENDE EXTRAITES DES CARTES COMMUNALES RÉALISÉES

Ces cartes sont annexées au présent rapport.

1.8 SUITES DE L'ÉTUDE DANS LE CADRE DES AUTRES MISSIONS

La présente étude de gestion des eaux pluviales du bassin versant du Gier et les préconisations qui en découlent vont permettre de réaliser les différentes missions du Schéma Directeur Eaux Pluviales de Saint-Etienne-Métropole qui leur font suite.

Ainsi, le travail qui sera réalisé lors de ces différentes missions est le suivant :

- le zonage eaux pluviales (dans le cadre de la mission SDA 5-5). Ce zonage permettra de faire la synthèse des prescriptions et préconisations en matière de gestion des eaux pluviales sur l'ensemble du territoire de Saint-Etienne-Métropole ;
- les différents dispositifs techniques de gestion des eaux pluviales qui pourront être mis en place seront présentés et listés (dans le cadre de la mission SDA 5-9). Des dispositifs pouvant s'insérer dans une politique de gestion intégrée des eaux pluviales seront présentés ;
- les désordres recensés seront hiérarchisés, les bassins versants en amont de ces désordres seront tracés, les informations disponibles et manquantes pour réaliser des études détaillées complémentaires ainsi que ces études détaillées complémentaires seront listées et chiffrées (dans le cadre de la mission 5-6). La liste des études détaillées complémentaires nécessaires (et leurs futures réalisations) est importante car ces études permettront d'avoir des informations et une connaissance robustes des problèmes et de leurs solutions pour les futurs travaux. **Toutefois, une estimation du montant des travaux par secteurs de désordres peut tout de même être faite dans le cadre de la mission 5-7 sans que ces études détaillées¹² n'aient été réalisées ;**

¹² Ces études détaillées permettront d'avoir une connaissance fine de la cause du problème et du fonctionnement hydraulique du secteur considéré et ainsi de localiser et optimiser les volumes de rétention à mettre en place.

- nous proposons par la suite (dans le cadre de la mission 5-7), d'estimer les volumes de rétention à mettre en place et les montants de travaux pour résorber les désordres. Les entretiens auprès des communes du groupement MERLIN/PROLOG ont mis en évidence 70 nouveaux désordres que nous intégrerons à l'étude (le travail suivant sera alors réalisé : analyse des désordres, hiérarchisation des désordres, tracé des bassins versants amont, estimation des volumes et du montant des travaux). Finalement une proposition de programme pluriannuel d'études et travaux sera faite sur la base des différents chiffrages réalisés préalablement et en tenant compte des capacités financières de Saint-Etienne-Métropole. De cette façon, ce programme de travaux aura le même niveau de précision sur l'ensemble du territoire de Saint-Etienne-Métropole. ;
- une cartographie synthétisant les différents éléments recueillis dans le cadre de l'étude de gestion des eaux pluviales (zones de désordres, corridors d'écoulement...) sera réalisée (dans le cadre de la mission 5-8). Des recommandations à insérer dans les documents d'urbanisme seront formulées.
- le dossier d'antériorité sur les rejets EP sera rédigé ;
- enfin, le dossier d'enquête publique du Schéma Directeur EP sera établi.

2 QUELLES PRECONISATIONS METTRE EN PLACE POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DES EAUX PLUVIALES ?

Les eaux du bassin versant du Gier présentent une qualité dégradée, principalement en fond de vallée. L'impact principal du ruissellement des eaux pluviales intervient dans la pollution du Gier due aux pesticides.

La pollution par les pesticides est une pollution dissoute qui peut difficilement être interceptée par des ouvrages tels que des dépollueurs (qui vont plutôt agir sur des matières en suspension). La diminution de cette pollution par les pesticides sera effective en traitant l'origine de cette pollution à sa source. Agir à la source du problème signifie agir sur les pratiques d'utilisation de ces produits ou même préférer des techniques alternatives.

La lutte contre la pollution par les pesticides constitue une orientation du programme de mesure du SDAGE Rhône-Méditerranée. Le Contrat de rivière répond à ce programme de mesure en mettant en place plusieurs actions visant à réduire la pollution par les produits phytosanitaires. Ces actions sont les suivantes :

- en zone non agricole :
 - plan de désherbage pour les communes ;
 - acquisition de matériel alternatif au désherbage chimique ;
 - formation des agents aux bonnes pratiques d'utilisation des « phyto » et aux techniques alternatives ;
 - mise en place d'un plan d'utilisation des « phytos » des principales infrastructures routières et ferroviaire ;
 - information des particuliers sur les dangers d'utilisation des « phyto » et les techniques alternatives.
- en zone agricole :
 - mise en place de diagnostic d'exploitation ;
 - mise en place de MAEC (Mesures AgroEnvironnementales et Climatiques) dans le cadre d'engagement dans la réduction de l'utilisation des phyto ;
 - achat de matériels permettant de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires ;

- formation sur l'utilisation des produits phytosanitaires et la réduction de leur utilisation ;
- contrôle des pulvérisateurs et création d'aires de lavage et de remplissage des produits phytosanitaires.

D'après les conclusions de l'étude réalisée par BURGEAP, ces différentes actions permettront d'avoir une influence certaine et positive sur la pollution par les pesticides. En effet, mener à bien ces différentes actions impliquera une modification des pratiques (actuellement en cause dans la pollution par les pesticides) en privilégiant les techniques alternatives, en diminuant les comportements à risque et l'utilisation même de ces produits.

Le Contrat de rivière prévoit également une action ayant pour objectif de limiter les pollutions d'origine agricoles autre que phytosanitaire. Cette action consiste à engager une étude d'évaluation de la pollution agricole en lien avec la gestion des effluents et la fertilisation.

Toutefois, les eaux pluviales peuvent avoir un rôle à jouer en ce qui concerne la pollution d'origine domestique. En effet, en temps de pluie les apports excédentaires amenés par les eaux pluviales dans les réseaux unitaires ou

bien dans les réseaux d'eaux usées avec mauvais branchements d'eaux pluviales auront pour effet d'occasionner des surverses à l'entrée des STEP par exemple, ou encore des surverses des réseaux unitaires vers le milieu naturel. Pour limiter les pollutions d'origine domestique, le Contrat de rivière prévoit les actions principales suivantes :

- mises aux normes de certaines unités de traitement notamment pour le paramètre phosphore (Saint-Chamond et Saint-Jean-Bonnefonds). Cette action n'a pas encore été engagée ;
- mises aux normes de systèmes de traitement de petites tailles. Plusieurs actions ont été engagées en ce sens : suppression de la STEP de La-Terrasse-sur-Dorlay et raccordement à la STEP de Tartaras, travaux d'extension de la STEP du bourg de Saint-Joseph réalisés en 2008, de la STEP de Chagnon (Leymieux) en 2009 et de la STEP de Valfleury (les Vignes, située sur le territoire de Valfleury mais traitant les affluents de Saint-Romain-en-Jarez) en 2010 ;
- amélioration de la connaissance sur le fonctionnement des réseaux : identification d'opérations prioritaires à intégrer dans un avenant au contrat de rivière ;
- engagement des travaux prioritaires sur les réseaux de collecte et transport défectueux ;
- poursuite des diagnostics de fonctionnement des Assainissement Non Collectif,
- engagement des réhabilitations des installations d'assainissement non collectif en priorité dans les périmètres de captage d'AEP.