



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de la Transition écologique et solidaire

Directions Départementale des Territoires de la Savoie

1 rue des Cévennes

73011 Chambéry Cedex

# ÉTUDE DES ALEAS RELATIFS AUX CRUES DU GUIERS ET DE SES AFFLUENTS SUR LES DEPARTEMENTS DE LA SAVOIE ET DE L'ISERE

TERRITOIRE N°2 : L'AINAN



ANNEXES AU  
RAPPORT  
D'ÉTUDE -  
TERRITOIRE N 2

N° d'Affaire FR 16-044

Version 3.2

Septembre 2020

Emetteur(s)      HYDRETUDES  
 Alpes du Nord  
 Alpespace - 50 Voie Albert  
 Einstein  
 73800 FRANCIN  
 Tél. : 04 79 96 14 57  
 contact-  
 savoie@hydretudes.com



Réf.      16-044

Objet : ETUDES DES ALEAS RELATIFS AUX CRUES DU GUIERS ET DE SES AFFLUENTS SUR LES DEPARTEMENTS DE LA SAVOIE ET DE L'ISERE

Mission : Etudes hydrologique et hydraulique

Type de document : Annexes au Rapport d'étude - Territoire n 2

Société(s) : HYDRETUDES

Maître d'Ouvrage : DDT 73 et DDT 38

Indice	Date	Titre du document	Phase	Statut du document	du	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
01	22/01/2018		Première diffusion	<input checked="" type="checkbox"/> Provisoire <input type="checkbox"/> Définitif		Cécile PICOUET	Benoit CHAPON	Didier CLEMENT
02	28/03/2019		17/02/2020	<input type="checkbox"/> Provisoire <input checked="" type="checkbox"/> Définitif		Cécile PICOUET	Nicolas BOULANDET	Didier CLEMENT
03	24/09/2020		Révision DDT38	<input checked="" type="checkbox"/> Définitif		Cécile PICOUET		Didier CLEMENT

Chef de projet : Cécile Picouet

Rédacteur(s) : Cécile PICOUET et Nicolas Boulandet

Vérificateur(s) : Benoît CHAPON et Romain Chevaudonna

*Document protégé, propriété exclusive d'HYDRETUDES. Ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers à des fins autres que l'objet de l'étude commandée.*



## SOMMAIRE

<b>ANNEXE 1. ETUDES DISPONIBLES (12/12/2017).....</b>	<b>7</b>
<b>ANNEXE 2. DONNÉES TOPOGRAPHIQUES TERRESTRES SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT (LE 23/01/2017) 10</b>	<b>10</b>
<b>ANNEXE 3. PLUIES EXCEPTIONNELLES.....</b>	<b>13</b>
<b>ANNEXE 4. CRUES REMARQUABLES ENREGISTREES.....</b>	<b>14</b>
<b>MÉTHODE D'ANALYSE DES FRÉQUENCES D'APPARITION.....</b>	<b>14</b>
<b>EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR LE GUIERS (EN TERMES DE MAXIMUMS HORAIRES).....</b>	<b>14</b>
<b>EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR LE GUIERS MORT (EN TERMES DE DÉBITS MAXIMUM INSTANTANÉS). 15</b>	<b>15</b>
<b>EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR LE GUIERS VIF (EN TERMES DE DÉBITS MAXIMUM INSTANTANÉS).....</b>	<b>16</b>
<b>EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR L'AINAN (EN TERMES DE DÉBITS MAXIMUM INSTANTANÉS).....</b>	<b>17</b>
<b>ANNEXE 5. RECENSEMENT DES CRUES HISTORIQUES DU GUIERS ET DE SES AFFLUENTS.....</b>	<b>19</b>
<b>RECENSEMENT DES CRUES HISTORIQUES DU GUIERS.....</b>	<b>19</b>
<b>RECENSEMENT DES CRUES HISTORIQUES DES AFFLUENTS.....</b>	<b>22</b>
<b>RECENSEMENT DES ARRÊTÉS DE CATASTROPHES NATURELLES.....</b>	<b>22</b>
<b>ANNEXE 6. MODELE HYDROLOGIQUE.....</b>	<b>23</b>
<b>PRINCIPES DE LA MODÉLISATION PLUIE-DÉBIT SPATIALISÉE ADAPTÉE AUX BESOINS DE L'INGÉNIEUR.....</b>	<b>23</b>
Le modèle MESRI.....	23
<b>LES GRANDES ÉTAPES.....</b>	<b>24</b>
La fonction de production.....	24
La fonction de transfert géomorphologique.....	25
<b>MISE EN ŒUVRE DU MODÈLE.....</b>	<b>27</b>
Données a acquérir.....	27
Calage des paramètres.....	27
<b>DONNÉES DISPONIBLES SUR LA ZONE D'ÉTUDE.....</b>	<b>27</b>
Données pluviométriques.....	27
Données hydrométriques.....	32
<b>CALAGE DES PARAMÈTRES DE MESRI.....</b>	<b>35</b>
Sélection des événements Pluies/Débits pour le calage.....	35
Construction d'une pluie spatiale.....	37
Calcul des cheminements.....	37
Calage des paramètres.....	38
<b>MISE EN ŒUVRE DU MODÈLE.....</b>	<b>40</b>
Discretisation du bassin versant et Points de calcul.....	40
Choix des paramètres.....	40

Construction de la pluie de projet.....	41
<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>43</b>
Débit de pointe de la crue de référence.....	43
Hydrogrammes caractéristiques.....	45
<b>COMPARAISON DES DÉBITS CARACTÉRISTIQUES AVEC LES ÉTUDES ANTÉRIEURES.....</b>	<b>47</b>
Données existantes.....	47
Résultats aux stations de référence.....	47
Résultats pour les autres bassin versants.....	48
<b>ANNEXE 7. MODÉLISATION HYDRAULIQUE 1D/2D.....</b>	<b>54</b>
<b>GÉNÉRALITÉS.....</b>	<b>54</b>
Données d'entrée.....	54
Hypothèses de base et Construction des modèles.....	56
Calages ou Réglages des modèles ?.....	61
<b>ANNEXE 8. DIGUES PRISE EN COMPTE DANS L'ÉTUDE DU SUR-ALÉA.....</b>	<b>63</b>
<b>ANNEXE 9. MODÉLISATION / GÉOMÉTRIE / CINÉTIQUE DE LA RUPTURE.....</b>	<b>64</b>
Choix retenu.....	67
<b>ANNEXE 10. DONNÉES DISPONIBLES POUR L'ÉTUDE DES DIGUES.....</b>	<b>68</b>
DONNÉES GÉO-RÉFÉRENCÉES POUR L'ÉTUDE DES DIGUES.....	68
RAPPORTS D'ÉTUDE POUR L'ÉTUDE DES DIGUES.....	69
PERTURBATIONS HISTORIQUE MAJEURES AYANT TOUCHÉS LES DIGUES DEPUIS LES ANNÉES 60.....	69
<b>ANNEXE 11. CRUES INTERMÉDIAIRES (Q<sub>2</sub> À Q<sub>50</sub>).....</b>	<b>72</b>
<b>TERRITOIRE N°1.....</b>	<b>72</b>
Débit de pointe.....	72
Forme des hydrogrammes.....	75
<b>TERRITOIRE N°2.....</b>	<b>76</b>
<b>TERRITOIRE N°3.....</b>	<b>77</b>
Débit de pointe.....	77
Forme des hydrogrammes.....	77

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Hyétogramme et hydrogramme résultant d'un événement pluie-débit.....	24
Figure 2 : zoom sur le compartiment production et répartition des différents écoulements.....	25
Figure 3 : Schéma de principe du transfert géomorphologique (vue 3D).....	25
Figure 4 : Schéma de calcul des distances de parcours dans les réseaux et sur les versants.....	26
Figure 5 : Exemple de courbe % Aire contributive-Temps de concentration.....	26

Figure 6 : Localisation des stations météorologiques à l'intérieur et à l'extérieure du bassin versant du Guiers.....	28
Figure 7 : Localisation des pixels SHYREG à l'intérieur et à l'extérieure du bassin versant du Guiers. ....	29
Figure 8 : Localisation des stations hydrométriques disponibles sur et autour du bassin versant du Guiers.....	32
Figure 9 : Ajustement à une loi de GUMBEL pour les deux stations DREAL.....	34
Figure 10 : Ajustement à une loi de GUMBEL pour la station CNR.....	35
Figure 11 : Evènements pluies/débits choisis pour le calage du modèle.....	36
Figure 12 : Construction des pluies réelles à partir des pluviométries horaires (réseau METEOFRANCE + ROMMA) et des polygones de THIESSEN. Attention : pas le même découpage suivant les événements en fonction de la disponibilité des données !.....	38
Figure 13 : Construction des distances dans le réseau hydrographique (gauche) et cartes des distances sur le versant (droite).....	39
Figure 14 : Exemple de résultat de calage pour le Guiers Vif sur 4 crues.....	39
Figure 15 : Positionnement des nœuds de calcul hydrologique et des sous bassins versant intermédiaires.....	41
Figure 16 : Exemple de pluie triangle modélisée (P100).....	42
Figure 17 : Construction des pluies de projet à partir des statistiques des 11 pixels SHYREG et des polygones de THIESSEN.....	43
Figure 18 - Evolution des débits spécifiques avec la taille du bassin versant - résultats du modèle MESRI.....	45
Figure 19 - Hydrogrammes Q100 du Guiers Vif, Guiers Mort et Guiers amont (territoire n°1).....	46
Figure 20 - Hydrogrammes Q100 du Guiers aval (territoire n°3).....	46
Figure 21 : Comparaison des hydrogrammes Merlin et Hydretudes pour le Guiers mort et l'Herretang .....	52
Figure 22 : Comparaison des hydrogrammes Alp'Georiques et Hydretudes pour le Guiers.....	53
Figure 23 : Comparaison des hydrogrammes Merlin et Hydretudes pour le Guiers.....	53
Figure 24.....	55
Figure 25.....	55
Figure 26 : Aperçu de la résolution du maillage à Saint-Laurent du Pont (Territoire n°1 – Secteur 6 - maille 3 à 10 m <sup>2</sup> ).....	57
Figure 27 : Exemple d'ouvrage sans et avec obstruction.....	59
Figure 28 : Intégration des digues dans les modèles.....	60
Figure 29 : Schéma de principe des approches pour la ruine des digues.....	60
Figure 30. Développement d'une brèche (Chris L. Saucier, Isaac L. Howard , Joe G. Tom, (2009))..	65
Figure 31: Longueur de la brèche vs temps de développement selon divers méthodes (Chris L. Saucier, Isaac L. Howard , Joe G. Tom, (2009)).....	66

Figure 32: Phases considérées dans la rupture.....67

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : .....	0
Tableau 7 : Caractéristiques des stations hydrométriques du Guiers.....	33
Tableau 7 : Evènements pluies/débits choisis pour le calage du modèle.....	37
Tableau 3.....	48
Tableau 4.....	66
Tableau 5 : Données géoréférencées sur les digues.....	68
Tableau 6 : Rapports d'étude.....	69
Tableau 7 : Perturbations historique majeures ayant touchés les digues depuis les années 60.....	70

## ANNEXE 1. ETUDES DISPONIBLES (09/07/2020)

Intitulé	Maître d'ouvrage	Prestataire	Année
Etude hydraulique du Guiers entre St Laurent du Pont, St Christophe sur Guiers et les gorges de Chailles (rapport + note de synthèse)	SRAE RA	SRAE RA	1989
Réalisation d'un ouvrage sur le Guiers Vif - Barrage de Baffert	SIVG	ERGH	1989
Projet de camping sur St Laurent du Pont, analyse des risques d'inondation, rapport provisoire	SRAE RA		1989
Restauration du Guiers Vif à Entre deux Guiers Les Echelles (suite à la crue des 14 et 15 Février 1990) + DEVIS	AKENE + SRAERA		1990
St Genix sur Guiers, stabilisation du lit du Guiers	DDE 73		1990
Reconstitution d'un seuil sur le Guiers Mort à St Laurent du Pont	SIVG	AKENE	1991
Correction torrentielle du Guiers Vif à Entre Deux Guiers / Les Echelles, Etude hydraulique sur modèle physique	SIVG	SOGREAH	1992
Etude Hydraulique du ruisseau du Merdaret et de ses principaux affluents en rive droite	SIVG	ERGH	1993
Rapport sur la restauration torrentielle du Guiers Vif dans la traversée d'Entre Deux Guiers / Les Echelles + Annexes et jeu de plans	SIVG		1994
Etude hydraulique du franchissement du Guiers pour la ligne TGV Lyon / Turin + annexes	RFF	SILENE	1996
Etude hydrologique, hydraulique et géomorphologique du bassin versant du Guiers : Etudes préalables Lot 2 - phases 1 & 2; Annexes tome 1; Annexes tome 2	SIAGA	SIEE / ETRM / CC Eau	1996
Etude hydraulique de la traverse de St Laurent du Pont par le Guiers mort	CCCG	SOGREAH	1996
Etude historique Guiers : utilisation de l'information historique pour une meilleure définition du risque d'inondation + rapport intermédiaire	CEMAGREF	Lang, Cœur, Lallement, Naulet, Boudou	1998
Dossier de demande de renouvellement de l'autorisation des ouvrages utilisant l'énergie hydraulique de l'Ainan à Saint Bueil	SEER		1999
Etude comparative sur le devenir des seuils du moulin neuf et de la Corderie	SIAGA	CEDRAT	2000
Carte des aléas naturels de la commune de Chirens	commune de Chirens	Alpes-Géo-Conseil	2000
Etude complémentaire sur la gestion de la ripisylve du Guiers : diagnostic, programme pluri-annuel, DIG	SIAGA	CEDRAT	2001
Etude post crue du 06/06/02 dans le Val d'Ainan	SIAGA	Alp'Géorisques	2003



Maîtrise d'œuvre et dossiers réglementaires du contournement du seuil de la Corderie	SIAGA	HYDRATEC / SILENE BIOTEC	2003
Avenir des risques d'inondation du Guiers à Saint Genix	St Genix sur Guiers	SOGREAH	2003
Gestion des risques d'inondation et développement rural : l'exemple de la confluence du Rhône et du Guiers	Université de Savoie	TOWNLEY Laure	2004
Carte des aléas hydrauliques des communes des bassins versants de l'Ainan et du Malafossant	DDAF 38	Alp'Géorisques	2004
Atlas de zones inondables du Guiers et des affluents isérois	DDAF 38	Alp'Géorisques	2004
6 Juin 2002 - Cartographie des phénomènes naturels, éléments pour un retour d'expérience	RTM / Préfecture de l'Isère		2004
Carte d'aléas de Voissant	Voissant	Alp'Géorisques / RTM	2005
Etude hydraulique du ruisseau de St Geoire en Valdaine - Le Verderet	SIAGA	BURGEAP	2005
Etude de faisabilité de restauration du potentiel habitationnel et de la dynamique du Guiers et de ses affluents de la confluence Ainan à Pont de Beauvoisin	SIAGA	GEN TERE0	2005
Aménagement du Choroland dans la partie aval de St Joseph de Rivière	CCCG	SOGREAH	2005
Etude hydraulique du ruisseau des Egarrières (aval Cotagon)	SIAGA	GINGER Environnement	2005
Carte des aléas - commune de St Laurent du Pont	St Laurent du Pont	ALP'GEORISQUES	2005
Les crues les plus violentes dans les vallées autour du lac de Paladru, chateau d'eau BARRACUCHET MorgeAinan, crue AINAN 2002	A. SCHRAMBACH	J.CAPOLINI	2005
Note de présentation - Carte des aléas hydrauliques des communes des bassins versants de l'Ainan et du Malafossant	DDAF 38	Alp'Géorisques	2006
Etude hydraulique du Guiers mort dans la traversée de St Laurent du Pont	CCCG	SOGREAH	2006
Schéma d'aménagement et de gestion du bassin versant de l'Ainan + DIG du programme de gestion de la ripisylve	SIAGA	BURGEAP / CCEau	2006
Gestion des risques d'inondation : étude d'aménagement des ruisseaux affluents du Guiers / Dérivation du torrent de Pisserotte : étude hydraulique complémentaire d'avant-projet	Les Echelles	HYDROLAC	2006 & 2007
Projet de remodelage des berges du Guiers vif amont au cirque de St Même : dossier de déclaration	CC des Entremonts en Chartreuse	HYDRETTUES	2008
Etude Hydraulique du Guiers vif à Entre-deux-Guiers (aménagement de restauration écologique)	Fédération de Pêche 73	HYDRETTUES	2008

Projet PER Les Echelles : Etude hydraulique et de ressource en eau	Les Echelles	BURGEAP	2008
Projet de restauration confluence Guiers/Rhône	SIAGA	GEN TEREO/HYDROLA C	2009
Expertise morphodynamique suite à la crue de septembre 2008 : le Guiers vif à la Corderie	SIAGA	BURGEAP	2009
Lot 3 - Schéma morphoécologique des cours d'eau du BV du Guiers	SIAGA	BURGEAP	2010
Etude hydraulique du Guiers mort dans la traversée de St Laurent du Pont - Seuil et passerelle des Ecoles	St Laurent Du Pont	SOGREAH	2010
Etude hydraulique de la protection contre les crues du Guiers vif du projet d groupe scolaire et d'équipement multi-activité	St Pierre d'Entremont 73	HYDRETTUES	2010
Concomitance et impacts des affluents sur le Rhône	EGIS EAU		2011
Carte aléa hydraulique Belmont-Tramonet	BELMONT-TRAMONET	BURGEAP	2011
Carte aléa hydraulique Belmont-Tramonet	BELMONT-TRAMONET	BURGEAP	2011
Etude de délimitation de l'espace de bon fonctionnement	SIAGA	BURGEAP	2014
Etude hydraulique du Guiers Mort et de son bassin versant entre Saint-Laurent-du-Pont et Entre-Deux-Guiers	CC Coeur de Chartreuse	ARTELIA	2014
Cartographie de l'aléa inondation par le Guiers sur la commune d'Aoste	AOSTE	ALP'GEORISQUES	2015
Etude de maîtrise d'œuvre pour les travaux définis au contrat de bassin Guiers / Aiguebelette et sous maîtrise d'ouvrage du SIAGA (Etude hydrologique et hydraulique, AVP, PRO)	SIAGA	MERLIN	2015
Schémas globaux de restauration de 3 secteurs spécifiques	SIAGA	HYDRETTUES	En cours
Complément d'étude géomorphologique	SIAGA	CIAE	En cours
Etude hydraulique du Guiers - croquis indiquant la position des profils	SIVG	SINTEGRA	
Profil en long de bon fonctionnement - Merdaret-Herretang, Guiers aval, le Tier, Beauchiffroy			

## ANNEXE 2. DONNÉES TOPOGRAPHIQUES TERRESTRES SUR L'ENSEMBLE DU BASSIN VERSANT (LE 23/01/2017)

Intitulé	Maitre d'ouvrage	Prestataire	année	Récupéré
Profils en long d'après SCAN25 (pour les petits affluents)	SIAGA	BURGEAP 2010	2010	Inutile car peu précis
Profils en long IGN 1947 des Grandes Forces Hydrauliques (tous linéaires)	SIAGA	BURGEAP 2010	1947	inutile (sauf peu être anciens cotes de seuil)
Profils en long SRAE 1988 (Guiers Mort, Guiers Vif, Guiers amont Chailles)	SRAE	BURGEAP 2010	1988	Trop anciens
Profils en long SIEE/ETRM 1996 (Guiers Mort, Guiers Vif, Guiers amont Chailles)	SIAGA	SIEE ETRM	1996	Trop anciens
Profils en long réalisés en 2009 (Guiers Mort en aval de Multibase, Guiers Vif, Guiers amont Chailles)	SIAGA	CEMAP	2009	DWG (NTF LAMBERT zone 3 - SUD)
Profils en long Ainan	SIAGA	PERONNIER	2003	DWG (NTF LAMBERT zone 3 - SUD)
Sintegra 2004 (Guiers Mort)	CCCharteuse	SOGREAH	2004	Non récupérés
Levés complémentaires Guiers Mort, Merdaret, Malafossant, Ainan, Guiers, Guiers Vif Corderie	SIAGA	ISAGEO	2015	DWF (Lambert 93)
Profil en long de la ligne d'eau d'étiage et du fond : - Merdaret-Herretang (8 km), - Guiers aval, de l'Ainan à la confluence avec le Rhône (25 km), - le Tier, entre la Bridoire et la confluence (8 km), - Le Beauchiffray en aval des Pierres (4 km)	SIAGA	ISAGEO	2015	DWG (CC45)
Profils en travers CEDRAT 2001 (Guiers Vif)	SIAGA	CEDRAT	2001	Non récupérés
Ouvrages Ainan (la plupart)	SIAGA	PERONNIER	2003	DWG (NTF LAMBERT zone 3 - SUD)
Profils en travers Peronnier (avec PT 5 secteurs : Champet, Pale, Gaité, Côte d'Ainan, cimetière St Geoire)	SIAGA	PERONNIER	2003	DWG (NTF LAMBERT zone 3 - SUD)
Plans Peronnier (secteur : Champet, Lagunage, Bellemin)	SIAGA	PERONNIER	2003	DGG (système ?)
Profils en travers TEMCIS 2002 (canal de l'Herreatng - Tourbière Herretang)	AVENIR	TEMCIS	2002	1 PT DWG (planimétrie en système indépendant)
Profils en travers HYDROLAC 2004 (amont Pont de Beauvoisin)	SIAGA	HYDROLAC	2004	PDF
Profils en travers CNR 2007 (aval Seuil St-Genix) - Confluence Rhône	CNR	CNR	2007	TAB + XLS

Plans CNR 2007 (aval Seuil St-Genix) - Confluence Rhône	CNR	CNR	2007	DWG (Lambert IIE)
Profils en travers SOGREAH 2003 (St-Genix) ;	St Genix sur Guiers	SOGREAH	2003	PDF (profils modélisés avec côtes crues)
Profils en long et en travers SILENE 1996 (RFF, de Romagnieu à St-Genix)	RFF	SILENE	1996	PDF (pas les profils en travers)
Profils en travers (amont confluence Guiers Mort Guiers Vif)	?	ARGEO	2000	DGW (planimétrie en système indépendant)
Seuil Cholat (2005)	SIAGA	SIEE	2005	DWG (système de coordonnées indépendant)
Seuil SALPA	Hydrowatt	Hydrowatt	2004	Non récupérés mais anciennes
29 Profils en travers et 2 ouvrages en travers Barrage SALPA (Pont de Beauvoisin) et Cholat	Hydrowatt	SINTEGRA	2015	DGW (Lambert93)
Seuils naturels Romagnieu (2007)	AREA	CEDRAT	2007	DGW (planimétrie en système indépendant)
Profils en travers Confluence Guiers Tiez	Belmont Tramonet	ARGEO	2011	DWG (système de coordonnées indépendant)
Projet groupe scolaire (confluence Guiers vif, cozon)	St Pierre d'Entremont(73)	HYDRETTUES	2015	DWG (CC45)
LIDAR Pisserotte, Guiers (Hauterives), Guiers Vif St Pierre d'Entremont	SIAGA	HYDRETTUES/X'ALP	2015	DWG (CC45)
LIDAR Guiers Mort Herretang	CCCoeur de Chartreuse	SINTEGRA	2014	Non récupérés mais compris dans dernier LIDAR
LIDAR Guiers Mort, Merdaret, Malafossant, Ainan, Guiers, (Aoste St Genix Romagnieu)	SIAGA	ISAGEO	2015	MNT et MNS
Profils en travers (Seuil grand Crolaz, Seuil Baffet, Chenavas)	SIAGA	ABEST	2015	DWG (CC45) Baffert ?
Profils en travers, coupe type (seuil moulin neuf)	SIAGA	ISAGEO	2015	DGW (Lambert93)
Profils en long, en travers, coupe type (traversée de Saint-Pierre d'Entremont)	SIAGA	HYDRETTUES/X'ALP	2016	DWG (CC45)
Profils en travers, coupe type (pont moulin neuf)	SIAGA	ISAGEO	2017	DGW (Lambert93)
Plan de récolement sur le Guiers Mort (seuil du Camping et seuil de l'école)	Saint-Laurent du Pont	MERLIN/GUINTOLI	2017	DWG (Lambert93)



### ANNEXE 3. PLUIES EXCEPTIONNELLES

Les valeurs de quelques épisodes pluvieux récents à caractère exceptionnel sont présentées dans le tableau ci-dessous.

POSTE	DATE	PRECIPITATIONS
SAINT PIERRE DE CHARTREUSE	23/04/2016	110mm
	29/07/2014	91mm
	17/07/2011	87mm
	13/09/2008	140mm
	28/05/2007	89mm
	04/08/2006	98mm
	02/10/2005	101mm
	22/08/2005	83mm
	28/01/1999	151mm
	11/09/1998	82mm
	21/06/1996	95mm
	31/05/1995	124mm
	12/05/1995	122mm
	10/01/1995	103 mm
	16/09/1994	90mm
	18/05/1994	171mm
	25/04/1994	125mm
	21/12/1991	158mm
	11/08/1986	104mm
	18/07/1981	89mm
	11/07/1981	94mm
	10/07/1981	113mm
	24/10/1980	145mm
	22/06/1973	81mm
	30/08/1968	83mm
	30/05/1967	93mm
	07/08/1963	81mm
	10/12/1961	108mm
	12/08/1960	108mm
	18/08/1960	86mm
12/08/1960	108mm	
16/04/1959	98mm	
26/06/1958	84mm	
16/05/1958	148mm	

POSTE	DATE	PRECIPITATIONS
SAINT LAURENT DU PONT	17/09/2015	80mm
	05/06/2015	86mm
	05/08/2004	96mm
	20/06/1973	93mm
	18/06/1969	81mm
	07/06/1967	82mm
	30/09/1960	103mm
	30/09/1960	103mm
	28/07/1959	96mm
	SAINT-GEOIRE- EN-VALDAINE	06/06/2002

source : <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/Cartes-pluviometriques.html>.

## ANNEXE 4. CRUES REMARQUABLES ENREGISTREES

L'analyse des crues observées repose sur l'inventaire des crues remarquables (plus que biennale) enregistrées aux stations hydrométriques présentes sur le bassin versant. Les événements remarquables pour chaque station ont été analysés en fonction des débits sur les autres stations pour notamment comprendre le fonctionnement global du Guiers. Les statistiques de crues utilisées pour classer les crues en termes de fréquences sont issues des données CRUCAL pour les deux stations DREAL et de l'ajustement de Gumbel des débits de crue mesurés de 1964 – 2010 de la CNR (cité par MERLIN, 2015).

### MÉTHODE D'ANALYSE DES FRÉQUENCES D'APPARITION

Une analyse sur les fréquences empiriques des débits moyens maximums journaliers annuels mesurés (m<sup>3</sup>/s) par couple de station S<sub>1</sub>/S<sub>2</sub> à été menée pour identifier une éventuelle dépendance entre les crues du Guiers et ses différents affluents. L'idée est de voir si les plus forts débits observés sur l'un des cours d'eau correspondent à ceux de l'autre et vice-versa.

Le principe de l'analyse est décrit ci-dessous :

1. Sélection des données de débits maximales de deux stations S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> sur une période commune.
2. Estimations des fréquences d'apparition (ajustement à une loi de GUMBEL - CRUCAL)
3. Sélection des crues remarquables (plus que biennale) sur la station de référence S<sub>1</sub> et sur la période commune (débit caractérisés par le jour calendaire et sa fréquence empirique et théorique F<sup>th</sup>(S<sub>1</sub>)).
4. Recherche du débit maximum sur la station S<sub>2</sub> et sur la même date et attribution d'une fréquence théorique F<sup>th</sup>(S<sub>2</sub>).
5. Comparaison des dates, des débits et des fréquences théoriques.
6. Même étape mais avec S<sub>2</sub> comme référence.

### EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR LE GUIERS (EN TERMES DE MAXIMUMS HORAIRE)

		Le Guiers à Belmont-Tramonet	
	DATE	Q max [m3/s]	Temps de retour
1	15/02/90	403,4	Q20<QT<Q50
2	22/12/91	449,05	QT>Q50
3	21/11/92	279,2	Q5<QT<Q10
4	20/12/93	190,588	Q2<QT<Q5
5	01/01/94	181,706	Q2<QT<Q5
6	25/04/94	219,389	Q2<QT<Q5
7	19/05/94	201,878	Q2<QT<Q5
8	11/01/95	177,231	Q2<QT<Q5
9	24/01/95	183,231	Q2<QT<Q5
10	01/06/95	228,8	Q2<QT<Q5
11	14/09/95	180,294	Q2<QT<Q5
12	08/07/96	299,263	Q5<QT<Q10

Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin]		Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont		L'Ainan à Saint-Geoire-en-Valdaine	
Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour
136	QT>Q50	84,9	Q5<QT<Q10		
140	QT>Q50	93,6	Q10<QT<Q20		
128	Q20<QT<Q50	87,4	Q5<QT<Q10		
81,4	Q2<QT<Q5	49,7	-		
70,2	Q2<QT<Q5	42,2	-		
79,4	Q2<QT<Q5	76,1	Q2<QT<Q5		
83,8	Q2<QT<Q5	92,7	Q5<QT<Q10		
54,1	-	30,1	-		
54,7	-	46,2	-		
58,7	-	69,9	Q2<QT<Q5		
41,7	-	41	-		
89,4	Q5<QT<Q10	112	Q20<QT<Q50		

13	30/11/96	169,527	Q2<QT<Q5
14	05/07/97	214,312	Q2<QT<Q5
15	26/09/99	172,63	Q2<QT<Q5
16	07/06/02	457,539	QT>Q50
17	14/09/08	263,677	Q5<QT<Q10
18	17/07/11	187,182	Q2<QT<Q5
19	22/05/12	182,712	Q2<QT<Q5
20	11/11/12	168,945	Q2<QT<Q5
21	30/07/14	291,11	Q5<QT<Q10
22	30/03/15	274,601	Q5<QT<Q10
23	17/09/15	205,082	Q2<QT<Q5
24	24/04/16	242,014	Q2<QT<Q5
25	16/06/16	204,962	Q2<QT<Q5

65,3	Q2<QT<Q5	39,2	-		
82	Q2<QT<Q5	83,9	Q5<QT<Q10		
66	Q2<QT<Q5	36,1	-		
89	Q5<QT<Q10	119	Q20<QT<Q50		
61,8	-	69	Q2<QT<Q5		
68,5	Q2<QT<Q5	70,6	Q2<QT<Q5		
62,8	-	52,2	-		
50,2	-	69,1	Q2<QT<Q5		
32,5	-	55,9	-		
85,7	Q2<QT<Q5	84	Q5<QT<Q10		
64,1	-	48	-		
32,5	-	39,7	-		
69,8	Q2<QT<Q5	62,1	Q2<QT<Q5		

## EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR LE GUIERS MORT (EN TERMES DE DÉBITS MAXIMUM INSTANTANÉS)

		Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont	
	DATE	Q max [m3/s]	Temps de retour
1	27/11/74	64,3	Q2<QT<Q5
2	15/09/75	63	Q2<QT<Q5
3	24/10/80	73,5	Q2<QT<Q5
4	14/02/90	105	Q10<QT<Q20
5	22/12/91	93,6	Q10<QT<Q20
6	21/11/92	87,4	Q5<QT<Q10
7	25/04/94	76,1	Q2<QT<Q5
8	18/05/94	109	Q20<QT<Q50
9	13/09/94	68,5	Q2<QT<Q5
10	13/05/95	80,1	Q5<QT<Q10
11	31/05/95	88,2	Q5<QT<Q10
12	01/06/95	69,9	Q2<QT<Q5
13	13/09/95	64,7	Q2<QT<Q5
14	22/06/96	62,1	Q2<QT<Q5
15	08/07/96	112	Q20<QT<Q50
16	05/07/97	83,9	Q5<QT<Q10
17	07/06/02	119	Q20<QT<Q50
18	10/11/02	83,6	Q5<QT<Q10
19	13/01/04	65	Q2<QT<Q5
20	22/08/05	98,1	Q10<QT<Q20

Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin]		L'Ainan à Saint-Geoire-en-Valdaine		Le Guiers à Belmont-Tramonet	
Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour
1,7	-	2,61	-	-	-
56,9	-	15,6	Q5<QT<Q10	-	-
16,8	-	11,3	Q2<QT<Q5	-	-
169	QT>Q50	0,18	-	365,95	Q20<QT<Q50
140	QT>Q50			449,05	QT>Q50
128	Q20<QT<Q50			279,2	Q5<QT<Q10
79,4	Q2<QT<Q5			219,389	Q2<QT<Q5
83,5	Q2<QT<Q5			134,223	-
85,8	Q2<QT<Q5			151,858	-
54,4	-			162,202	-
64,7	Q2<QT<Q5			215,877	Q2<QT<Q5
58,7	-			228,8	Q2<QT<Q5
63,4	-			179,172	Q2<QT<Q5
46,8	-			128,882	-
89,4	Q5<QT<Q10			299,263	Q5<QT<Q10
82	Q2<QT<Q5			214,312	Q2<QT<Q5
89	Q5<QT<Q10			457,539	QT>Q50
71,9	Q2<QT<Q5			161,546	-
51,6	-			115,709	-
47,8	-			141,491	-



0			
2			
1	13/09/08	95,2	Q10<QT<Q20
2			
2	31/05/10	77,8	Q2<QT<Q5
2			
3	17/07/11	70,6	Q2<QT<Q5
2			
4	04/11/12	67,9	Q2<QT<Q5
2			
5	11/11/12	69,1	Q2<QT<Q5
2			
6	29/07/13	61,9	Q2<QT<Q5
2			
7	09/07/14	67,9	Q2<QT<Q5
2			
8	29/07/14	86,5	Q5<QT<Q10
2			
9	30/03/15	84	Q5<QT<Q10
3			
0	01/05/15	63,8	Q2<QT<Q5
3			
1	23/04/16	73,9	Q2<QT<Q5
3			
2	16/06/16	62,1	Q2<QT<Q5

92,5	Q5<QT<Q10			252,566	Q5<QT<Q10
61,8	-			157,323	-
68,5	Q2<QT<Q5			187,182	Q2<QT<Q5
49,1	-			91,569	-
50,2	-			168,945	Q2<QT<Q5
53,8	-			174,491	Q2<QT<Q5
44	-			142,068	-
53,8	-			282,57	Q5<QT<Q10
85,7	Q2<QT<Q5			274,601	Q5<QT<Q10
47,3	-			188,666	Q2<QT<Q5
59,1	-			237,309	Q2<QT<Q5
69,8	Q2<QT<Q5			204,962	Q2<QT<Q5

## EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR LE GUIERS VIF (EN TERMES DE DÉBITS MAXIMUM INSTANTANÉS)

Choix des événements remarquables (d'après BD Q(T))

		Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin]	
	DATE	Q max [m3/s]	Temps de retour
1	13/04/70	66,9	Q2<QT<Q5
2	17/07/73	73,9	Q2<QT<Q5
3	22/07/73	85,2	Q2<QT<Q5
4	06/01/82	78,4	Q2<QT<Q5
5	15/10/83	84,1	Q2<QT<Q5
6	26/11/83	93,2	Q5<QT<Q10
7	23/12/83	72,7	Q2<QT<Q5
8	08/02/84	76,1	Q2<QT<Q5
9	16/09/84	75	Q2<QT<Q5
10	10/02/85	66	Q2<QT<Q5
11	09/05/85	65	Q2<QT<Q5
12	07/06/85	67,8	Q2<QT<Q5
13	14/02/90	169	QT>Q50
14	01/07/90	83,2	Q2<QT<Q5
15	22/12/91	140	QT>Q50

RECHERCHE DANS BD QJ					
Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont		L'Ainan à Saint-Geoire-en-Valdaine		Le Guiers à Belmont-Tramonet	
Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour
-	-	-	-	-	-
-	-	2,48	-	-	-
-	-	2,98	-	-	-
57,9	-	5,85	-	-	-
42,2	-	1,43	-	-	-
7,3	-	1,07	-	-	-
32,8	-	1,16	-	-	-
21,8	-	4,72	-	-	-
30,6	-	0,63	-	-	-
24,5	-	1,52	-	-	-
39,2	-	6,46	-	-	-
48,5	-	3,1	-	-	-
105	Q10<QT<Q20			365,95	Q20<QT<Q50
36,8	-			138,792	-
93,6	Q10<QT<Q20			449,05	QT>Q50

16	28/04/92	74,1	Q2<QT<Q5
17	21/11/92	128	Q20<QT<Q50
18	07/04/93	66,4	Q2<QT<Q5
19	20/12/93	81,4	Q2<QT<Q5
20	01/01/94	70,2	Q2<QT<Q5
21	25/04/94	79,4	Q2<QT<Q5
22	19/05/94	83,8	Q2<QT<Q5
23	13/09/94	85,8	Q2<QT<Q5
24	23/01/95	70,2	Q2<QT<Q5
25	25/02/95	72,5	Q2<QT<Q5
26	31/05/95	64,7	Q2<QT<Q5
27	08/07/96	89,4	Q5<QT<Q10
28	30/11/96	65,3	Q2<QT<Q5
29	05/07/97	82	Q2<QT<Q5
30	12/12/97	72,7	Q2<QT<Q5
31	28/01/99	69,8	Q2<QT<Q5
32	22/02/99	75,5	Q2<QT<Q5
33	26/09/99	66	Q2<QT<Q5
34	06/06/02	83,4	Q2<QT<Q5
35	10/11/02	71,9	Q2<QT<Q5
36	08/10/03	70	Q2<QT<Q5
37	01/06/07	66,6	Q2<QT<Q5
38	13/09/08	92,5	Q5<QT<Q10
39	17/07/11	68,5	Q2<QT<Q5
40	05/01/12	64,7	Q2<QT<Q5
41	30/03/15	85,7	Q2<QT<Q5
42	16/06/16	69,8	Q2<QT<Q5

47,6	-			111,4	-
87,4	Q5<QT<Q10			279,2	Q5<QT<Q10
55,4	-			145,693	-
49,7	-			190,588	Q2<QT<Q5
42,2	-			181,706	Q2<QT<Q5
76,1	Q2<QT<Q5			219,389	Q2<QT<Q5
92,7	Q5<QT<Q10			201,878	Q2<QT<Q5
68,5	Q2<QT<Q5			151,858	-
50,5	-			137,051	-
41,2	-			158,6	-
88,2	Q5<QT<Q10			215,877	Q2<QT<Q5
112	Q20<QT<Q50			299,263	Q5<QT<Q10
39,2	-			169,527	Q2<QT<Q5
83,9	Q5<QT<Q10			214,312	Q2<QT<Q5
55,6	-			144,024	-
42,9	-			106,222	-
37,3	-			167,342	Q2<QT<Q5
36,1	-			172,63	Q2<QT<Q5
100	Q10<QT<Q20			441,415	QT>Q50
83,6	Q5<QT<Q10			161,546	-
34,2	-			93,062	-
51	-			146,467	-
95,2	Q10<QT<Q20			252,566	Q5<QT<Q10
70,6	Q2<QT<Q5			187,182	Q2<QT<Q5
37	-			135,053	-
84	Q5<QT<Q10			274,601	Q5<QT<Q10
62,1	Q2<QT<Q5			204,962	Q2<QT<Q5

### EVÈNEMENTS REMARQUABLES SUR L'AINAN (EN TERMES DE DÉBITS MAXIMUM INSTANTANÉS)

Choix des évènements remarquables (d'après BD Q(T))

		L'Ainan à Saint-Geoire-en-Valdaine	
	DATE	Q max [m3/s]	Temps de retour
1	21/07/72	8,95	Q2<QT<Q5
2	14/09/75	18	Q10<QT<Q20
3	18/11/75	10,1	Q2<QT<Q5
4	19/02/78	11,3	Q2<QT<Q5
5	08/07/80	8,9	Q2<QT<Q5
6	25/10/80	17,4	Q10<QT<Q20

RECHERCHE DANS BD QJ					
Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont		Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin]		Le Guiers à Belmont-Tramonet	
Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour	Q max [m3/s]	Temps de retour
-	-	4,72	-	-	-
59,1	-	25,6	-	-	-
10,8	-	11,3	-	-	-
23,2	-	24,9	-	-	-
54,4	-	31,2	-	-	-
66,9	Q2<QT<Q5	36,9	-	-	-

7	26/10/80	11,3	<b>Q2&lt;QT&lt;Q5</b>
8	20/01/81	11,9	<b>Q2&lt;QT&lt;Q5</b>
9	18/12/81	10,1	<b>Q2&lt;QT&lt;Q5</b>
10	09/12/82	10,7	<b>Q2&lt;QT&lt;Q5</b>
11	06/04/83	12,6	<b>Q2&lt;QT&lt;Q5</b>
12	11/04/83	8,29	<b>Q2&lt;QT&lt;Q5</b>
13	21/04/83	11,3	<b>Q2&lt;QT&lt;Q5</b>
14	08/05/83	16,8	<b>Q10&lt;QT&lt;Q20</b>
15	16/05/83	24,2	<b>Q20&lt;QT&lt;Q50</b>
16	25/05/83	22,9	<b>Q20&lt;QT&lt;Q50</b>


32	-	16,8	-	-	-
3,75	-	5,55	-	-	-
11,8	-	10	-	-	-
42,2	-	4,51	-	-	-
21,2	-	28,7	-	-	-
19,6	-	26,2	-	-	-
17,3	-	39	-	-	-
43,2	-	49,3	-	-	-
42,2	-	80,7	Q2<QT<Q5	-	-
16,2	-	34,7	-	-	-

## ANNEXE 5. RECENSEMENT DES CRUES HISTORIQUES DU GUIERS ET DE SES AFFLUENTS

Le tableau ci-dessous a été compilé par Burgeap (2010) dans le cadre du Schéma morphoécologique des cours d'eau du bassin versant réalisé pour le SIAGA à partir du recensement des phénomènes de crues passées provenant de divers sources :

- études hydrauliques existantes : Historique Guiers (CEMAGREF, 1998) ;
- données hydrométriques (station de St Laurent du Pont, St Christophe sur Guiers) ;
- enquêtes auprès des communes et de l'IRMA...

### RECENSEMENT DES CRUES HISTORIQUES DU GUIERS

Date	Lieu	Cours d'eau	Commentaires	Source
1670-1720	2 km aval Pont de Beauvoisin  confluence	Guiers	Déplacement important du lit en rive gauche, notamment en aval de St Genix sur le territoire des Champagnes – 8 maisons de St Didier déjà emportées	(1)
1700 à 1750	Romagnieu	Guiers	50 ha de fonds revenus à la Savoie, 22 maisons détruites sur Champagnes. Méandrage du lit au sortir des coteaux de Romagnieu. Auparavant le torrent allait tout droit en direction de St Genix.	(1)
1748 à 1760	Romagnieu / St Genix	Guiers	La rivière a quitté « sa direction naturelle » : 25 à 30 maisons détruites à Champagne et St Didier ainsi que 200 ha de fonds	(1)
Octobre 1762	St Genix	Guiers	Importants dégâts en amont du pont de St Genix	(1)
Août 1765	St Genix	Guiers	Pluies abondantes et continues entre le 16 et le 19 août. Le Guiers déborde entre la 3 <sup>ème</sup> et la 4 <sup>ème</sup> digue de St Genix. Importance des bois chariés	(1)
Juillet 1777	Les Echelles	Guiers Vif	Pont en partie détruit : 3 arches emportées	(1)
1/09/1783	Tout le cours St Laurent du Pont Pont de Beauvoisin St Genix	Guiers Mort Guiers Guiers	« Débordement extraordinaire le 1 <sup>er</sup> sept. » : Pont de St Laurent du Pont emporté Arbres déracinés à Pont de Beauvoisin 100 m de digues rompues à St Genix	(1)
1790 (automne)	St Laurent du Pont Romagnieu St Genix	Guiers Mort Guiers	Passerelle établie après crue de 1783 emportée Dignes du secteur gravement endommagées	(1)
Juin 1810	Les Echelles Romagnieu, Aoste	Guiers Vif Guiers	Pont emporté 50 m de digues percées	(1)
27/04/1811	St Genix	Guiers	Dignes rompues sur 270 m à l'amont de St Genix	(1)
17/02/1812	Tout le cours St Laurent du Pont Entre Deux Guiers Romagnieu St Genix	Guiers Mort Guiers Vif Guiers Guiers	Dégâts au barrage de Fourvoirie Destruction du pont des Echelles 470 m de digues rompus entre Romagnieu et St Genix 2 arches du pont de St Genix emportées (reconstruction à partir de 1828)	(1)
Avril 1816	Les Echelles St Genix	Guiers Vif Guiers	Angle amont de la nouvelle culée du pont écroulé Inondation importante : la route au sortir de St Genix en direction de Pont de Beauvoisin a été complètement dégradée	(1)
4/03/1817	St Genix	Guiers	Importante modification du lit en aval du pont de St Genix : il forme désormais 5 branches au lieu d'une et sa largeur a été multipliée par 3.	(1)

Juillet 1817	Les Echelles Pont de Beauvoisin	Guiers Vif Guiers	Orages dévastateurs avec affoulement du pont Barrage des moulins Crousaz endommagé	(1)
23/12/1826	St Pierre d'Entremont	Guiers Vif	Grand pont détruit par crue extraordinaire	(1)
1827-1828 (hiver)	Entre Deux Guiers	Guiers Vif	« Crue extraordinaire » : dégât au canal du moulin du mas Suiffray	(1)
30/09/1830	St Genix	Guiers	« Crue extraordinaire » du Guiers, importants dégâts aux digues de St Genix	(1)
1851 – fin juillet/ début août	Tout le cours Entre Deux Guiers Romagnieu	Guiers Mort  Guiers	L'ancien barrage du moulin Neuf établi au début du XVIIIème siècle est emporté, seul le couronnement de la culée droite s'est maintenu La brèche de la digue de Romagnieu s'agrandit de 70 m	(1)
1852 – fin juillet/ début août	St Genix	Guiers	<b>Brèches aux digues de Romagnieu qui atteignent plus de 300 m de long en rive gauche à l'amont du pont de St Genix</b>	(1)
1856 – fin mai/ début juin	Tout le cours St Christophe la G. St Christophe sur G.  Entre Deux Guiers St Genix	Guiers Vif Guiers Vif  Guiers Mort Guiers	<b>Pont St Martin détruit : reconstruction en 1857 Le barrage situé à 100 m en aval de la confluence de Fontaine Noire est emporté Barrage du Moulin Neuf emporté Pluies torrentielles les 30-31 mai et début juin : nombreux éboulements sur route</b>	(1)
24/06/1867	St Genix	Guiers	Inondation ayant entraîné des indemnités pour calamités naturelles	(1)
8/10/1867	Romagnieu	Guiers	« Crue extraordinaire ». La digue rive gauche est détruite sur 150 m en amont du pont de St Genix	(1)
1872	Romagnieu	Guiers	Brèche de 27 m dans la digue de Romagnieu	(1)
18/01/1875	Les Echelles	Guiers	RN6 inondée sur 300m. Champs ensablées	(1)
Juin 1875	Tout le cours St Christophe la G. Entre Deux Guiers  Pont de Beauvoisin	Guiers Vif Guiers Mort  Guiers	Inondation les 5 et 21 juin En amont du barrage du moulin Neuf, « les eaux se sont élevés au niveau du seuil de l'extrémité aval de la façade de la maison Lanfrey Calcul par l'IPC du débit atteint par la crue, soit 400 m³/s	(1)
Nov/Déc.1882	Tout le cours	Guiers	Dégâts aux chemins à St Pierre d'Entremont, de même à St Franc, à Pont de Beauvoisin et à la digue d'Aoste	(1)
Août 1888	Belmont-Tramonet	Guiers	Dégâts à la digue des Cabanes	(1)
Juin/Juillet 1889	St Béron St Genix	Guiers	100 ha inondés en juin 25 ha inondés en juillet	(1)
20/24 janvier 1890	Tous le cours	Guiers	Crue suite aux grandes pluies et à l'ouragan du 23 janvier	(1)
Décembre 1891	Belmont-Tramonet	Guiers	Dégâts à la digue des Cabanes	(1)
Septembre 1896	St Pierre d'Entremont Belmont-Tramonet	Guiers Vif Guiers	Lit du Guiers Vif modifié dans le secteur de la forge de Charron Le Guiers attaque la digue des Cabanes	(1)
15/01/1899	Tout le cours St Pierre d'Entrem <sup>t</sup> St Christophe la G.  St Christophe sur G. St Laurent du Pont  Entre Deux Guiers St Genix	Guiers Vif Guiers Vif  Guiers Vif Guiers Mort  Guiers Mort Guiers	<b>Crue du Guiers Vif Crue extraordinaire, seulement comparable à celle de 1856. Selon l'IPC, la crue a dépassé les 100 m³/s 16 m du barrage Baffert emportés, côté Savoie A 1 km en aval de St Laurent du Pont, le torrent coupe ses méandres aux lieux-dits le Perrin, Berot, Bodelant, Chenevarie, Carriat. Digue endommagée La maison de Joseph Tissot est emportée. Elle servait de repère au nivellement du barrage de St Genix, situé à 1.7 m au dessous du seuil de la porte d'entrée</b>	(1)

Jun 1908	Belmont-Tramonet	Guiers	Le Guiers attaque encore la digue des Cabanes	(1)
7/12/1913	Miribel les Echelles / St Franc	Guiers	Barrage situé à 470 m en aval de la confluence avec la Morge de St Franc : la crue extraordinaire atteint au barrage de l'entrée des Gorges de Chailles la cote de 395.6 m pour un débit calculé de 203 m³/s (max estimé à cet endroit de 306 m³/s en 1899 ?)	(1)
15/02/1928	Les Echelles Belmont-Tramonet Aoste	Guiers Vif Guiers Guiers	Dégâts au barrage des établissements Siegel et Stockman (affouillement importants) RD 10 emportée sur 200 m / Nouveaux dégâts à la digue des Cabanes Digue latérale en amont de l'embouchure du Rhône : 150 m de digue emportée	(1)
Avril 1951	Entre Deux Guiers	Guiers Mort et Guiers Vif	Importantes crues des deux cours d'eau. C'est à la suite de cette crue que les travaux de recalibrage du Guiers Mort seront envisagés et réalisés	(1)
14/01/1955	St Genix	Guiers	100 ha inondés	(1)
9/02/1955	Vallée du Guiers St Genix	Guiers Guiers	Plusieurs portions de digues en enrochements emportées (coût : environ 100 000 euros) Brèche dans la digue, route coupée dans le quartier du Bas du Pont	(1)
3/09/1956	St Genix	Rhône	Le Rhône inonde la plaine de St Genix et Champagneux : récoltes anéanties	(1)
24/02/1957	St Genix	Guiers et Rhône	Crue du Guiers et du Rhône	(1)
14/02/1990	Tout le cours St Pierre de C. St Laurent du Pont Entre-Deux-Guiers Les Echelles	Guiers Mort Guiers Vif	Les enrochements entre le pont du Cordelier, le confluent avec l'Herbétan et ceux du pont du Grand Logis détruits Dégâts importants dans la traversée de St-Laurent du P. Dégâts importants dans la traversée d'Entre-Deux-Guiers et les Echelles	(2)
22/12/1991	Tout le cours St Laurent du Pont Entre-Deux-Guiers Les Echelles	Guiers Mort Guiers Vif	Dégâts importants dans la traversée de St-Laurent du P. Dégâts importants dans la traversée d'Entre-Deux-Guiers et les Echelles (sur les aménagements réalisés suite à la crue 1990)	(2)
6/06/2002	Tout le cours	Tous	Cf. partie 4.2.3	
14/09/2008	Plaine des Echelles/St-Laurent du Pont	Guiers Mort, Guiers Vif, Herretang	Phénomènes d'érosion amplifiés sur le site de la Corderie aux Echelles	

IPC : Ingénieur des Ponts et Chaussées

(1) Historique Guiers CEMAGREF Lyon (1998)

(2) Institut des Risques MAjeurs (IRMA)

## RECENSEMENT DES CRUES HISTORIQUES DES AFFLUENTS

Date	Lieu	Cours d'eau	Commentaires	Source
3/08/1811	Belmont-Tramonet	Tier	Importante crue du Tier. Dégât importants aux chemins.	(1)
24/12/1854	St Pierre d'Entremont	Cozon	Pont emporté par ruisseau venant d'Entremont le Vieux (pluie + fonte des neiges)	(1)
8/10/1867	St Pierre d'Entremt (73)	Cozon	« Crue extraordinaire ». Pluies torrentielles dans la nuit du 7 au 8/10/1967 ; la crue du Cozon emporte le pont Joubert.	(1)
Nov.1874	St Pierre d'Entremont	Cozon	Crue du Cozon	(1)
18/01/1875	St Pierre d'Entremont	Cozon	Crue du Cozon	(1)
Jun 1894	Belmont-Tramonet	Paluel	Crue torrentielle du Paluel : dégâts au pont du hameau Devin	(1)

15/01/1899	St Pierre d'Entremont	Cozon	Crue du Cozon	(1)
30/05/1949	Belmont-Tramonet	Paluel	Pont sur le ruisseau s'effondre	(1)
14/02/1990	St Pierre de Chartreuse	Herbétan Mort	Crue importante de l'Herbétan Mort	(3)

(1) Historique Guiers CEMAGREF Lyon (1998)

(3) PCS St Pierre de Chartreuse (2002)

## RECENSEMENT DES ARRÊTÉS DE CATASTROPHES NATURELLES

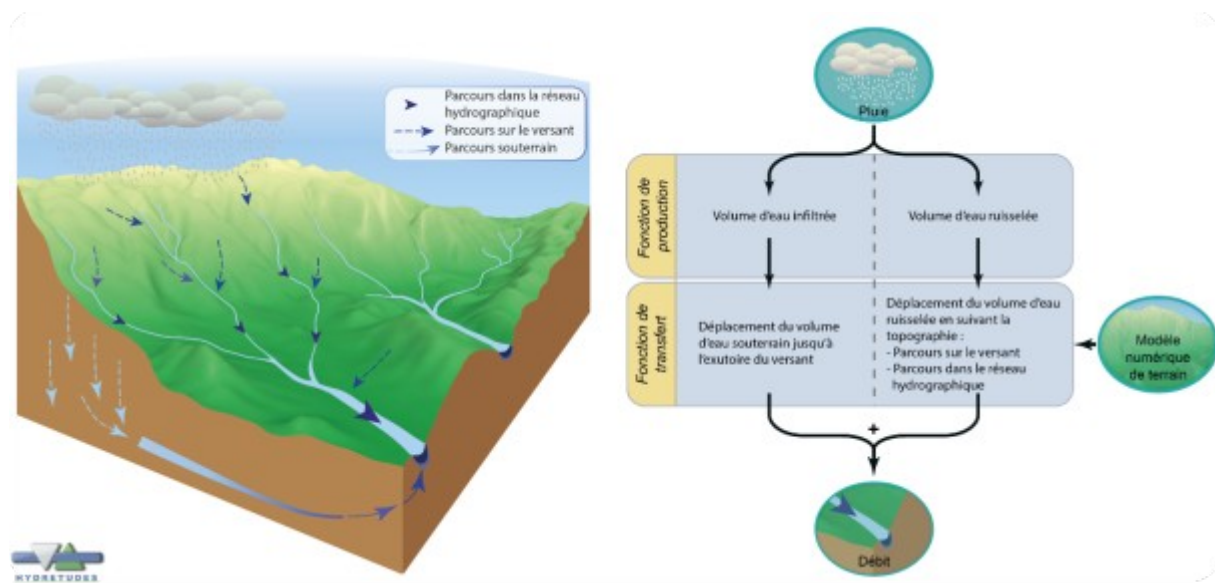
Date	Phénomènes	Communes concernées	Source
Novembre 1982	Inondations et coulées de boue	Pont de Beauvoisin (38), St Jean d'Avelanne, Romagnieu, Aoste	Prim.net
Avril 1983	Inondations et coulées de boue	Pont de Beauvoisin (38), Saint Jean d'Avelanne, Romagnieu, Aoste	Prim.net
Mai 1988	Inondations et coulées de boue	Entre deux Guiers, Pont de Beauvoisin (38)	Prim.net
Octobre 1988	Inondations et coulées de boue	Pont de Beauvoisin (38 et 73), Romagnieu, Aoste, Avressieux, La Bridoire	Prim.net
Février 1990	Inondations et coulées de boue	St Pierre de Chartreuse, St Pierre d'Entremont (38 et 73), Entremont le Vieux, Aoste, Belmont-Tramonet, St Genix, La Bridoire	Prim.net
Juin 1990	Inondations et coulées de boue	Miribel les Echelles, Les Echelles	Prim.net
Décembre 1991	Inondations et coulées de boue	St Pierre de Chartreuse, St Joseph de rivière, St Laurent du Pont, St Christophe la Grotte, Miribel les Echelles, Les Echelles, Pont de Beauvoisin (38 et 73), Belmont-Tramonet, St Genix, La Bridoire	Prim.net
Juin 1993	Inondations et coulées de boue	Pont de Beauvoisin (38), Romagnieu	Prim.net
Octobre 1993	Inondations et coulées de boue	Pont de Beauvoisin (38), Romagnieu, Aoste	Prim.net
Septembre 1999	Inondations et coulées de boue	Pont de Beauvoisin (38 et 73)	Prim.net
Juin 2002	Inondations et coulées de boue	St Joseph de rivière, St Laurent du Pont, Saint Julien de Ratz, Entre Deux Guiers, Miribel les Echelles, Les Echelles, St Christophe la Grotte, St Franc, St Beron, Pont de Beauvoisin (38 et 73), St Jean d'Avelanne, Romagnieu, Belmont-Tramonet, Aoste, La Bridoire	Prim.net

## ANNEXE 6. MODELE HYDROLOGIQUE

Pour rappel, la question centrale est de définir un scénario pour la crue de référence sur le Guiers et ses affluents, de l'amont vers l'aval du périmètre, qui sera pris en considération dans les modélisations hydrauliques.

Dans le cadre de cette étude, une mise à jour de l'hydrologie du bassin versant du Guiers a été réalisée pour alimenter le modèle hydraulique. Le modèle appliqué est le logiciel « MESRI », un modèle conceptuel pluie/débit spatialisé à deux réservoirs : sol et sous-sol.

### PRINCIPES DE LA MODÉLISATION PLUIE-DÉBIT SPATIALISÉE ADAPTÉE AUX BESOINS DE L'INGÉNIEUR



#### LE MODÈLE MESRI

MESRI est un modèle événementiel spatialisé. Il permet à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT) et des pluies tombées sur le territoire d'estimer les débits à l'exutoire d'un bassin versant. Il analyse donc la morphologie du bassin versant et calcule la réponse hydrologique de celui-ci. Le modèle se décompose en deux processus :

- La fonction de production qui partitionne la pluie en volume d'eau infiltrée et en volume d'eau ruisselée,
- La fonction de transfert qui calcule le déplacement des volumes d'eau de surface et d'eau de sub-surface. Dans cette deuxième phase, le modèle crée son réseau hydrographique et deux cartographies des distances :
  1. Cartographie des distances sur versant : la distance au réseau hydrographique pour chaque pixel.
  2. Cartographie des distances dans le réseau hydrographique : la distance de chaque pixel « réseau » à l'exutoire du bassin versant.

Grâce à ces cartographies et à une estimation des vitesses sur versant, des vitesses réseau et des vitesses de sub-surface, MESRI calcule le débit qui est la somme entre le débit de surface et le débit de sub-surface pour l'exutoire demandé.



**Applicabilité :** MESRI s'applique à des bassins versants de l'ordre de quelques kilomètres carrés à 1000-3000 km<sup>2</sup>. Se basant sur une analyse géomorphologique du bassin versant, il est nécessaire que celui-ci soit un bassin versant dit "naturel" où la dynamique de l'écoulement est plus influencée par les contraintes naturelles qu'urbaines ou anthropiques. Les points de calcul demandés doivent se situer en dehors des zones urbaines. Enfin, le modèle MESRI est propice aux bassins versants où l'écoulement est rapide, en zone avec des reliefs marqués.

## LES GRANDES ÉTAPES

### LA FONCTION DE PRODUCTION

Un schéma simplifié des 3 grandes familles d'écoulement générant les crues peut se présenter comme ci-dessous :

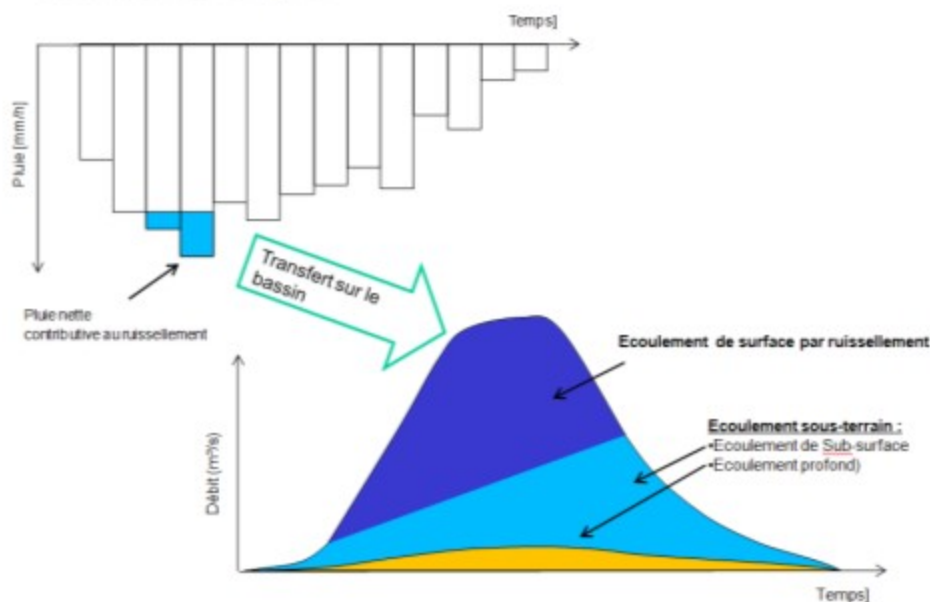


Figure 1: Hyétogramme et hydrogramme résultant d'un événement pluie-débit

MESRI s'attache à représenter les productions de surface et de sub-surface prédominantes dans l'approche événementielle. L'hydrogéologie du bassin versant étudié est prise en compte dans le système de production de sub-surface.

A partir de la pluie nette, le volume d'eau contributif est divisé suivant une répartition calée sur les données réelles et mesurées sur le terrain.

Cette division (figure 2) de la contribution de la pluie nette permet de modéliser le volume qui s'écoule sur terre directement dans le réseau hydrographique, et en sub-surface pour rejoindre ensuite la rivière par résurgence. Une partie de la pluie nette est également perdue (assimilée à de la recharge souterraine).

L'ensemble de ces répartitions entre les différents volumes de production est calée sur les données hydrométriques mesurées et propres à chaque bassin versant.

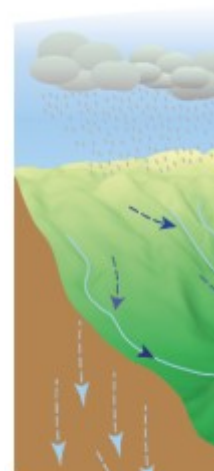


Figure 2 : zoom sur le compartiment production et répartition des différents écoulements

## LA FONCTION DE TRANSFERT GÉOMORPHOLOGIQUE

A partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) et en calculant pour chaque point du bassin versant 1) le cheminement préférentiel d'une goutte jusqu'à l'exutoire (et donc sa direction) et 2) les vitesses de cheminement, le modèle permet de déduire la réponse dite « géomorphologique » du bassin à une sollicitation pluvieuse. La morphologie du bassin versant est donc prise en compte dans le MNT.

L'établissement de la fonction de transfert suit ainsi les trois étapes suivantes :

### ETAPE 1: Identification du réseau de drainage et distance de parcours :

- Un parcours sur le versant (flèche blanche sur la figure 3),
- Un parcours dans le réseau hydrographique lorsque la goutte d'eau a atteint la rivière qui la transporte jusqu'à l'exutoire (flèche bleue sur la figure 3).

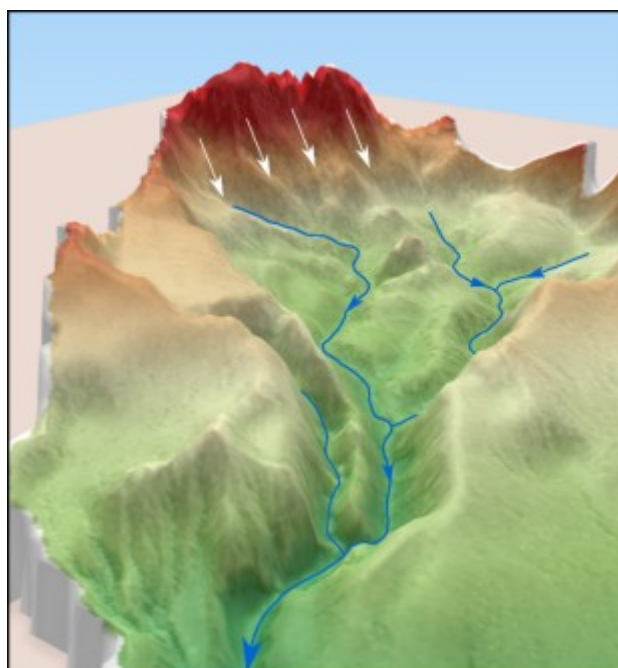


Figure 3 : Schéma de principe du transfert géomorphologique (vue 3D)

L'analyse du MNT permet donc d'identifier le réseau hydrographique et d'extraire deux cartographies nécessaires pour le calcul des débits, la carte des distances sur versant et la carte des distances dans le réseau hydrographique (figure 4).

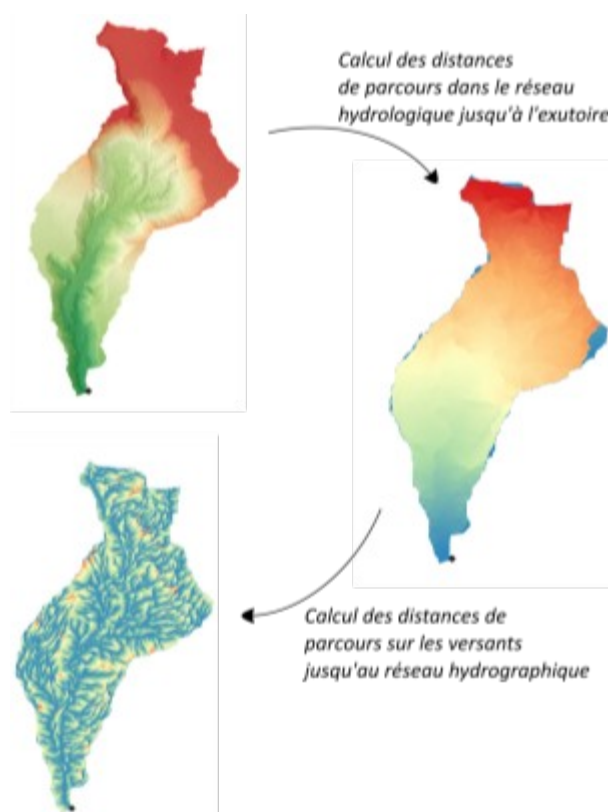


Figure 4 : Schéma de calcul des distances de parcours dans les réseaux et sur les versants

**ETAPE 2: Vitesses moyennes de transfert par calage sur les données historique**

**ETAPE 3: Calcul des temps de transfert :**

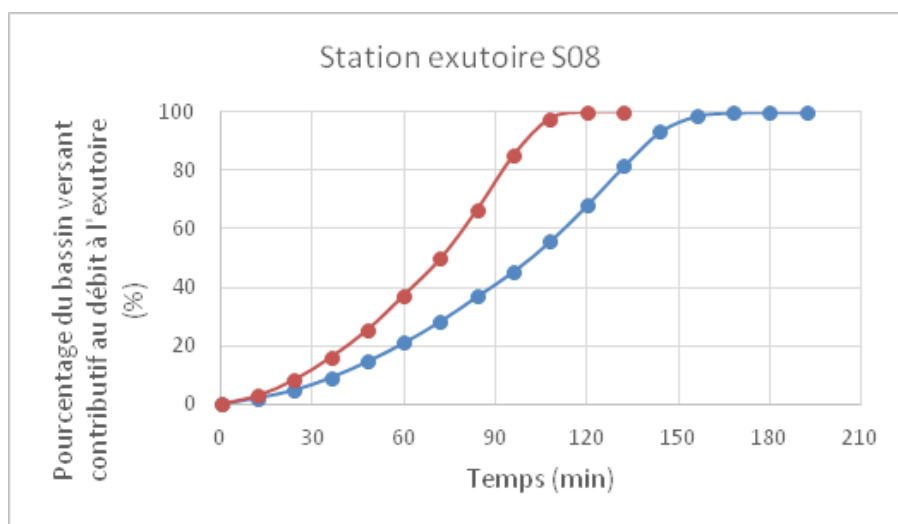


Figure 5 : Exemple de courbe % Aire contributive-Temps de concentration

La figure 5 présente pour un même bassin versant deux courbes extrêmes suivant un transfert lent et un transfert rapide sur le bassin versant.

## MISE EN ŒUVRE DU MODÈLE

### DONNÉES A ACQUÉRIR

- **Modèle Numérique de Terrain (MNT).**
- **Données hydrologiques / précipitations** (si possible).
- **Données hydrométéorologiques :**
  - Les **données pluviométriques** nécessaires à la fois pour caler le modèle et calculer les débits pour différentes périodes de retour (pluies statistiques).
  - Les **données débitmétriques** issues des stations hydrométriques.

### CALAGE DES PARAMÈTRES

Six paramètres du modèle sont calés :

- P1 : Paramètre de vitesse moyenne d'écoulement dans le réseau hydrographie,
- P2 : Paramètre de vitesse moyenne d'écoulement souterrain (sub-surface),
- P3 : Paramètre de production de surface,
- P4 : Paramètre de production de sub-surface,
- P5 : Paramètre de récession de la courbe de tarissement.

La procédure de calage itérative explore tous les jeux de paramètres possibles et les classent suivant un critère de d'optimisation de la vraisemblance de la modélisation aux données réelles.

### DONNÉES DISPONIBLES SUR LA ZONE D'ÉTUDE

Les données nécessaires à l'analyse hydrologique sont les données pluviométriques et les données hydrométriques.

### DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

L'acquisition des données pluviométriques a pour objectif :

- De reproduire les pluies réelles pour caler le modèle hydrologique sur des événements Pluie/Débit choisis.
- D'estimer par analyse statistique les valeurs exceptionnelles de pluviométrie (intensités ou cumuls pour une période de retour donnée), afin de construire des pluies de projet puis les hydrogrammes associés par l'intermédiaire du modèle calé.

#### Stations pluviométriques (à l'intérieure et à l'extérieure du périmètre)

Autour et sur la zone d'étude, plusieurs stations Météo France fournissent des données pluviométriques. Les séries chronologiques issues de ces stations sont de longueurs très variables et de différents types (données horaires, journalières, voire mensuelles). Des stations météo semi-professionnelles du réseau ROMMA<sup>1</sup> dans la limite de l'étude sont également identifiées. La figure ci-dessous permet de localiser les différentes stations pluviométriques disponibles sur le secteur élargi de la zone d'étude. Les caractéristiques des stations sont reportées dans le tableau ci-après.

<sup>1</sup> ROMMA est une association apolitique régie par la loi 1901 ayant pour dénomination « Réseau d'Observation Météorologique du Massif Alpin (ROMMA) ». <http://romma.fr/>

### Données de calage à pas de temps horaire

Des chroniques pluviométriques événementielles complètes au pas de temps horaires sont nécessaires pour caler le modèle hydrologique.

Les données au pas de temps horaire ne sont disponibles que sur 12 stations du réseau Météo France et du réseau ROMMA et malheureusement, seules les pluies entre 2005 et 2008 sont réellement disponibles sur l'ensemble des stations pour le calage du modèle Pluie/Débit (cf. tableau et figure ci-dessous). Ce sont ces chroniques qui ont été récupérées pour le calage du modèle.

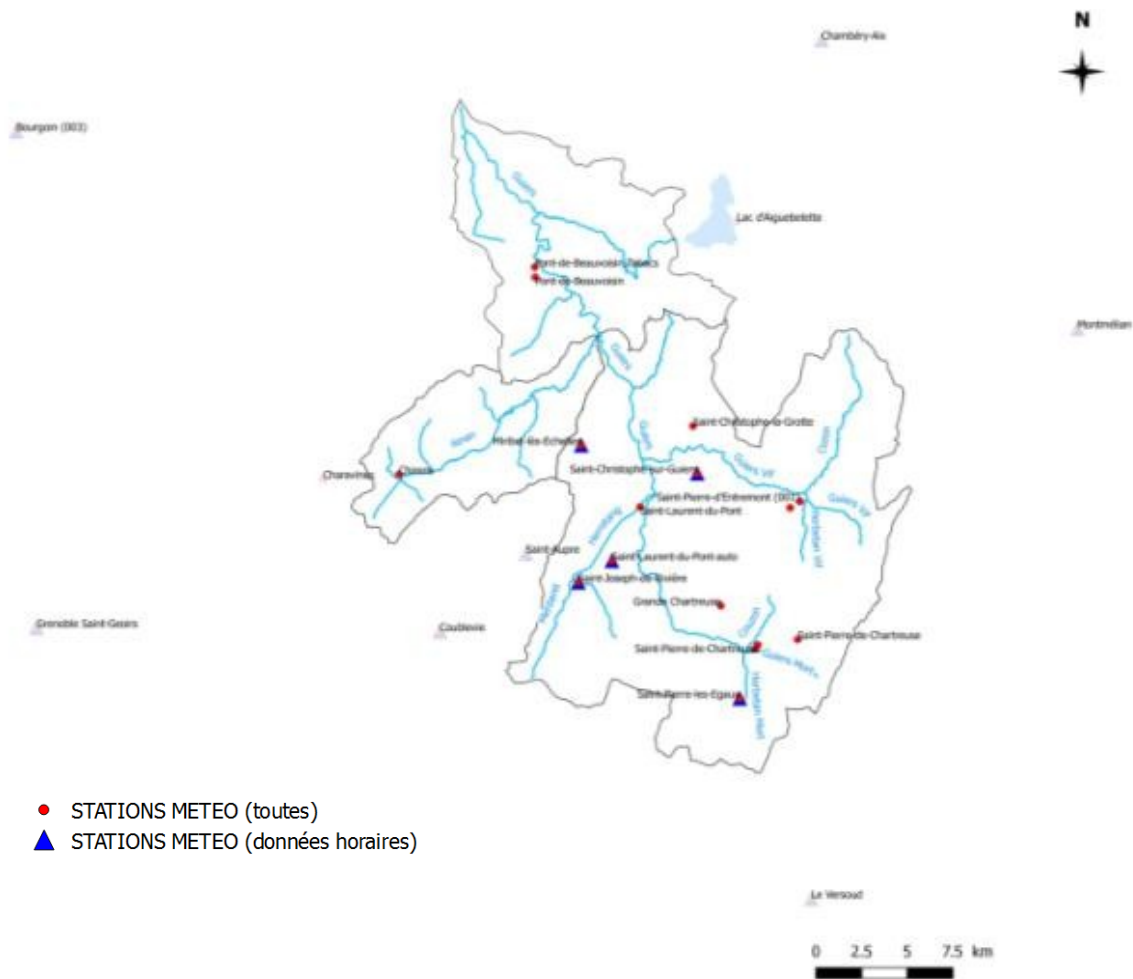


Figure 6 : Localisation des stations météorologiques à l'intérieur et à l'extérieur du bassin versant du Guiers.

### Données pour la construction des pluies de projet : statistiques des pluies

Les deux stations les plus proches pour lesquelles les coefficients de Montana sont disponibles sont :

- CHAMBERY-AIX (73) à 30.4 km au nord-est de Saint-Laurent du Pont - altitude : 235m
- GRENOBLE-ST GEOIRS (38) à 32.9 km au sud-est de Saint-Laurent du Pont - altitude : 384m

Pour rappel, la connaissance de ces coefficients permet de calculer l'intensité maximale d'un épisode pluvieux d'une durée définie ou la hauteur d'eau maximale à attendre pour un épisode pluvieux de courte durée ; information essentielle pour construire les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) puis les pluies de projet à injecter dans le modèle MESRI.



	Localisation	Numéro INSEE	Nom	Lieu-dit	Date début	Date fin	Type	Altitude m	Pas de temps
Station Météo France	Bourgoin (001)	38053001	BOURGOIN-JALLIEU (BOURGOIN)	MAIR.	01/01/1908	31/07/2003	4	254	journalier disponible
	Bourgoin (003)	38053003	BOURGOIN-JALLIEU (BOURGOIN)	LE MOLANER	01/08/2003	21/03/2017	1	358	horaire disponible
	Charavines	38082001	CHARAVINES	LES-VANNES	01/01/1868	21/03/2017	4	510	journalier disponible
	Chirens	38105001	CHIRENS	L'ARSENAL	04/01/1946	30/09/1999	4	463	journalier disponible
	Coublevie	38133001	COUBLEVIE	PLAN-MENU	09/01/2004	21/03/2017	1	300	horaire disponible
	Pont-de-Beauvoisin Tabacs	38315001	LE PONT-DE-BEAUVOISIN (PONT-DE-BEAUVOISIN-TABACS)	MAGASIN-DES-TABACS	01/01/1935	31/12/1989	4	239	journalier disponible
	Pont-de-Beauvoisin	38315002	LE PONT-DE-BEAUVOISIN (PONT-DE-BEAUVOISIN)	LE-GRABIER	08/01/1985	21/03/2017	4	284	journalier disponible
	Saint-Aupre	38362001	SAINT-AUPRE (ST AUPRE)	LA ROSSETIERE	15/05/2007	21/03/2017	2	446	horaire disponible
	Grenoble Saint-Geoirs	38384001	SAINT-ETIENNE-DE-SAINT-GEOIRS (GRENOBLE-ST GEOIRS)	AEROPORT	10/01/1940	21/03/2017	0	384	horaire disponible
	Saint-Laurent-du-Pont	38412001	SAINT-LAURENT-DU-PONT (ST-LAURENT-DU-PONT)	STATION D EPURATION	01/10/1892	31/12/2011	4	389	journalier disponible
	Saint-Laurent-du-Pont-auto	38412002	SAINT-LAURENT-DU-PONT (SAINT LAURENT DU PONT AUTO)		01/10/2012	21/03/2017	2	380	horaire disponible
	Grande Chartreuse	38442001	SAINT-PIERRE-DE-CHARTREUSE (GRANDE-CHARTREUSE)	GDE-CHARTREUSE	07/01/1921	21/03/2017	4	945	journalier disponible
	Saint-Pierre-de-Chartreuse	38442002	SAINT-PIERRE-DE-CHARTREUSE (ST-PIERRE-CHARTREUSE-COTTAVES)	MAISON FORESTIERE LES COTTAVES	01/01/1930	30/09/1957	4	1080	journalier disponible
	Saint-Pierre-de-Chartreuse	38442005	SAINT-PIERRE-DE-CHARTREUSE (ST-PIERRE-DE-CH)	BG	09/01/1996	08/08/2005	3	895	journalier disponible
	Saint-Pierre-les-Egaux	38442008	SAINT-PIERRE-DE-CHARTREUSE (ST-PIERRE-LES EGAUX)	LES EGAUX	23/06/2005	21/03/2017	1	950	horaire disponible
	Saint-Pierre-de-Chartreuse	38442400	SAINT-PIERRE-DE-CHARTREUSE (St Pierre de Chartreuse)	ST PIERRE DE CHARTREUSE	23/12/1986	21/03/2017	4	1700	journalier disponible
	Saint-Pierre-d'Entremont (001)	38446001	SAINT-PIERRE-D'ENTREMONT (ST-PIERRE-D'ENTREMONT)	BG	01/09/1916	28/02/2002	4	644	journalier disponible
	Saint-Pierre-d'Entremont (003)	38446003	SAINT-PIERRE-D'ENTREMONT (ST-PIERRE-D'ENTREMONT)	LES TERRAYS	03/01/2002	21/03/2017	4	870	journalier disponible
	Le Versoud	38538002	LE VERSOUD (GRENOBLE - LVD)	AERODROME	01/06/1999	22/03/2017	1	220	horaire disponible
Villard-de-	38548403	VILLARD-DE-LANS (VILLARD-BOIS-BARBU)	PAYONERE	01/01/1959	23/03/2017	1	1027	horaire disponible	

	<b>Lans</b>								
	<b>Lac d'Aiguebelette</b>	73001001	AIGUEBELETTE-LE-LAC (AIGUEBELETTE)	LE PORT	01/01/1921	31/08/1966	4	400	journalier disponible
	<b>Montmélian</b>	73171002	MONTMELIAN	STADE DES ILES	01/11/2003	21/03/2017	1	264	horaire journalier
	<b>Saint-Christophe-la-Grotte</b>	73229001	SAINT-CHRISTOPHE (ST-CHRISTOPHE LA-GROTTE)	CHEF LIEU	11/01/1984	21/03/2017	4	420	journalier disponible
	<b>Chambéry-Aix</b>	73329001	VOGLANS (CHAMBERY-AIX)	AERODROME	07/01/1973	21/03/2017	0	235	horaire disponible
<b>Station ROMMA</b>	<b>Saint-Joseph-de-Rivière</b>	ROMMA n°82	Station partenaire n°82 propriété de Monsieur Benoît Exbrayat	Station météo située dans un jardin en bordure d'un champ à proximité d'une maison.	11/01/2013	21/03/2017	infra-horaire	400	30'
	<b>Saint-Christophe-sur-Guiers</b>	ROMMA n°32	Station partenaire n°32	pas d'information	10/01/2010	21/03/2017	infra-horaire	533	10'
	<b>Miribel-lès-Echelles</b>	ROMMA n°22	Station partenaire n°22 propriété de Monsieur Aurélien Miguet	Station météo de colline située dans un environnement complètement dégagé	11/01/2009	21/03/2017	infra-horaire	760	10'

## Description des typologies des stations Météo France :

Type station	Description	Disponibilité des données de précipitations
<b>0</b>	Station synoptique, automatique ou avec personnel Météo-France, temps réel en diffusion et expertise	données horaires disponibles à partir de H+1, données quotidiennes disponibles à partir du lendemain à 8 h
<b>1</b>	Station synoptique avec personnel non Météo-France, temps réel en diffusion et expertise	Données horaires disponibles à partir de H+1 ; données quotidiennes disponibles à partir du lendemain à 8 h
<b>2</b>	Station automatique, temps réel en diffusion et expertise	Données horaires & quotidiennes disponibles à partir du lendemain à 8 h
<b>3</b>	Station automatique, expertise temps différé	Données horaires & quotidiennes disponibles au plus tôt 45 jours après la fin du mois en cours
<b>4</b>	Station climatologique (bénévole), expertise temps différé	Aucune donnée horaire n'est disponible, données quotidiennes disponibles au plus tôt 45 jours après la fin du mois en cours



## DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

L'acquisition des données hydrométriques a pour objectif :

- De reproduire les crues réelles choisies pour caler le modèle en volume et en débit de pointe ;
- D'estimer par analyse statistiques les valeurs exceptionnelles de débits de pointe pour une période de retour donnée, afin de comparer les résultats obtenus par l'intermédiaire du modèle calé. Ce dernier point n'est possible que pour certaines stations et pour certains temps de retour au vue des périodes de fonctionnement restreintes de stations.

### Stations hydrométriques

Plusieurs stations hydrométriques fournissent des données de débits au sein de la zone d'étude ; certaines ne sont plus en fonctionnement (cf. tableau et figure suivants).

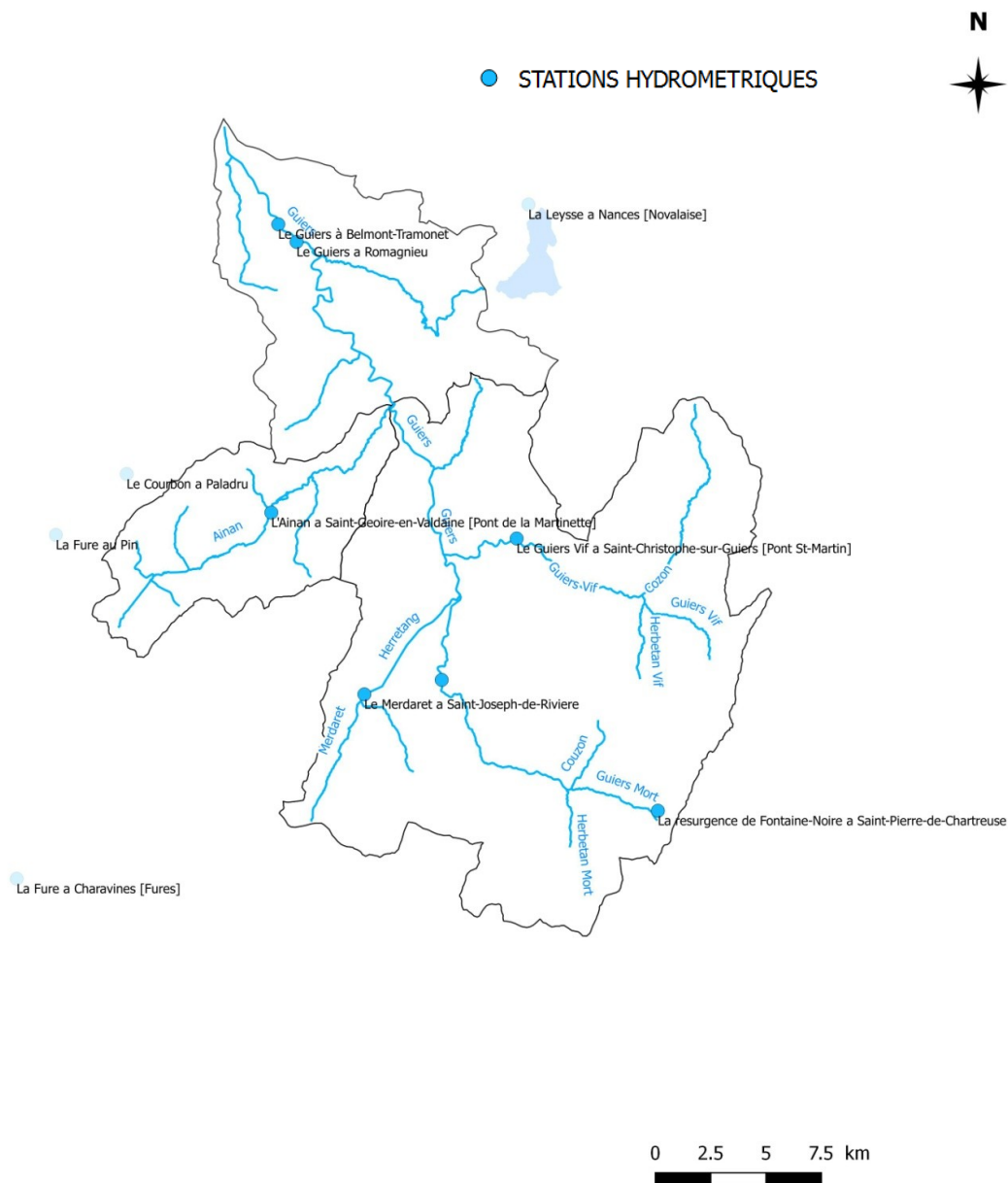


Figure 8 : Localisation des stations hydrométriques disponibles sur et autour du bassin versant du Guiers

Tableau 2 : Caractéristiques des stations hydrométriques du Guiers

Code de la station	Libellé de la station	Bassin versant	Gestionnaire	Hauteurs	Débits
				Données disponibles	Données disponibles
<b>Stations hydrométriques du Guiers</b>					
V1504010	Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont	89 km <sup>2</sup>	DREAL	1973 - 2017	1970 - 2017
V1515010	Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin]	114 km <sup>2</sup>	DREAL	1970 - 2017	1970 - 2017
V1525410	L'Ainan à Saint-Geoire-en-Valdaine	41 km <sup>2</sup>	DREAL	1972 - 1986	1972 - 1986
V1525420	L'Ainan à Saint-Geoire-en-Valdaine [Pont de la Martinette]	45 km <sup>2</sup>	DREAL	1986 - 2002	1995 - 2002
V1534010	Le Guiers à Romagnieu	575 km <sup>2</sup>	DREAL	1980 - 1983	1963 - 1982
V1534021	Le Guiers à Belmont-Tramonet	585 km <sup>2</sup>	CNR	2003 - 2017	non disponible
V1506010	Le Merdaret à Saint-Joseph-de-Rivière	33 km <sup>2</sup>	DREAL	1985 - 1992	1985 - 1990
<b>Stations hydrométriques du Rhone*</b>					
V1440020	Le Rhône à Brens	13960 km <sup>2</sup>	CNR	non disponible	1969 - 2014
V1440021	Le Rhône à Brens	13960 km <sup>2</sup>	DREAL	2000 - 2017	non disponible
V1630010	Le Rhône à Saint-Benoît	15380 km <sup>2</sup>	CNR	non disponible	1920 - 1992
V1630020	Le Rhône à Lagnieu [Pont de Lagnieu]	15380 km <sup>2</sup>	CNR	non disponible	1987 - 2014
V1630021	Le Rhône à Lagnieu	15400 km <sup>2</sup>	DREAL	2000 - 2017	non disponible

\* A titre informatif (amont et aval de la confluence)

### Stations hydrométriques retenues pour le calage

Les stations hydrométriques retenues pour le calage sont celles dont la période de fonctionnement correspond aux chroniques horaires de pluies acquises pour les événements de crue remarquables sélectionnés.

Les hydrogrammes des crues remarquables ont été récupérés pour les 3 stations suivantes :

- Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont ( 89 km<sup>2</sup>).
- Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin] ( 114 km<sup>2</sup>).
- Le Guiers à Belmont-Tramonet (585 km<sup>2</sup>).

Il est important de noter qu'un certain nombre d'affluents ne pourra pas faire l'objet d'un calage robuste, par manque de données hydrométriques au cours des événements réels simulés.

### Stations hydrométriques retenues pour l'estimation des débits de référence

Les chroniques de débit sont trop courtes sur un certain nombre de station pour estimer les débits de référence par les méthodes statistiques (ajustement GEV). Les postes écartés des analyses statistiques sont :

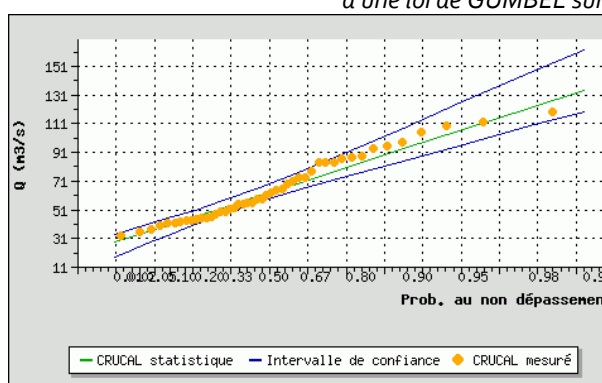
- Le Merdaret à Saint-Joseph-de-Rivière (12 ans) ;
- L'Ainan à Saint-Geoire-en-Valdaine [pont de la Martinette] (6 ans) ;
- Le Guiers à Romagnieu géré par la DREAL jusque 1983 (20 ans).

Pour les 3 stations dont la période d'observation est significative, les ajustements statistiques utilisés, sur les débits maximaux instantanés, différent selon le gestionnaire de la station :

- Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont et Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers : ajustements statistiques réalisés par CRUCAL par ajustement à une loi de GUMBEL (BANQUE HYDRO).

#### Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont

CRUCAL : débits maximaux instantanés de crue (1970 - 2017) - Période du 1 septembre au 31 août - Ajustement à une loi de GUMBEL sur 46 valeurs et 47 années



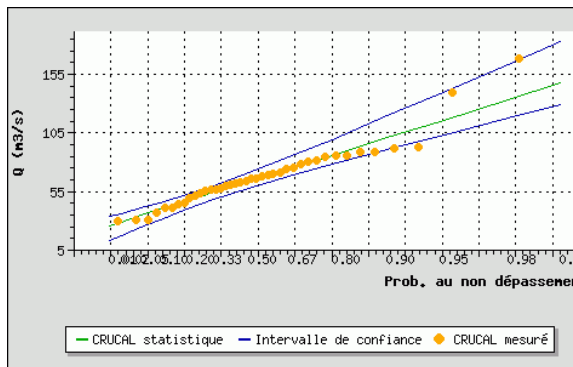
#### Fréquences théoriques

Débits (m3/s) - Intervalle de confiance 95%

Cinquantennale	122.000	[109.000 ; 146.000]
Vicennale	106.000	[95.500 ; 125.000]
Décennale	93.400	[85.100 ; 108.000]
Quinquennale	80.400	[74.000 ; 91.000]
Biennale	60.700	[56.300 ; 66.400]

#### Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin]

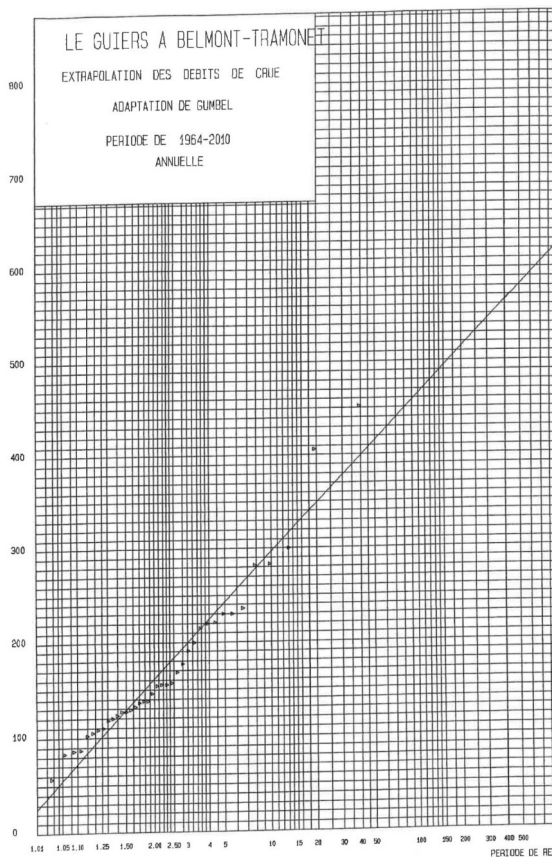
CRUCAL : débits maximaux instantanés de crue (1970 - 2017) - Période du 1 septembre au 31 août - Ajustement à une loi de GUMBEL sur 40 valeurs et 47 années



Fréquences théoriques		
Débits (m³/s) - Intervalle de confiance 95%		
Cinquantennale	134.000	[118.000 ; 164.000]
Vicennale	115.000	[103.000 ; 139.000]
Décennale	101.000	[91.100 ; 120.000]
Quinquennale	86.300	[78.600 ; 99.800]
Biennale	63.800	[58.300 ; 71.000]

Figure 9 : Ajustement à une loi de GUMBEL pour les deux stations DREAL

- Guiers à Belmont-Tramonet : ajustements statistiques réalisés par la CNR<sup>3</sup>.



Période de retour	CNR, 2010 - Ajustement de Gumbel des débits de crue mesurés de 1964 – 2010 (in MERLIN, 2015)*	Intervalle de confiance [non précisé]
Q2	163	
Q5	251	
Q10	310	
Q50	434	

Figure 10 : Ajustement à une loi de GUMBEL pour la station CNR

### CALAGE DES PARAMÈTRES DE MESRI

Le calage du modèle vise à ajuster les valeurs des paramètres de façon à obtenir le meilleur accord possible entre les résultats du modèle et les données observées. Le calage est effectué en

<sup>3</sup> La CNR enregistre la hauteur d'eau de cette station et travaille avec une courbe de tarage sur le profil ajustée en 2012 et validée jusqu'au débit 100 m³/s. Entre la station de mesure et l'amont du pont de Saint Genix-sur-Guiers, il n'y a pas d'apports majeurs. L'étude MERLIN, 2015 fournit l'ajustement de Gumbel des débits maximums annuels de 1964 à 2010. Nous avons récupéré de notre côté 27 années de 1990 à 2015 de débits horaires (et non instantané).

comparant, sur la base de critères choisis (à l'aide critère de Nash-Sutcliffe) et pour la période des hautes-eaux, les données de débits observées et les données obtenues par simulation en sortie du modèle.

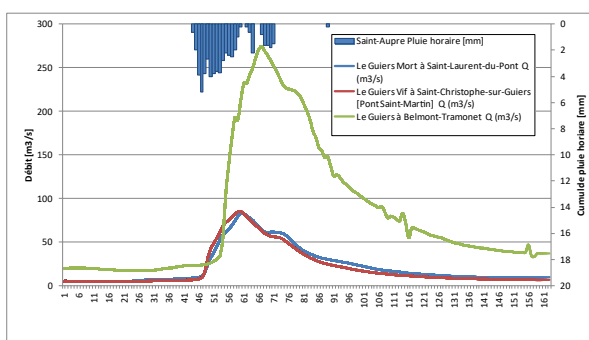
### SÉLECTION DES ÉVÉNEMENTS PLUIES/DÉBITS POUR LE CALAGE

Les événements de crues courants et caractéristiques du fonctionnement du bassin versant pour lesquels des données hydrométriques et pluviométriques concomitantes existent sur le bassin versant, sont sélectionnés.

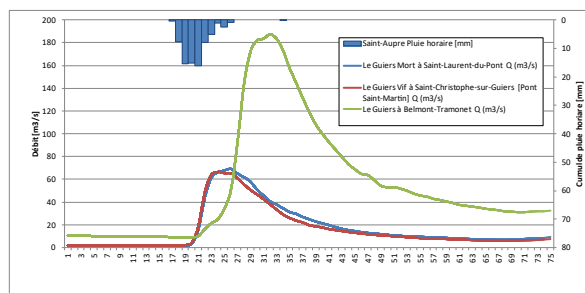
Au final, sur l'ensemble de toutes les crues remarquables du Guiers et de ses affluents, seuls XX événements sont disponibles après analyse de chaque événement de crue.

- Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin] : 4 événements de crue.
- Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont : 5 événements de crue..
- Le Guiers à Belmont-Tramonet : 6 événements de crue.

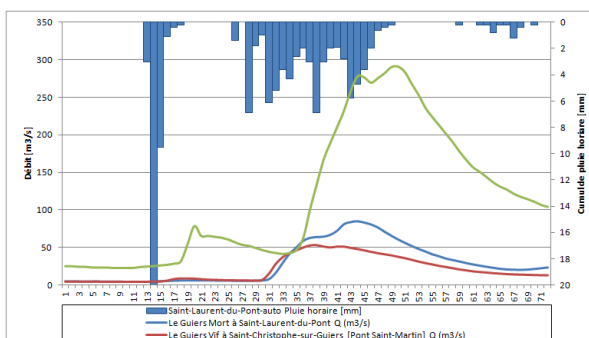
Les figures et le tableau page suivante présentent les caractéristiques des crues sélectionnées. Les hétéogrammes ne sont présentés que pour une seule station pour plus de lisibilité.



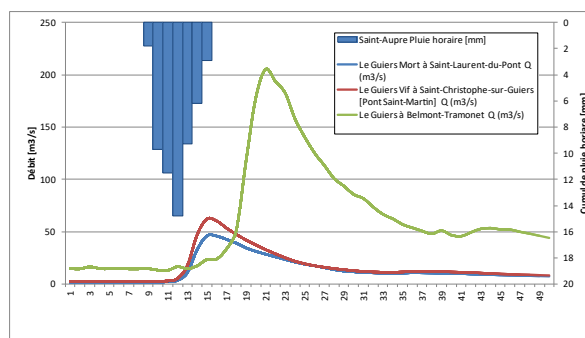
Crue d'Avril 2015



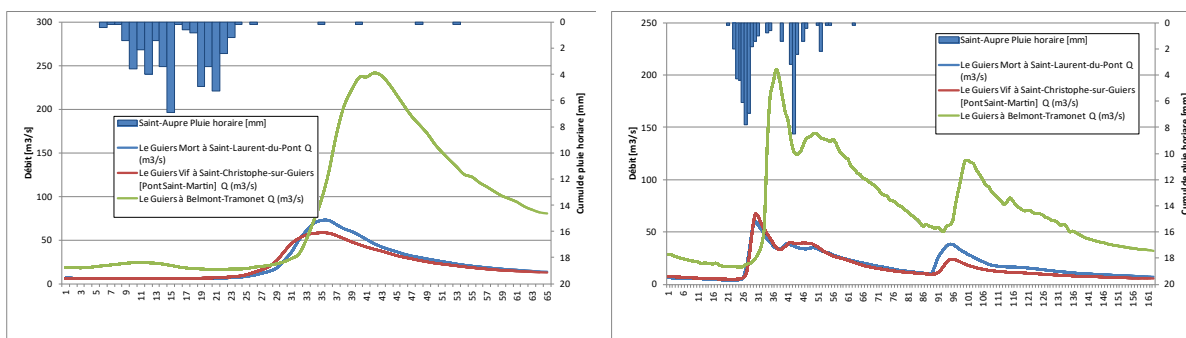
Crue de Juillet 2011



Crue de Juillet 2014



Crue de septembre 2015



Crue d'Avril 2016

Crue de Juin 2016

Figure 11 : Evènements pluies/débits choisis pour le calage du modèle

Tableau 3 : Evènements pluies/débits choisis pour le calage du modèle

Date de la crue	Q max [m³/s]	Temps de retour*	Commentaires sur les données de pluie horaire
<b>Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin]</b>			
13/09/2008	92,5	Q5 < QT < Q10	Seulement 3 stations disponibles
17/07/2011	68,5	Q2 < QT < Q5	pas de données sur St-Laurent du Pont
30/03/2015	85,7	Q5 < QT < Q10	
17/09/2015	62,4	Q2	
16/06/2016	69,8	Q2 < QT < Q5	
<b>Le Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont</b>			
13/09/2008	95,2	Q10 < QT < Q20	Seulement 3 stations disponibles
17/07/2011	70,6	Q2 < QT < Q5	pas de données sur St-Laurent du Pont
29/07/2014	86,5	Q5 < QT < Q10	pas de données sur St-Aupré
30/03/2015	84	Q5 < QT < Q10	
23/04/2016	73,9	Q2 < QT < Q5	
16/06/2016	62,1	Q2	
<b>Le Guiers à Belmont Tramonet</b>			
14/09/2008	263,677	Q5 < QT < Q10	3 stations avec données de pluie horaire
17/07/2011	187,182	Q2 < QT < Q5	pas de pluie sur St-Laurent du Pont
30/07/2014	291,11	Q5 < QT < Q10	pas de données sur St-Aupré
30/03/2015	274,601	Q5 < QT < Q10	
17/09/2015	205,082	Q2 < QT < Q5	
24/04/2016	242,014	Q2 < QT < Q5	
16/06/2016	204,962	Q2 < QT < Q5	

\* issues des ajustements statistiques

### **CONSTRUCTION D'UNE PLUIE SPATIALE**

La construction des pluies réelles pour chaque événement est réalisée à partir des pluviométries horaires locales (réseau METEOFRANCE et ROMMA) et d'une spatialisation de la donnée.

L'extrapolation des données pluviométriques ponctuelles a été réalisée par la méthode des polygones de Thiessen (pondération des données pluviométriques des différents postes par le rapport de la surface contrôlée par un poste pluviométrique dans le bassin versant sur la surface totale du sous bassin versant étudié). Cette méthode permet dans une certaine mesure, au vu de la répartition des postes, de tenir compte des différences de pluviométries entre le haut et le bas du bassin versant (et donc de l'effet orographique).

La figure page suivante présente le principe de construction de la pluie spatiale pour chaque événement.

### **CALCUL DES CHEMINEMENTS**

Dans un premier temps, le calcul des cheminements sur versant et en rivière sur les bassins versants est effectué par MESRI (carte 1 et 2) à partir du MNT. Le MNT pris en compte pour cette étude est d'une résolution de 75 mètres (BD Alti IGN©). Ces cartes des distances associées à des événements pluvieux permettent de calculer les hydrogrammes de crue (voir figure ci-après).

### **CALAGE DES PARAMÈTRES**

Comme vu précédemment, le modèle MESRI nécessite le calage de cinq paramètres. Seulement 4 de ces paramètres sont libres et à caler :

- P<sub>1</sub> : Paramètre de vitesse moyenne d'écoulement dans le réseau hydrographique,
- P<sub>3</sub> : Paramètre de production de surface,
- P<sub>4</sub> : Paramètre de production de subsurface.
- P<sub>5</sub> : Paramètre de récession de la courbe de tarissement.

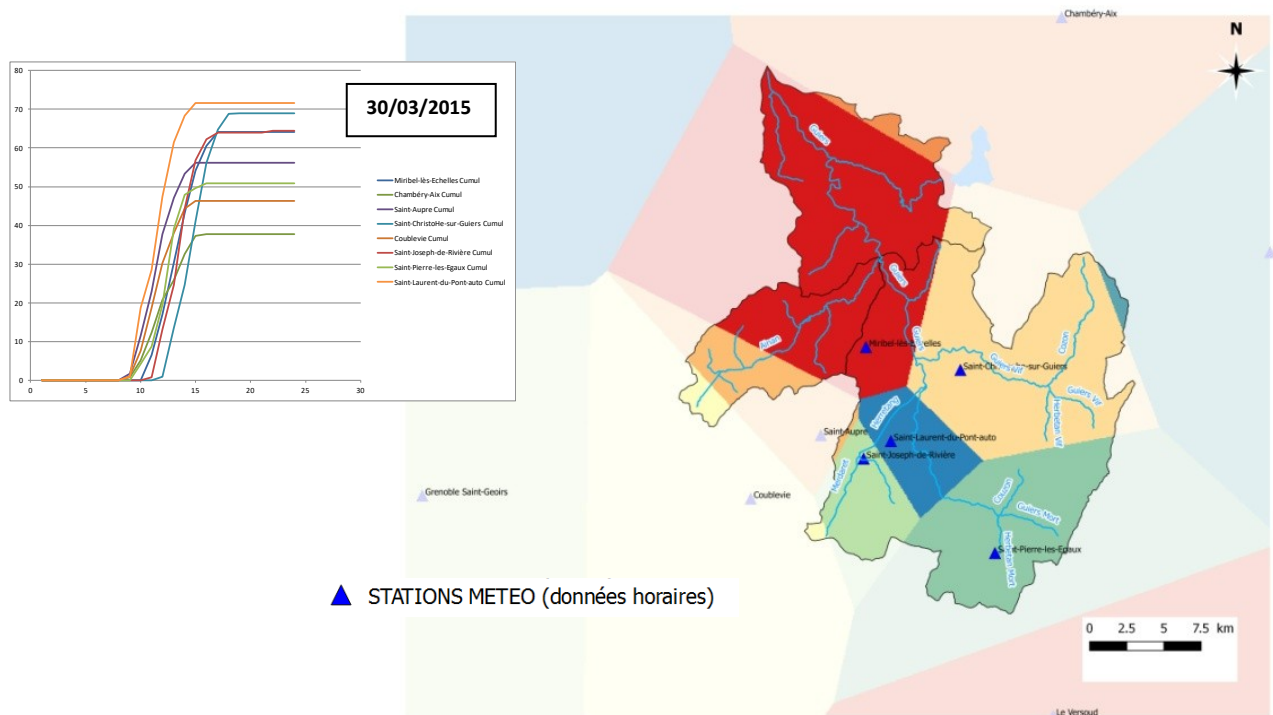


Figure 12 : Construction des pluies réelles à partir des pluviométries horaires (réseau METEOFRANCE + ROMMA) et des polygones de THIESSEN. Attention : pas le même découpage suivant les événements en fonction de la disponibilité des données !

Le paramètre P2 est fixé. Sa sensibilité étant moindre dans la modélisation MESRI, il est estimé en fonction des valeurs généralement appliquées sur les études de bassins versants en zone de montagne (la vitesse de sub-surface correspond au 1/10 de la vitesse réseau).

Les résultats du calage sont hétérogènes pour les différents événements simulés et les stations de références

Le choix s'est porté sur l'application de jeux de paramètres moyens par sous-bassin versant qui sous-estime globalement les débits de pointe et les volumes pour certains événements tandis qu'il les surestime pour d'autres. Ils sont représentatifs d'une station de référence ou d'une taille du bassin versant ou d'un type de crue (dont période de retour des crues).

A noter que les paramètres sont invariants quelle que soit la période de retour modélisée.



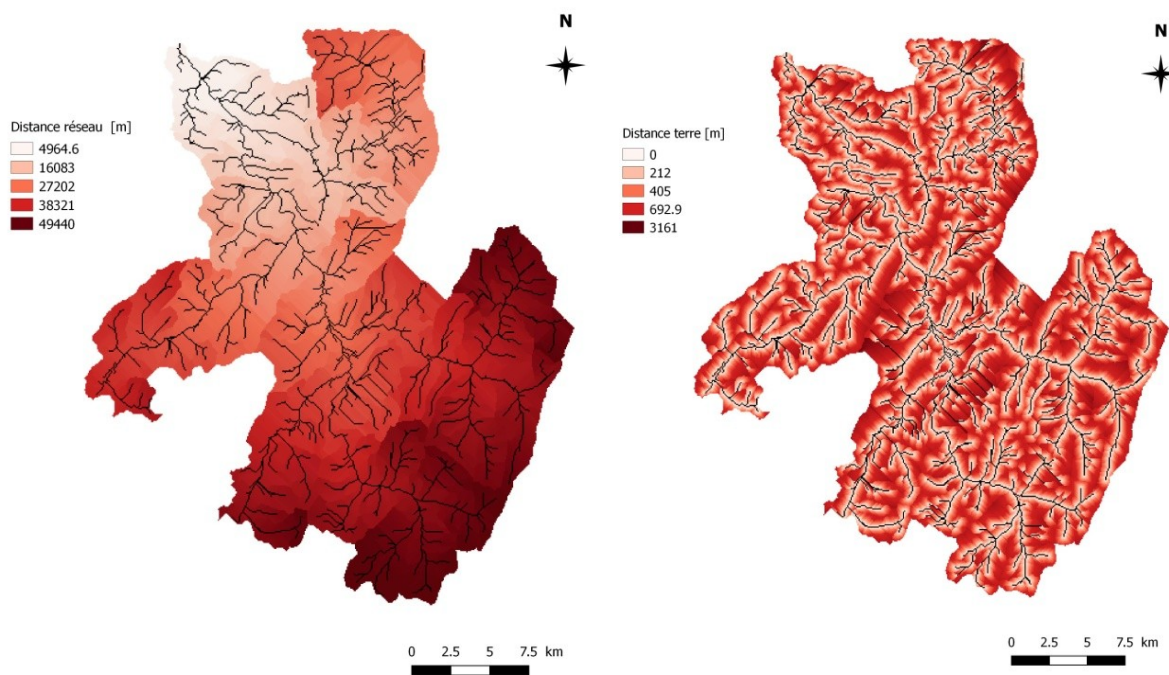


Figure 13 : Construction des distances dans le réseau hydrographique (gauche) et cartes des distances sur le versant (droite)

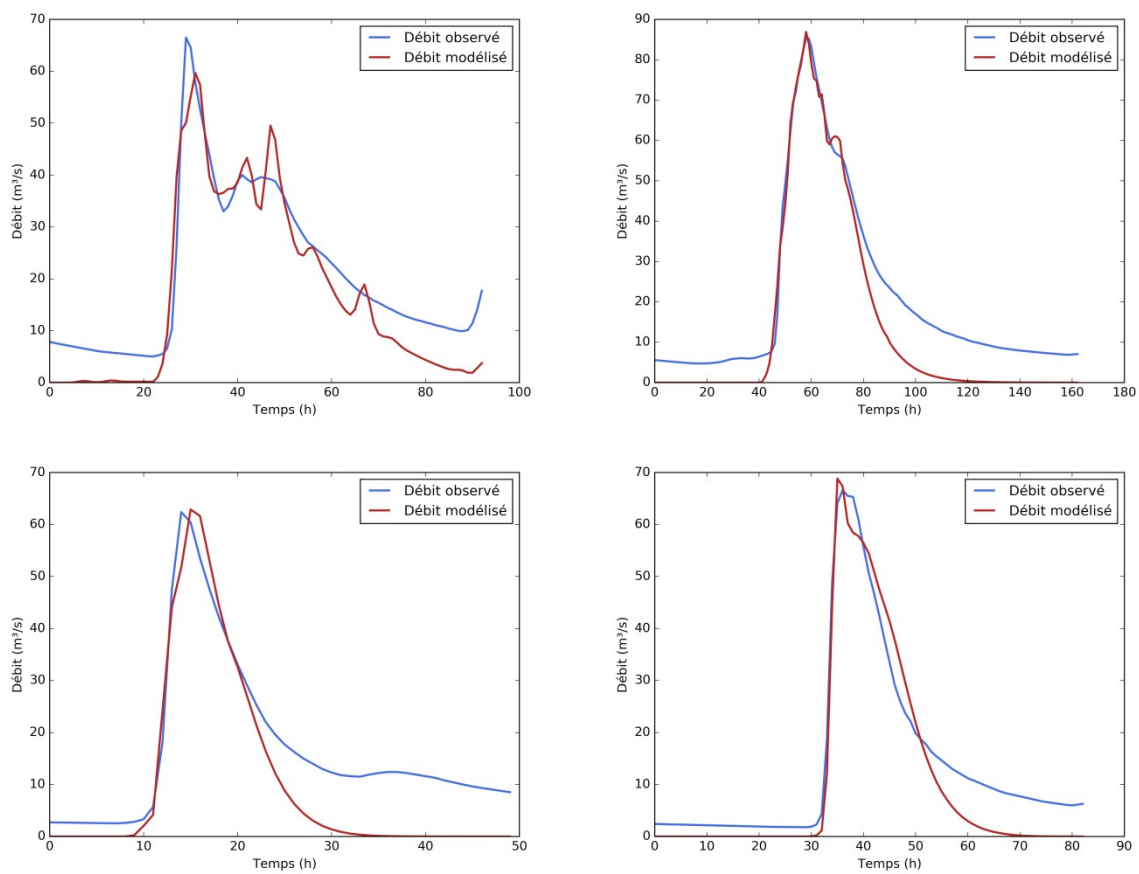


Figure 14 : Exemple de résultat de calage pour le Guiers Vif sur 4 crues

## MISE EN OEUVRE DU MODELE

Le modèle permet de générer les hydrogrammes représentatifs de la Q10 et Q100 qui seront injectés à l'amont des modèles hydrauliques de chacune des zones d'étude. Pour cela, il est dans un premiers temps nécessaire de discrétiser le bassin versant et de définir les points de calcul, de choisir les paramètres du modèle adéquates puis de construire des pluies de projets de temps retour 10 et 100 ans à partir des données SHYREG.

L'hypothèse est faite que les périodes de retour de la pluie de projet et du débit de pointe résultant sont identiques. Cette hypothèse n'est pas forcément vérifiée, compte tenu de certains phénomènes physiques difficilement quantifiables tels que la neige, le rôle des karsts ou encore la saturation initiale des sols.

### DISCRÉTISATION DU BASSIN VERSANT ET POINTS DE CALCUL

Pour la modélisation hydraulique, les débits doivent être estimés de 67 points de calcul sur l'ensemble du bassin versant étudié (voir figure). Les limites des sous-bassins et les surfaces MESRI calculées dans MESRI sont déduites du MNT 75 mètres et peuvent donc différer des limites/surfaces calculées par ailleurs.

### CHOIX DES PARAMÈTRES

Le jeu de paramètres utilisé diffère suivant la taille/position des sous bassins pris en compte (tête de bassin, bassin intermédiaire et grand bassin versant) afin de reproduire au mieux les débits.

Les jeux paramètres retenus pour les modélisations des débits Q10 et Q100 pour les différents points de calcul hydrologique sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Jeux de paramètres retenus pour les modélisations MESRI du Guiers et ses affluents

Secteur de cours d'eau	Station de référence	P1	P3	P4	P5
<b>Petit bassin versant</b>					
Cozon, Herbetan Mort et autres petits affluents de tête de bassin	Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont	3,5	8	0,075	8
Merdaret - Herretang					
Couzon, Herbetan Vif et autres petits affluents de tête de bassin					
Guiers Mort amont	Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont	3,5	7	0,06	8
Guiers Vif amont	Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers	4	10	0,055	9
<b>Grand bassin versant</b>					
Guiers Mort aval	Guiers Mort à	3,5	7	0,06	8
Guiers Vif aval	Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers	4	10	0,055	9
Guiers amont	Guiers Mort à Saint-Laurent-du-Pont	4	8	0,04	9
Guiers aval	Guiers à Belmont et paramètres GM et GV amont	1	9	0,08	4,5
Ainan*					

\*faute de données de calage sur l'Ainan, le jeu de paramètres utilisés pour le Guiers aval ont été utilisés. Les résultats n'ont par la suite pas été retenus pour l'étude de l'AZI.

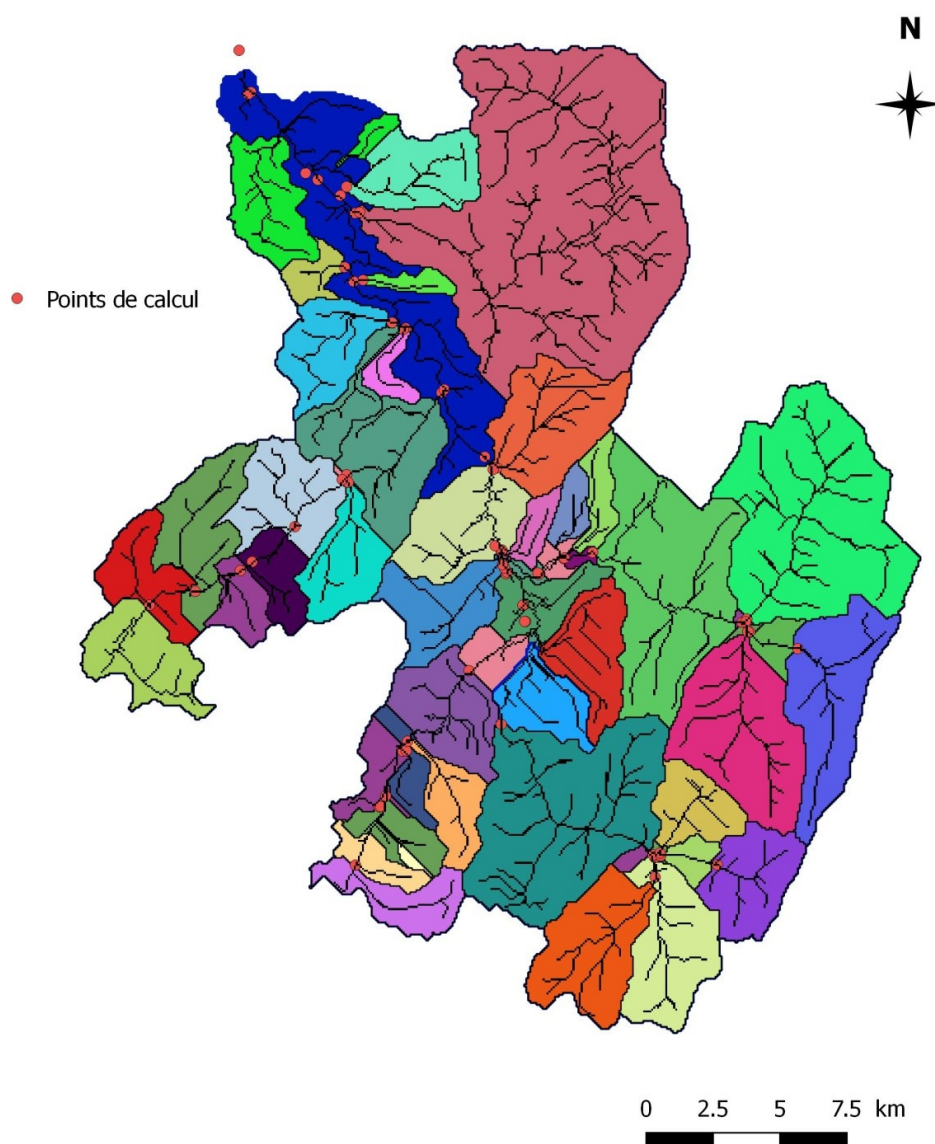


Figure 15 : Positionnement des nœuds de calcul hydrologique et des sous bassins versant intermédiaires

### CONSTRUCTION DE LA PLUIE DE PROJET

La modélisation pluie/débit nécessite la construction de pluies de projet. Le but est de produire des hyétogrammes de pluie représentatifs de la pluviométrie du bassin dont le cumul des précipitations est équivalent à la hauteur précipitée pour une période de retour donnée.

#### Pluies statistiques utilisées

Au vue de l'analyse des données pluviométriques précédentes, les pluies de projet sont construites sur la base des courbes Intensité-Durée-Fréquence identifiés à partir des statistiques SHYREG.

#### Durées de pluies utilisées

La durée retenue pour la pluie de projet est la durée critique pour le sous bassin versant considéré. Cette durée est souvent, mais pas toujours, égale au temps de concentration du bassin. La durée

critique de la pluie de projet P10 et P100 retenue pour le bassin versant du Guiers est de 24 h suite à une analyse de sensibilité réalisée par Merlin en 2015.

### Formes pour le hyétogramme

En dehors des pluies historiques ou observées, trois principaux profils de pluies de projet sont généralement utilisés : pluie bloc, pluie « triangle » ou double triangle. Dans le cas du bassin versant du Guiers, une pluie « triangle » est adoptée.

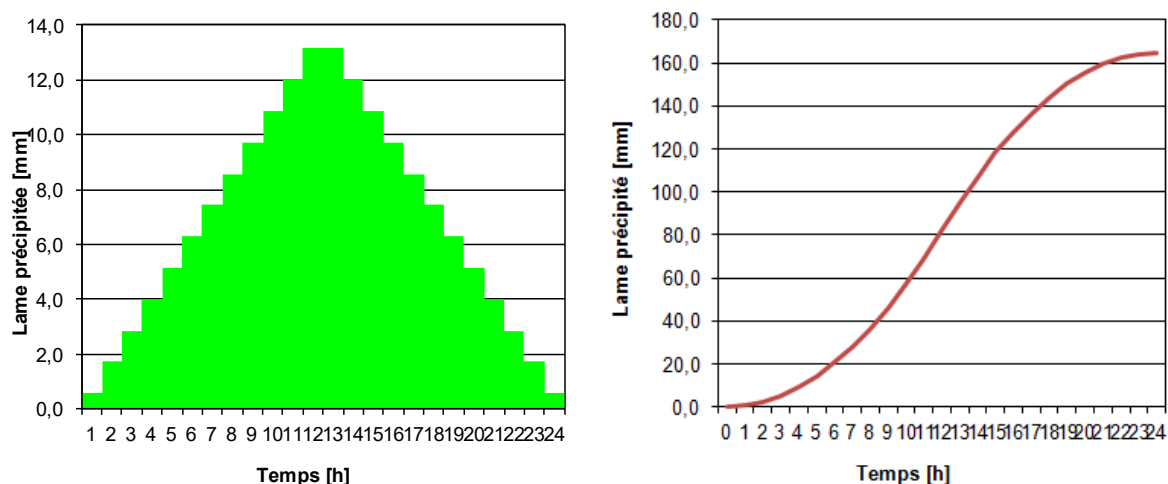


Figure 16 : Exemple de pluie triangle modélisée (P100)

### Pluies spatialisées

Comme pour les pluies historiques, les données des 11 pixels SHYREG sont extrapolées sur l'ensemble du bassin versant par la méthode des polygones de Thiessen.

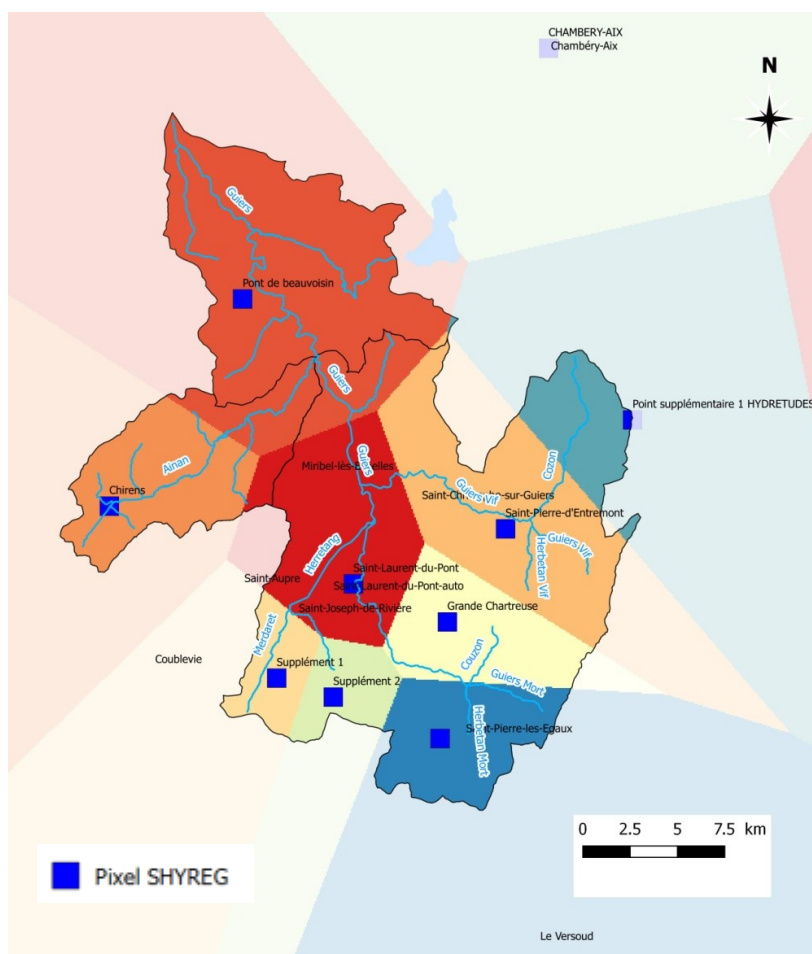


Figure 17 : Construction des pluies de projet à partir des statistiques des 11 pixels SHYREG et des polygones de THIESSEN

## RÉSULTATS

Les résultats sont présentés ci-dessous. Une comparaison avec les études antérieures est présentée par la suite.

### DÉBIT DE POINTE DE LA CRUE DE RÉFÉRENCE

Tableau 5 : Résultats obtenus avec le modèle MESRI (HYDRETTUES) sur le Guiers amont (territoire n°1)

Rivière	Localisation	Surface [km <sup>2</sup> ]	Q10 [m <sup>3</sup> /s]	Q100 [m <sup>3</sup> /s]	Q100/Q10	Débit spécifique Q10 [m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ]	Débit spécifique Q100 [m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ]
<b>Guiers Mort amont - Secteur de Saint-Pierre de Chartreuse - La Diat</b>							
Couzon	Saint pierre de chartreuse	7,7	10,6	16,1	1,5	1,4	2,1
Guiers Mort	Saint pierre de chartreuse	13,8	18,4	28,0	1,5	1,3	2,0
Herbetan Mort	Saint pierre de chartreuse	32,0	40,3	61,7	1,5	1,3	1,9
Guiers Mort	Saint pierre de chartreuse aval	54,6	70,6	107,9	1,5	1,3	2,0
<b>Guiers Mort aval : Secteur de Saint-Laurent du Pont - Entre Deux Guiers</b>							
Guiers Mort	Saint Laurent du pont (Station HYDRO avec surface MESRI)	95,0	100,7	153,6	1,5	1,1	1,6

Guiers Mort	Guiers Mort Amont Merdaret-Herretang	103,1	107,6	163,7	1,5	1,0	1,6
Guiers Mort	Entre deux Guiers	170,9	169,0	255,9	1,5	1,0	1,5
<b>Merdaret-Herretang</b>							
Saint Joseph	Chorolant amont confluence	6,8	8,6	13,0	1,5	1,3	1,9
Merdaret	Merdaret Pont de Demay	17,2	21,0	32,0	1,5	1,2	1,9
Merdaret-Herretang	Saint Joseph (aval Chorolant)	32,6	39,2	59,6	1,5	1,2	1,8
Herretang	Merdaret-Herretang (Vilette)	45,4	52,2	78,8	1,5	1,1	1,7
Herretang	Confluent Guiers Mort	49,3	56,2	84,6	1,5	1,1	1,7
<b>Guiers Vif amont - Secteur de Saint-Pierre d'Entremont - Bourg</b>							
Guiers Vif	Guiers Vif amont Herbetant Vif	22,4	25,7	38,4	1,5	1,1	1,7
Herbetant vif	Saint pierre d'Entremont	24,1	30,2	45,4	1,5	1,3	1,9
Cozon	Saint pierre d'entremont	45,5	51,7	78,3	1,5	1,1	1,7
Guiers Vif	Saint Pierre d'Entremont amont	46,9	56,4	84,6	1,5	1,2	1,8
Guiers Vif	Saint pierre d'entremont aval	92,6	108,4	163,4	1,5	1,2	1,8
<b>Guiers Vif - Secteur Saint Christophe sur Guiers - Les Echelles</b>							
Guiers Vif	Saint Christophe sur Guiers (Surface MERSRI)	127,4	124,9	187,7	1,5	1,0	1,5
Guiers Vif	Guiers Vif Amont confluence	137,4	134,5	201,9	1,5	1,0	1,5
<b>Guiers - Secteur Les Echelles</b>							
Guiers	Guiers aval confluence	319,6	235,5	355,0	1,5	0,7	1,1

Tableau 6 : Résultats obtenus avec le modèle MESRI (HYDRETTUES) sur l'Ainan (territoire n°2)

Rivière	Localisation	Surface	Q10 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q100/Q10	Débit spécifique Q10 [m3/s/km²]	Débit spécifique Q100 [m3/s/km²]
<b>Ainan</b>							
Ainan	Ainan amont Touvat (Vieux moulin)	11,55	10,4	14,8	1,43	0,9	1,3
Ainan	Ainan amont Frediere	20,53	18,3	26,1	1,43	0,9	1,3
Ainan	Ainan amont Matton	33,98	30,4	43,3	1,43	0,9	1,3
Ainan	Ainan Crozarieu (Cote d'Ainan)	38,75	34,6	49,3	1,43	0,9	1,3
Ainan	Ainan amont St-Geoire	44,72	40,0	57,0	1,43	0,9	1,3
Ainan	Ainan amont Aigueblanche	57,38	51,1	72,8	1,42	0,9	1,3
Ainan	Ainan aval Aigueblanche	67,43	60,5	86,3	1,43	0,9	1,3
Ainan	Ainan exutoire	73,84	65,4	93,2	1,42	0,9	1,3

Tableau 7 : Résultats obtenus avec le modèle MESRI (HYDRETUDES) sur le Guiers aval (territoire n°3)

Rivière	Localisation	Surface [km²]	Q10 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q100/Q10	Débit spécifique Q10 [m3/s/km²]	Débit spécifique Q100 [m3/s/km²]
Guiers	Guiers aval Ainan	442,6	259,7	386,3	1,5	0,6	0,9
Guiers	Guiers amont Beauchiffray	446,0	261,2	388,3	1,5	0,6	0,9
Guiers	Guiers amont Putarle (Pont de Beauvoisin)	476,5	274,8	407,5	1,5	0,6	0,9
Guiers	Guiers amont Tier	483,3	277,9	411,9	1,5	0,6	0,9
Guiers	Guiers amont Paluel	584,5	320,0	469,3	1,5	0,5	0,8
Guiers	Guiers Station HYDRO Belmont-Tramonet	599,8	326,5	478,5	1,5	0,5	0,8
Guiers	Guiersamont Guindan (St Genix)	603,3	327,6	480,2	1,5	0,5	0,8
Guiers	exutoire	622,3	335,8	491,5	1,5	0,5	0,8

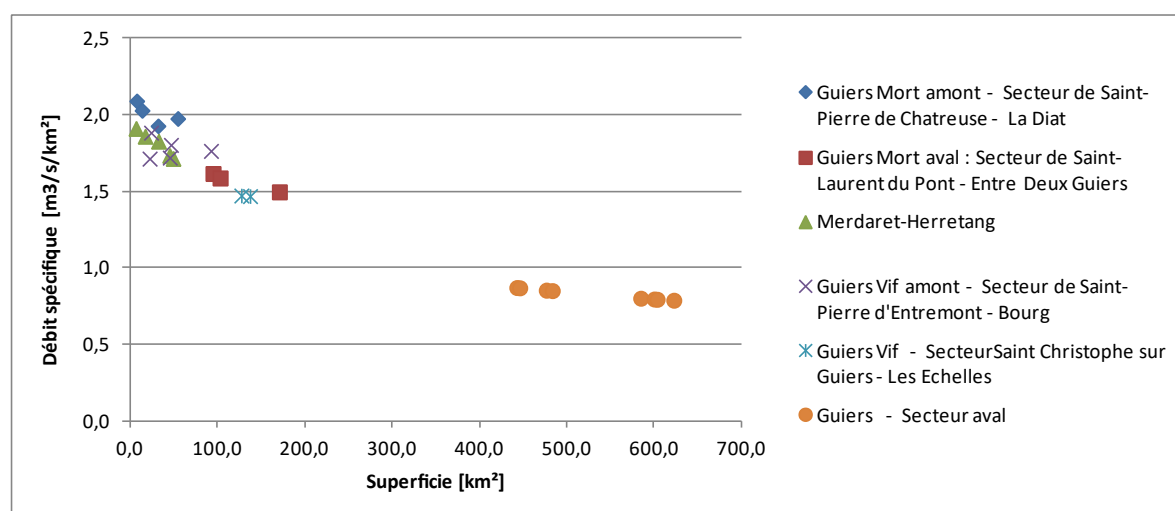


Figure 18 - Evolution des débits spécifiques avec la taille du bassin versant - résultats du modèle MESRI

### HYDROGRAMMES CARACTÉRISTIQUES

Pour les bassins versant du Guiers amont et de l'Ainan (territoire n°1), les hydrogrammes sont caractérisés par un temps de montée entre 18 et 20 h et une durée total d'environ 45h. L'hydrogramme obtenu sur l'Ainan (territoire n°2), présente une montée de crue de 20h et une décrue très rapide. A l'aval (territoire n°3), les hydrogrammes sont caractérisés par un temps de montée de 24h et une durée total d'environ 60h.

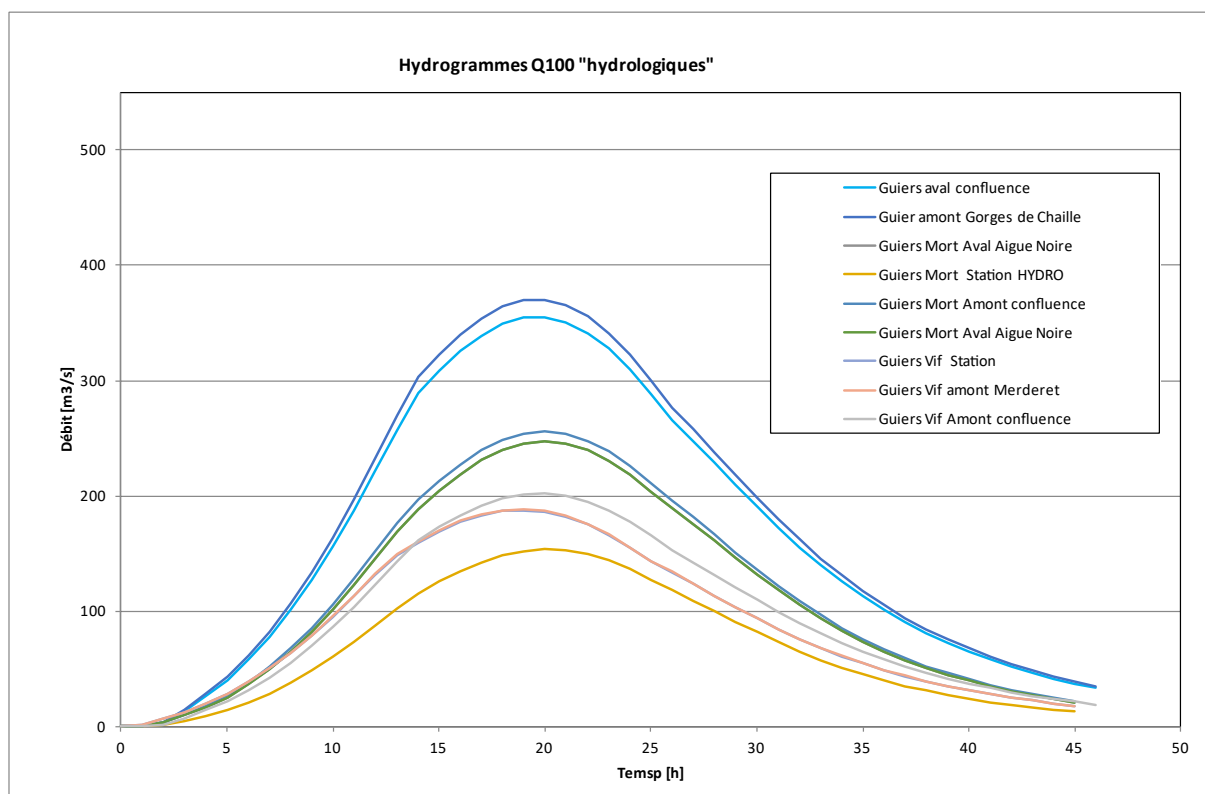


Figure 19 - Hydrogrammes Q100 du Guiers Vif, Guiers Mort et Guiers amont (territoire n°1)

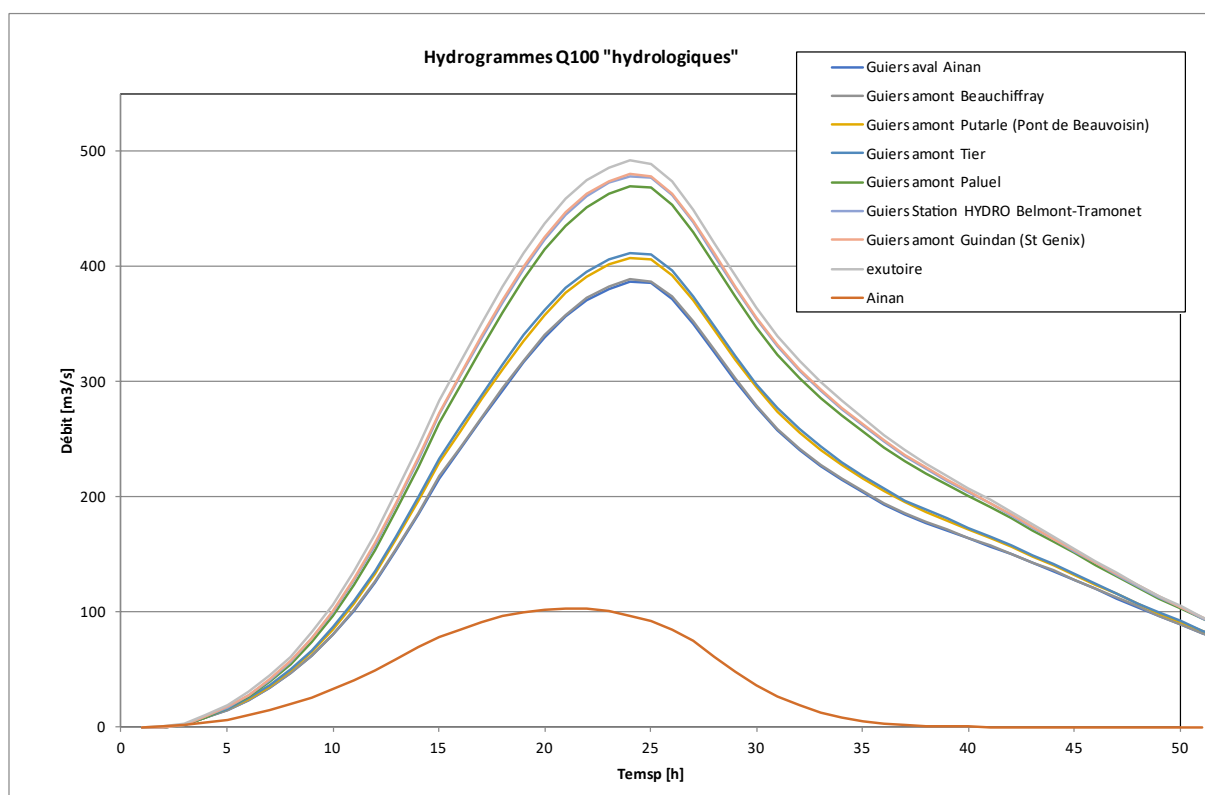


Figure 20 - Hydrogrammes Q100 du Guiers aval (territoire n°3)



## COMPARAISON DES DÉBITS CARACTÉRISTIQUES AVEC LES ÉTUDES ANTÉRIEURES

### DONNÉES EXISTANTES

Outre les données issues de l'ajustement DREAL et CNR aux stations de références, les données existantes sont issues de différentes études :

- Schéma de restauration des cours d'eau du bassin versant du Guiers - **SIEE (1996)** ;
- Etude hydraulique du franchissement du Guiers – TGV Lyon Turin - **SILENE (1996)**. Cette étude hydraulique préalable au dimensionnement du franchissement de la ligne ferroviaire Lyon-Turin élaborée par SILENE en 1996 fournit les débits de crue qui ont servi de référence à RFF pour le dimensionnement de l'ouverture et du tirant d'air de l'ouvrage sur le Guiers.
- Atlas des zones inondables du Guiers – **Alp'Georisques (2004)**. Préalablement à la réalisation de l'Atlas des zones inondables du Guiers en 2004, le cabinet Alp'Géorisques a réalisé une étude hydrologique complète du bassin versant du Guiers.
- Schéma morphoécologique des cours d'eau du bassin versant- **BURGEAP (2010)**. Dans le cadre de la Phase 1 de cette étude "Etat des lieux et diagnostic multicritère". BURGEAP a réalisé pour le SIAGA une synthèse des études antérieures et proposé de nouvelles estimations de débits à partir de ces propres investigations.
- Concomitance et impacts des affluents sur le Rhône - **EGIS (2011)**.
- Etude hydrologique pour le SIAGA réalisée par MERLIN sur l'ensemble du bassin versant du Guiers (**MERLIN, 2015**).

Pour rappel, les méthodes et les données utilisées sont très variables d'une étude à une autre.

### RÉSULTATS AUX STATIONS DE RÉFÉRENCE

Les résultats aux stations de référence (en terme de débits de pointes Qp) sont comparés aux autres principales autres études du secteur dans le tableau suivant. Le cas particulier de l'Ainan est traité par ailleurs faute de longue série de débits sur ce bassin.

Tableau 8 : Synthèse des estimations des débits instantanés de crue du Guiers aux 3 stations de références

Surface	Source	Date	Q10 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q100/ Q10	Q100 spécifique [m3/s/km²]
<b>Le Guiers Mort à Saint Laurent du pont (Station HYDRO -DREAL)</b>						
89	SIEE	1996	75	132	1,76	1,5
89	SILENE	1996	80	148	1,85	1,7
89	SOGREAH	1996	67	118	1,76	1,3
89	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	90,3	148,2	1,64	1,7
89	SOGREAH	2005	87	203	2,33	2,3
94,8	BURGEAP	2010	90	182	2,02	1,9
<b>89</b>	<b>DIREN/DREAL (Banque Hydro)</b>	<b>2017</b>	<b>93,4</b>	-	-	-
95	HYDRETTUES	2017	100,7	153,6	1,5	1,6
89	HYDRETTUES	2017	94,3*	143,9*	1,5	1,6
<b>Le Guiers Vif à Saint Christophe sur Guiers (Station HYDRO -DREAL)</b>						
114	SIEE	1996	96	174	1,81	1,5
114	SILENE	1996	115	212	1,84	1,9
117,8	Alp'Georisques	2004	124	188,6	1,52	1,6
112,8	BURGEAP	2010	110	206	1,87	1,8
<b>114</b>	<b>DIREN/DREAL (Banque Hydro)</b>	<b>2017</b>	<b>101</b>	-	-	-
<b>127,4</b>	HYDRETTUES	2017	<b>124,9</b>	<b>187,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>

114	HYDRETTUES	2017	111,8*	168,0*	1,5	1,6
<b>Le Guiers à Belmont Tramonet</b>						
589,2	BURGEAP	2010	270	510	1,9	0,9
<b>585</b>	<b>CNR (Banque Hydro)</b>	<b>2010</b>	<b>310</b>	-	-	-
568	EGIS	2011	360	-	-	-
585	Cabinet MERLIN	2015	297	468	1,6	0,8
599,8	HYDRETTUES	2017	326,5	478,5	1,5	0,8
586	HYDRETTUES	2017	319,0*	467,5*	1,5	1,6

\*ramenée à la surface réelle à la station

### Débits décennaux Q<sub>10</sub>

Quelque soit la station de référence prise en compte, les écarts d'estimations des débits de crue Q<sub>10</sub> sont faibles suivant les études et les méthodes utilisées. Pour cette gamme de débit, les chroniques de débits sont significatives et les valeurs proposées aux stations DREAL et CNR sont fiables. Les débits de pointes Q<sub>10</sub> obtenus par le modèle MESRI sont validés pour les territoires n°1 et n°3.

### Débits centennaux Q<sub>100</sub>

La confiance à accorder aux différentes méthodes pour estimer les débits extrêmes est plus faible. En effet, au delà de la période de retour 50 ans, une forte variabilité de comportement asymptotique, suivant la diversité de régime hydrologique (crue pluviale, nivale, mixte) et de bassin versant (capacité de rétention, superficie) est observé dans la littérature<sup>4</sup>.

Les débits de pointe Q<sub>100</sub> estimés par MESRI sont dans le même intervalle d'estimation des débits que les autres études qui utilisent différentes approches et données excepté pour :

- les estimations de SOGREAH (1996 et 2005) anormalement hautes ou basses pour le Guiers Mort,
- l'estimation de SILENE (1996) pour le Guiers Vif,
- et l'estimation BURGEAP (2010) pour le Guiers.

La confrontation des différentes approches mises en œuvre montre un recoupement des estimations de crues Q<sub>100</sub> pour les bassins versants du Guiers, du Guiers Vif et du Guiers Mort. Les débits de pointes Q<sub>100</sub> obtenus par le modèle MESRI sont validés pour les territoires n°1 et n°3.

### Rapport Q<sub>10</sub>/Q<sub>100</sub>

Le rapport entre le débit de pointe Q<sub>100</sub>/Q<sub>10</sub> est d'environ 1.5 pour le modèle MESRI. Il est un peu plus faible que pour les autres études mais vraisemblable. Ce rapport provient du rapport P<sub>100</sub>/P<sub>10</sub> des pluies spatiales estimées pour chaque point de calcul (qui est aussi au environ de 1.5).

### **RÉSULTATS POUR LES AUTRES BASSIN VERSANTS**

Les résultats sont dans la même gamme que les données des études antérieures avec des disparités plus ou moins importantes suivant la position des sous-bassins versants (**problématique de la transposition spatiale inhérentes à toutes méthodes**). Les incertitudes sur les petits bassins versants non jaugés ou manquant de données hydrométriques sont plus importantes faute de calage au cas par cas (pas de station). Pour rappel, les méthodes et les données utilisées sont très variables d'une étude à une autre. Il y a aussi des incohérences de surface de bassin versant et de débit qui peuvent être notées.

<sup>4</sup> Rapport V « Domaines d'application des méthodes de prédétermination des pluies et crues extrêmes » du projet " Prédétermination des valeurs extrêmes de pluies et de crues (EXTRAFLO)" - mars 2013.

Tableau 9 : Synthèse des estimations des débits instantanés de crue du Guiers Mort amont : Secteur de Saint pierre de chartreuse

Rivière	Localisation	Surface	Source	Date	Q10 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q100/ Q10	Q100 spécifique [m3/s/km²]
Couzon	Saint pierre de chartreuse	8	SIEE	1996	11	20	1,8	2,5
		8	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	12,6	17	1,3	2,1
		7,6	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	13,5	24	1,8	3,2
		7,7	<b>HYDRETUDES</b>	<b>2017</b>	<b>10,6</b>	<b>16,1</b>	<b>1,5</b>	<b>2,1</b>
Guiers Mort	Saint pierre de chartreuse	14	SIEE	1996	20	34	1,7	2,4
		14,1	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	23,1	32,6	1,4	2,3
		14,1	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	22	40	1,8	2,8
		13,8	<b>HYDRETUDES</b>	<b>2017</b>	<b>18,4</b>	<b>28,0</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>
Herbetan Mort	Saint pierre de chartreuse	33	SIEE	1996	35	61	1,7	1,8
		31,5	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	42,1	62,8	1,5	2,0
		32,3	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	41	72	1,8	2,2
		32,0	<b>HYDRETUDES</b>	<b>2021</b>	<b>40,3</b>	<b>61,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>
Guiers Mort	Saint pierre de chartreuse aval	57	SIEE	1996	54	95	1,8	1,7
		52,1	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	60,8	94,5	1,6	1,8
		54,1	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	61	118	1,9	2,2
		54,6	<b>HYDRETUDES</b>	<b>2023</b>	<b>70,6</b>	<b>107,9</b>	<b>1,5</b>	<b>2,0</b>

Tableau 10 : Synthèse des estimations des débits instantanés de crue du Guiers Mort aval : Secteur de Saint Laurent du pont - Entre Deux Guiers

Rivière	Localisation	Surface	Source	Date	Q10 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q100/Q10	Q100 spécifique [m3/s/km²]
Guiers Mort	Saint-Laurent du Pont (Aval Aiguenoire)	105,6	ARTELIA	2014	-	220,0	-	2,1
Guiers Mort	Saint Laurent du pont (à l'amont immédiat de la confluence avec l'Herretang)	103,0	Cabinet MERLIN (AVP)	2015	-	168,0	-	1,6
		<b>103,1</b>	<b>HYDRETTUES</b>	<b>2017</b>	<b>107,6</b>	<b>163,7</b>	<b>1,52</b>	<b>1,6</b>
Guiers Mort	Entre deux Guiers	173,0	SIEE	1996	131,0	239,0	1,82	1,4
		173,0	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	119,5	204,9	1,71	1,2
		171,0	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	120,0	230,0	1,92	1,3
		172,4	ARTELIA	2014	-	317,0		1,8
		<b>170,9</b>	<b>HYDRETTUES</b>	<b>2017</b>	<b>169,0</b>	<b>255,9</b>	<b>1,51</b>	<b>1,5</b>

Tableau 11 : Synthèse des estimations des débits instantanés de crue du Merdaret-Herretang

Rivière	Localisation	Surface	Source	Date	Q10 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q100/Q10	Q100 spécifique [m3/s/km²]
Merdaret	Merdaret Pont de Demay	17,2	HYDRETTUES	2017	21,0	32,0	1,53	1,9
	Saint Joseph	20,0	Cabinet MERLIN	2015	23,0			
	Saint Joseph	20,0	Cabinet MERLIN	2015	20,0	40,0	2,00	2,0
	Saint Joseph	20,0	Cabinet MERLIN	2012	15,7			
	Merdaret-Herretang amont Chorolant	21,8	HYDRETTUES	2017	26,3	40,0	1,52	1,8
	Saint Joseph (amont Chorolant)	22,7	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	26,0	55,0	2,12	2,4
Merdaret	Saint Joseph	26,0	SIEE	1996	21,0	37,0	1,76	1,4
Merdaret-Herretang	Saint Joseph (aval Chorolant)	31,4	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	33,0	68,0	2,06	2,2
		32,6	HYDRETTUES	2017	39,2	59,6	1,52	1,8
		33,0	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	28,0	42,7	1,53	1,3
		33,0	SIEE	1996	26,0	46,0	1,77	1,4
		33,4	ARTELIA	2014		78,0		2,3
Herretang	Herretang Aval	42,2	ARTELIA	2014		92,0		2,2
	Canal de l'Herretang (+injection latérales)	45,0	Cabinet MERLIN	2015		75,0		1,7
	Merdaret-Herretang (Vilette)	45,4	HYDRETTUES	2017	52,2	78,8	1,51	1,7

Herretang	Confluent Guiers Mort	48,7	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	35,0	70,0	2,00	1,4
		49,3	HYDRETTUES	2017	56,2	84,6	1,51	1,7
		50,0	SIEE	1996	25,0	35,0	1,40	0,7
		55,0	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	37,4	59,0	1,58	1,1

Tableau 12 : Synthèse des estimations des débits instantanés de crue du Guiers Vif

Rivière	Localisation	Surface	Source	Date	Q10 [m3/s]	Q100 [m3/s]	Q100/Q10	Q100 spécifique [m3/s/km²]
Guiers Vif	Guiers Vif amont Herbetant Vif	22,0	SIEE	1996	25,0	46,0	1,84	2,1
		23,0	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	37,9	51,3	1,35	2,2
		21,9	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	31,0	60,0	1,94	2,7
		22,4	HYDRETTUES	2017	25,7	38,4	1,50	1,7
Herbetant vif	Saint pierre d'Entremont	25,0	SIEE	1996	28,0	51,0	1,82	2,0
		24,5	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	43,2	58,3	1,35	2,4
		23,6	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	30,0	55,0	1,83	2,3
		24,1	HYDRETTUES	2017	30,2	45,4	1,50	1,9
Cozon	Saint pierre d'entremont	41,0	SIEE	1996	42,0	75,0	1,79	1,8
		44,1	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	60,4	85,3	1,41	1,9
		40,0	HYDRATEC	2006	38,0	69,0	1,82	1,7
		40,7	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	45,0	90,0	2,00	2,2
		45,5	HYDRETTUES	2017	51,7	78,3	1,51	1,7
Guiers Vif	Saint Pierre d'Entremont amont	47,0	HYDRATEC	2006	44,0	80,0	1,82	1,7
		46,9	HYDRETTUES	2017	56,4	84,6	1,50	1,8
Guiers Vif	Saint pierre d'Entremont aval	88,0	SIEE	1996	76,0	139,0	1,83	1,6
		91,6	Alp'Georisques Atlas des ZI	2004	105,0	156,2	1,49	1,7
		87,0	HYDRATEC	2006	82,0	149,0	1,82	1,7
		86,7	BURGEAP	2010	92,0	176,0	1,91	2,0

			Schéma morphoécologique					
Guiers Vif	Saint Christophe sur Guiers (Surface MERSRI)	92,6	HYDRETTUES	2017	108,4	163,4	1,51	1,8
		<b>127,4</b>	<b>HYDRETTUES</b>	<b>2017</b>	<b>124,9</b>	<b>187,7</b>	<b>1,50</b>	<b>1,5</b>
Guiers Vif	Les échelles	126,0	SIEE	1996	102,0	185,0	1,81	1,5
Guiers Vif	Les échelles	127,0	BURGEAP Schéma morphoécologique	2010	120,0	223,0	1,86	1,8
Guiers Vif	Guiers Vif Amont confluence	135,9	Alp'Georiques Atlas des ZI	2004	131,0	202,3	1,54	1,5
		137,4	HYDRETTUES	2017	134,5	201,9	1,50	1,5

La comparaison avec les hydrogrammes issus des études MERLIN (2015) montrent une concordance dans la forme de la crue de projet MESRI (issues d'une pluie de 24 h pour les deux études).

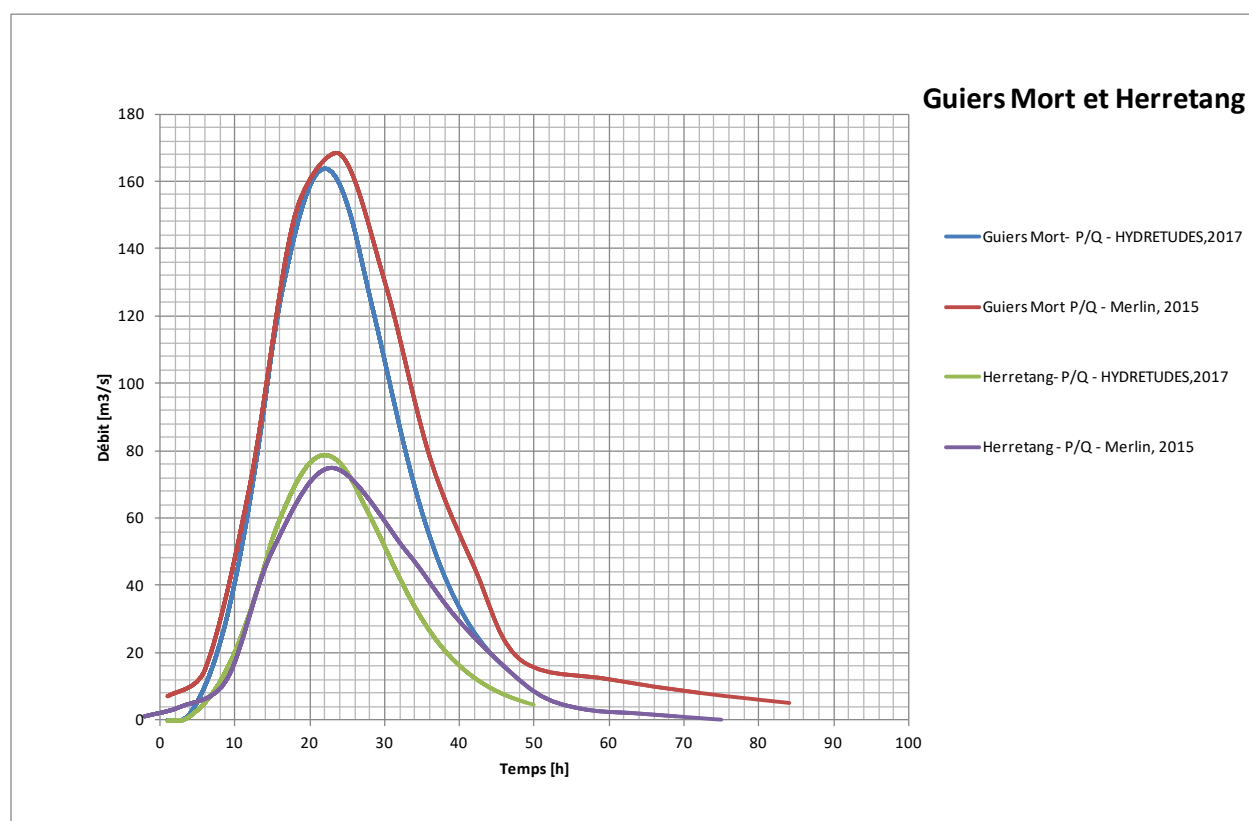


Figure 21 : Comparaison des hydrogrammes Merlin et Hydretudes pour le Guiers mort et l'Herretang

Pour le Guiers aval, les hydrogrammes obtenus par MESRI montrent une forme similaire à celui en double triangle de l'étude Alp'Georiques (2015) inspiré de l'étude Plan-Rhône « Concomitance et impacts des affluents sur le Rhône » - janvier 2013) et à celui de MERLIN (2015) avec un temps de montée d'environ 24h et une durée total d'environ 60h.

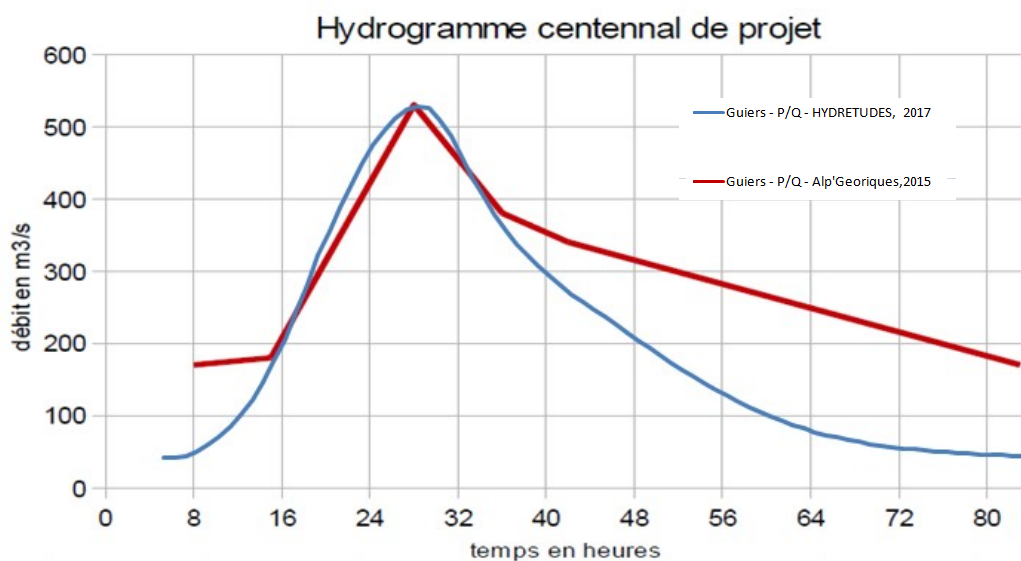


Figure 22 : Comparaison des hydrogrammes Alp'Georiques et Hydretudes pour le Guiers

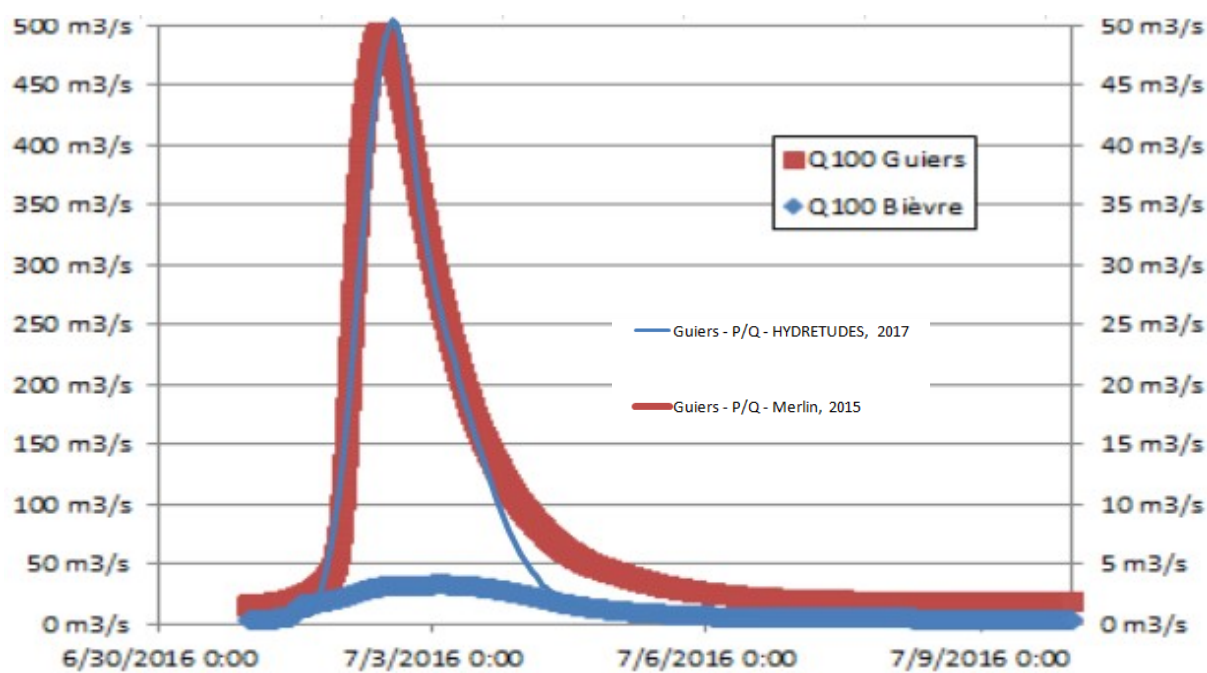


Figure 23 : Comparaison des hydrogrammes Merlin et Hydretudes pour le Guiers

## ANNEXE 7. MODÉLISATION HYDRAULIQUE 1D/2D

Le premier objectif de la modélisation hydraulique 1D/2D est la description de la phase liquide pour l'aléa inondation sur le secteur concerné. La modélisation hydraulique 1D/2D permet en effet de simuler pour la crue de référence les multiples scénarios nécessaires à la qualification de l'aléa inondation : débordements des cours d'eau, embâcles, ruines, rupture et effacement de digues.

Dans un deuxième temps, les résultats hydrauliques 1D permettent d'obtenir l'ensemble des caractéristiques hydrauliques nécessaires à l'étude du transport solide et donc à une description quantitative de la capacité du transport solide dans le cours d'eau..

### GÉNÉRALITÉS

Il ne faut pas confondre le modèle spécifique d'une rivière avec l'outil de modélisation qui permet de le construire. Entre les deux, la capacité de l'ingénieur hydraulicien à reproduire, grâce au logiciel, la configuration de la rivière entre en jeu. Son expertise peut jouer sur différents paramètres, à savoir :

- positionnement des profils en travers,
- choix des coefficients de rugosité dans chaque profil en travers,
- positionnement des ouvrages (ponts, seuils) et choix des paramètres de calage à affecter à ces ouvrages,
- configuration à adopter pour reproduire au mieux les situations complexes telles que les confluences, les diffluences, les débordements sur lit majeur...

L'acuité du modélisateur et sa connaissance de l'hydraulique à surface libre et de son outil ont finalement plus d'importance que l'outil lui-même, dès lors que ce dernier est validé depuis de nombreuses années par une communauté d'utilisateurs internationale.

Le diagnostic hydraulique de l'état actuel réalisé par HYDRETUDES est basé sur une modélisation hydraulique 1D/2D avec le logiciel Infoworks/ICM en **régime transitoire** (c'est-à-dire en injectant un hydrogramme qui évolue dans le temps). Cela permet notamment d'évaluer les durées de submersion, ce que ne permet pas le régime uniforme). Les secteurs de plaines (même sans enjeux) sont pris en compte du fait de l'effet d'amortissement de la crue qui peut être important, et atténuer les débordements plus en aval (aspect « ralentissement dynamique »).

### DONNÉES D'ENTRÉE

#### Hydrogrammes de référence et couplage du modèle hydrologique et hydraulique

Le modèle hydrologique fournit des **hydrogrammes "hydrologiques"** pour les crues Q100 à différents **points d'injection** : le long du cours d'eau principal et sur certains affluents.

Afin de conserver la même période de retour de l'amont vers l'aval sur le linéaire du cours d'eau principal (homogénéité des fréquences) les apports latéraux ont été traités de la manière suivante :

**Cas 1 : Le bassin intermédiaire entre le point d'injection et la confluence est peu important.** L'hydrogramme correspondant à la contribution totale à l'aval est injecté directement en amont du modèle.



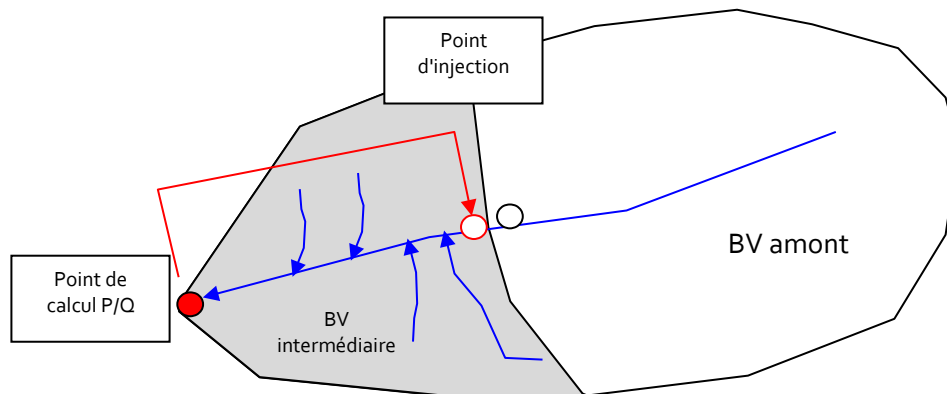


Figure 24

**Cas 2 : Le bassin intermédiaire entre le point d'injection et la confluence est à prendre en compte.**

a/ Si on recherche une homogénéité des fréquences amont-aval sur le cours d'eau principal alors, l'hydrogramme des apports intermédiaires est construit en faisant la différence entre les deux hydrogrammes de références de même fréquence du cours principal, de part et d'autres de la confluence avec un affluent, obtenus avec le modèle P/Q.

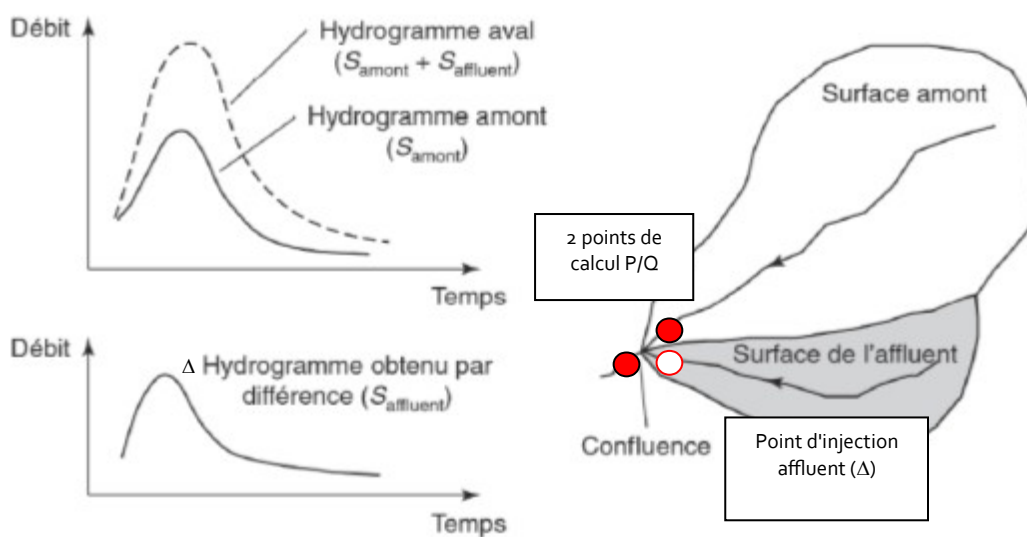


Figure 25

b/ Si le risque inondations des affluents doit être évalué pour la même fréquence que celle du cours d'eau principal, alors l'hydrogramme fréquentiel propre au régime de cet affluent est utilisé ; quitte à ce que la sommation de cet hydrogramme avec celui du cours d'eau principal (en amont de la confluence) produise une fréquence de crue qui ne soit pas la même que celle obtenue avec l'hydrogramme aval déduit du régime du cours d'eau principal.

### Données topographiques

Quelques soit la méthode utilisée, les **données topographiques** constituent la base de la détermination de l'aléa inondation. Deux sources de données sont disponibles :

- le Modèle Numérique de Terrain (MNT) issu des données « LIDAR » produites en mai 2016 sur le territoire concerné par l'étude (emprise maximale des zones potentiellement inondables) et dont dispose la DDT.
- les données topographiques terrestres en lit mineur issues des levés topographiques terrestres existants (voir annexe) et des nouveaux levés réalisés pour la présente étude par HYDRETUDES en février 2017 sur le territoire n°1.

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) présente l'avantage de couvrir une zone très large avec une précision très importante pour des données aussi étendues spatialement. Ces données constituent la base de construction du modèle 2D. Ces données LIDAR ne peuvent être appliquées dans le lit mineur car elles présentent l'inconvénient de ne pas traverser l'eau et les ponts. Les ouvrages de franchissement sont ainsi autant d'obstacles pouvant perturber les écoulements dans le lit mineur.

Pour pallier à ce problème, des données terrestres sont nécessaires pour obtenir la géométrie réelle du lit mineur. De plus la précision des données terrestres est sensiblement plus importante que celle du LIDAR et permet donc de recalculer avec précision le lit mineur. Les nombreuses données topographiques terrestres ont donc été collectées (issues d'études antérieures) et complétées sur certains secteurs avec l'équipe topographique d'HYDRETUDES.

La principale limite relative à ces données est la date de relevés. En effet, certaines mesures datent de plusieurs années et ne représentent plus toujours la réalité (arasement de seuils, mouvements sédimentaires...).

Cela est d'autant plus vrai sur les secteurs amont du bassin versant à fort débit solide. Ainsi, les données topographiques présentent des limites et des points de vigilance non négligeables à prendre en compte dans l'interprétation des résultats du modèle hydraulique.

## **HYPOTHÈSES DE BASE ET CONSTRUCTION DES MODÈLES**

### Moteur 1D et cours d'eau

Le moteur 1D a pour objectif de simuler les écoulements au sein du lit mineur. Il est basé sur une simplification des équations de Barré de Saint Venant.

Le cours d'eau est construit à partir des profils en travers terrestre (complété par des profils « LIDAR » si des points de fond terrestre sont disponibles pour recalculer le fond). Les profils sont raccordés par des lignes de berge. À partir de ces éléments, les biefs rivières sont construits. Les limites de bief sont limitées au haut de berge pour éviter la présence de chenaux secondaires (par exemple en arrière des digues) et donc des erreurs. Le moteur 1D et le moteur 2D sont donc raccordés en haut de berge.

**La modélisation hydraulique via le moteur 1D permet de définir les caractéristiques hydrauliques de la crue Q<sub>100</sub> en de très nombreux points du réseau.**

### Moteur 2D et maillage triangulaire irrégulier

Le moteur 2D a pour objectif de simuler les écoulements en lit majeur. Ce dernier est représenté en 2D à l'aide d'un maillage triangulaire irrégulier. Le maillage triangulaire est caractérisé par une

multitude de triangle d'une surface spécifique. Chaque triangle est caractérisé par trois sommets d'altitude définie par le modèle numérique de terrain, la surface de chacun de ces triangles dépend de l'hétérogénéité du modèle de terrain, le maillage est plus fin au niveau du seuil,... et plus lâche au niveau de la plaine agricole par exemple où les variations d'altitudes sont moindres. Du point de vue de la modélisation, chaque triangle caractéristique est associé à un listing de données hydrauliques définissant les écoulements qui lui sont associés.



Figure 26 : Aperçu de la résolution du maillage à Saint-Laurent du Pont  
(Territoire n°1 – Secteur 6 - maille 3 à 10 m<sup>2</sup>)

La surface du modèle de terrain varie de quelques hectares pour le secteur le plus modeste à plus de 1500 hectares pour les secteurs les plus grands. La précision du maillage n'est cependant pas proportionnelle à la taille du modèle.

En effet, malgré le temps de calcul important lié aux modèles couvrant une large surface, une précision suffisante reste nécessaire pour assurer une pertinence des résultats. Ce maillage de polygones de surfaces variables, permet d'obtenir une excellente résolution autour des zones d'intérêt et une résolution plus large sur les secteurs de faible importance. Le générateur de maillage inclut en outre les bâtiments ou les murs. Ce point est essentiel pour simuler avec précision les circulations d'eau sur ou autour des enjeux (bâtiments, routes...).

Le logiciel ICM utilise un moteur 2D basé sur les procédures décrites par Alcrudo et Mullet Martin en (2005). Le système d'équations utilisé est le SWE (Shallow Water Equations), dérivé des équations de Navier-Stokes qui décrivent le mouvement des fluides non-newtoniens (majorité des liquides et gaz). La caractéristique principale de ces équations est qu'elle considère que le flux vertical  $W$  est négligeable devant les vitesses  $U$  et  $V$  : équations de Barré de Saint Venant 2D. Ces équations sont pertinentes pour la modélisation du lit majeur et notamment dans les villes, mais également dans le cours d'eau au niveau des confluences. Elles permettent une connaissance fine de la représentation des vitesses en  $X$  et  $Y$  en l'absence d'écoulement préférentiel.

**Le moteur 2D fournit les hauteurs et les vitesses pour chaque maille, nécessaire à la qualification et à la cartographie de l'aléa..**

### Ouvrages

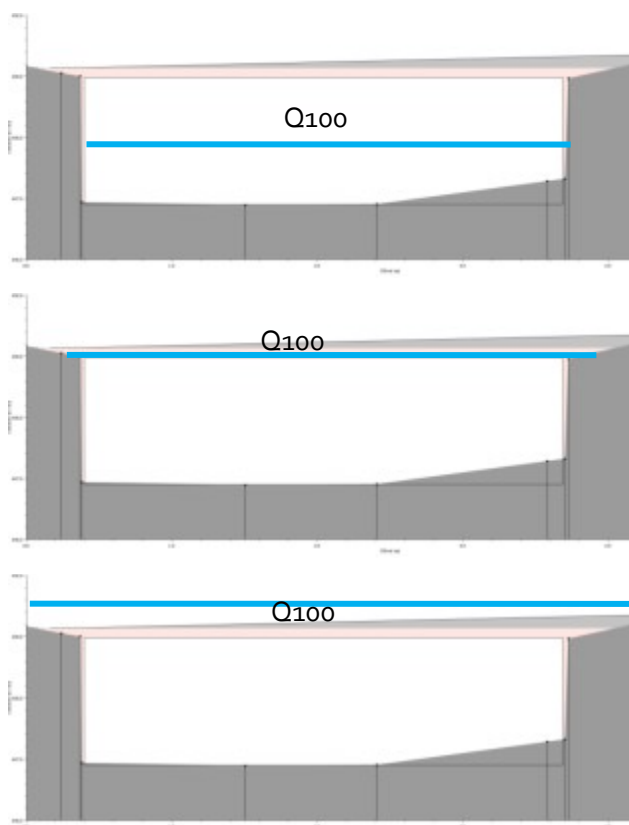
La majorité des ouvrages ponts ont été modélisés sur les différents cours d'eau à partir des données topographiques disponibles (les ponts non modélisés ont été choisis à dire d'expert s'ils ne présentent aucune influence sur les écoulements en crue centennale).

La prise en compte des ouvrages est essentielle. En effet, de nombreux ouvrages sont sous dimensionnés et induisent des influences majeures sur les écoulements et sur le risque d'embâcle. Les ouvrages pont sont intégrés au sein du moteur 1D. Pour chaque ouvrage, des rugosités

spécifiques ont été appliquées ainsi que des pertes de charge fixe variable de 0,3 à 0,7). Le coefficient de contraction a été défini à 0,3.

La modélisation hydraulique via le moteur 1D permet de définir les ponts en charge ou ayant un tirant d'air trop faible en crue Q100. Ce type de résultats est également disponible sur tous les tronçons du modèles 1D.

Le modèle fournit une estimation de la surcharge présentée comme suit (pour les ponts) :



- Pas de mise en charge =  $(1 - \text{Tirant d'air}) / \text{Hauteur de l'ouvrage (en \%)}$   
=> Résultat compris entre 0 et 1
- Si le pont est en surcharge mais qu'il n'y a pas de surverse (Hauteur d'eau < Haut de tablier)  
=> Résultat égal à "1"
- Si le pont est en surcharge et qu'il n'y a surverse (Hauteur d'eau > Haut de tablier) =  
=> Résultat égal à "2"

Avec : Tirant d'air : Hauteur de l'ouvrage (bas de tablier) - Hauteur d'eau

- Surcharge = 2
- Surcharge = 1
- Mise en charge 0.7 à 1
- Mise en charge 0.5 à 0.7
- Mise en charge < 0.5

Mise en charge et Hauteur d'eau lit mineur



Vitesse lit majeur

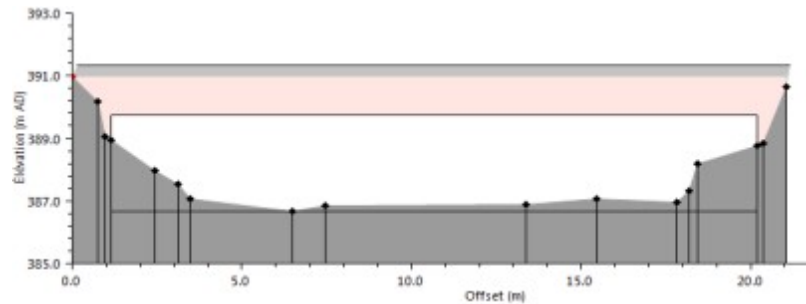


Hauteur lit majeur

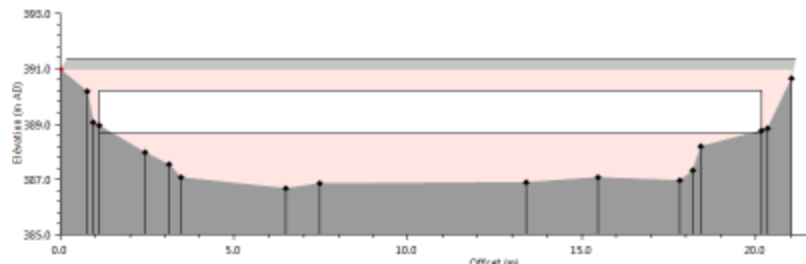
### Prise en compte des embâcles au niveau des ponts

La présence d'embâcles constitue un facteur aggravant lors des inondations. L'obstruction des ponts est réalisée dans le modèle hydraulique en modifiant son ouverture. La position de l'ouverture en dessous du tablier est la plus pénalisante car elle simule une obstruction complète de l'ouvrage dans toute sa partie inférieure et simule le maintien d'un tirant d'air. La position de l'ouverture vis à vis de l'ouvrage a une influence notable sur l'écoulement des eaux et les débordements, notamment en amont par l'effet de "rétention" des eaux.

Sans obstruction



Obstruction 50 %



Obstruction 90 %

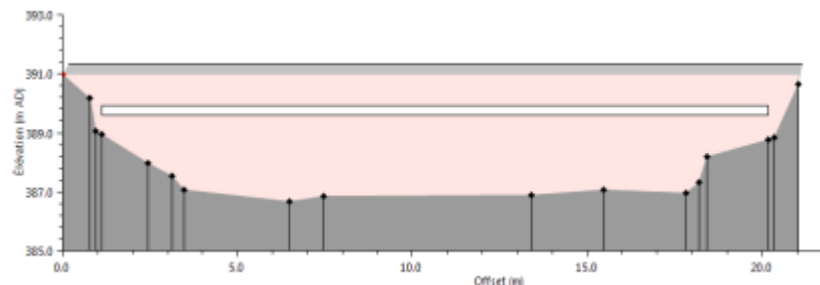


Figure 27 : Exemple d'ouvrage sans et avec obstruction

### Intégration des digues

Les digues correspondent à la limite du moteur 1D et moteur 2D. Ces dernières sont donc directement connectées au lit mineur et au lit majeur (hors ouvrages secondaires). Cette position stratégique permet un diagnostic fin des ouvrages en disposant de hauteurs de charge dans le moteur 1D (côté rivière) et d'une hauteur d'eau sur le maillage dans le moteur 2D, en arrière des digues (côté vallon).

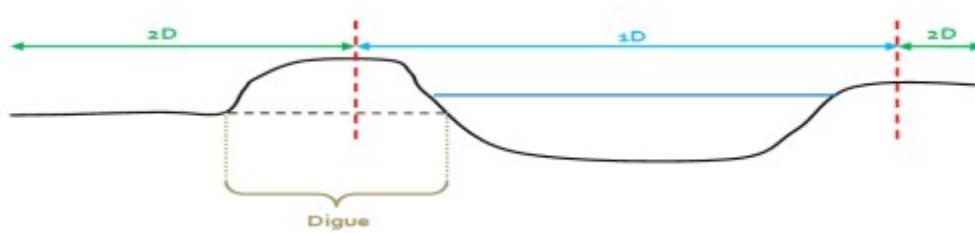


Figure 28 : Intégration des digues dans les modèles

De traitements sont possibles comme les effacements ou les ruptures de manière simple en modifiant les limites des modèles (et en adaptant les altitudes de l'un à l'autre) :

- Les ruptures sont facilement effectuées sur le moteur 1D en définissant dans le logiciel l'heure de rupture (fonction de l'hydrogramme) et l'évolution altimétrique de la brèche en fonction du temps (paramètres de la brèche définis par ailleurs). La rupture peut être progressive ou instantanée.
- Pour les ruines, la construction du modèle est plus délicate. En effet chaque nœud de la ligne de berge du modèle 1D (simulant la crête de digue devra être renseignée avec un temps initial  $t_0$  (heure de surverse ou heure du débit de pointe) et un temps de fin  $t_1$ , ainsi qu'une altitude initiale  $Z_0$  et une altitude finale  $Z_1$ . Soit par exemple pour une digue de 300 mètres où l'on considère un nœud tous les 10 mètres sur la ligne de berge, sur chaque rive, cela revient à estimer ou caler 2 paramètres (sur 60 nœuds soit 120 valeurs).

Suite à de nombreux tests, une méthode de simplification de la méthode présentée ci-dessus a été définie. L'idée est de définir pour  $t_0$  une altitude commune à tous les points, permettant de garantir l'absence de débordements : cote +10 mètres par rapport au point le plus haut de la digue en état initial.

Pour la cote à  $t_1$ , une cote inférieure de 10mètres par rapport à l'altitude minimale de la digue. La seconde méthode, permet un gain de temps considérable et induit très peu de différence dans les résultats. Cette approche a donc été retenue.

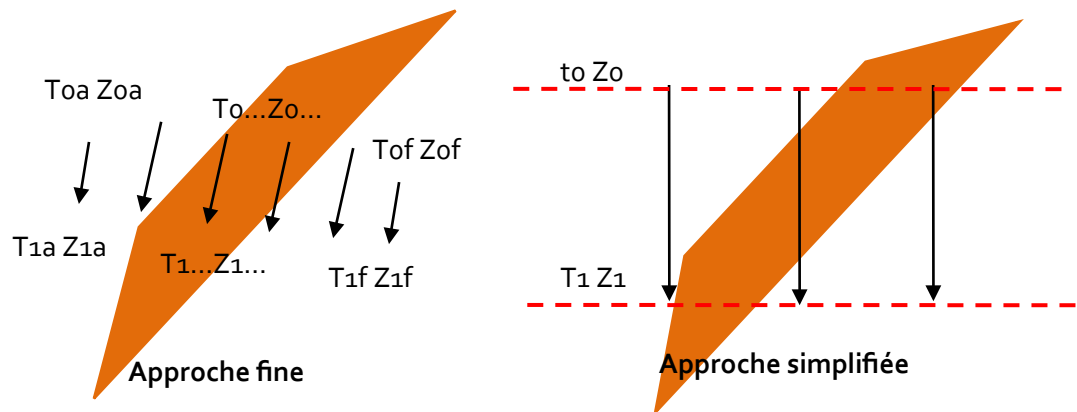


Figure 29 : Schéma de principe des approches pour la ruine des digues

### Conditions aux limites

Les hydrogrammes correspondant à la crue hydrologique constituent les conditions aux limites amont des différents modèles (injections principales dans le cours d'eau et injections latérales).

Les conditions aval des modèles sont diverses en fonction de la position de ces derniers. Pour les modèles ayant pour exutoire des barrages, la condition limite est fixée à la cote d'eau observée sur le

LIDAR. Si le modèle a pour exutoire un nœud de calcul hydrologique, la condition aval correspondra à l'hydrogramme aval.

### Paramètres de rugosité

La rugosité (coefficients de rugosité "n") est différencié selon :

- les berges et le fond du lit mineur selon la nature du lit,
- les ouvrages selon le revêtement (berges naturelles, berges béton, ...),
- et le lit majeur en fonction de l'occupation des sols (zones naturelles et champs, forêt, zones industrielles et commerciales ...).

### **CALAGES OU RÉGLAGES DES MODÈLES ?**

La procédure de calage correspond à la recherche de la valeur d'un ou plusieurs paramètres (généralement des paramètres de rugosité) permettant d'obtenir des résultats se rapprochant au plus de valeurs observées et/ou mesurées. Cette étape est la plus délicate de la modélisation.

Outre les questions d'algorithmes d'optimisation et de recherche du meilleur jeu de paramètres, se pose une question importante à traiter en premier : « est-il possible d'identifier les paramètres que je veux à partir des mesures que j'ai ? » Cette première question est liée à ce que l'on appelle la « sensibilité » (ROUX H., & D ARTUS D.,(2008)<sup>5</sup>.

Dans le cas de la modélisation hydraulique des crues du Guiers et de ses affluents, il n'est ainsi pas possible de rechercher des paramètres optimums du modèle (en tout point) à partir de « mesures » de crues (repères de crues, photos, hauteurs, débits, ..) et ceci pour différentes raisons :

- Le linéaire de cours d'eau à modéliser est très important (plus de 60 km) et il n'y a que 2 stations de mesures hydrométriques sur le bassin situé en amont des secteurs de modélisation à enjeux et dans des zones où il n'y a pas de débordement.
- Il y a très peu de données historiques de qualité des crues passées (repères de crue, photos...). Les données disponibles sont des images ou points identifiés à mémoire d'homme, extrêmement peu précis tant spatialement que temporellement.
- De plus les travaux et aménagements réalisés sur le cours d'eau modifiant le profil en long (arasement de seuil...) ou aménagements en lit majeur sont autant de points modifiant la ligne d'eau et rendant obsolète des observations passées.
- Enfin le modèle est construit pour simuler des crues extrêmes n'ayant jamais été observées et mesurées par l'homme sur le bassin versant du Guiers.

Un calage classique n'étant pas possible, un réglage du modèle a donc été réalisé sur la base d'une étude de sensibilité des paramètres afin de déterminer le débit qui permet d'expliquer le mieux les niveaux observés et d'assurer une certaine cohérence avec les études antérieures. **Le réglage a été effectué à partir des coefficients de Manning « n » (variation du paramètre dans une gamme crédible) pour les crues de plus forte occurrence.**

### Test de sensibilité du modèle 1D et 2D

Le coefficient de Manning est la variable la plus impactant sur les résultats des modèles. En effet, la rugosité impacte les écoulements au niveau des berges et du fond du lit mineur, mais aussi au niveau des ouvrages et du lit majeur.

<sup>5</sup> ROUX H., & D ARTUS D.(2008). Sensitivity analysis and pre-dictive uncertainty using inundation observations for parameter estimation in open-channel inverse problem. J Hydraul Eng. 134(5) ; p541-549.

Une étude de sensibilité a été menée en jouant sur les rugosités. Les valeurs des paramètres possibles sont issues du croisement des valeurs de références de la bibliographie (coefficient de Manning) et de l'analyse hydromorphologique (terrain et LIDAR).

Des classes variables de rugosité sur la base des valeurs typiques des coefficients de rugosité "n" (Chow 1959) ont été appliquées pour :

- les berges et le fond du lit mineur (entre  $n = 0.04$  et  $0.07$ )
- pour les ouvrages, entre  $0.033$  et  $0.017$  (berges naturelles, berges béton, ...)
- et pour le lit majeur une base fixe de  $0.05$  complétée par des zones de rugosité spécifiques avec des valeurs variables de  $0.02$  à  $0.1$ , en fonction de l'occupation des sols.

Des tests réalisés sur des modifications des coefficients de contraction et les coefficients de débit au niveau des ouvrages ont démontré une légère modification des enveloppes de crues. Cependant, les variations ont été considérées comme négligeables vis-à-vis des débits injectés.

Les tests de sensibilité mettent en avant la présence de valeurs « seuils », modifiant de manière significative les aléas en lit majeur (surfaces inondées). Les résultats des tests de sensibilité sur le paramètre de rugosité, croisés avec une analyse des conditions morphologiques et sédimentaires des secteurs modélisés (études antérieures, terrain et analyse du MNT) ont permis de définir les valeurs les plus pertinentes pour la définition des conditions d'écoulement. À ce stade, le coefficient de Manning « n » ne représente plus seulement la rugosité du cours d'eau et du lit majeur, mais intègre l'ensemble des approximations liées à la nature des écoulements (avec ou sans transport solide) ou aux données d'entrée du modèle.



## ANNEXE 8. DIGUES PRISE EN COMPTE DANS L'ÉTUDE DU SUR-ALÉA

Id_SIAGA,C,80	EFFACEMENT	RUINES = EFFACEMENT	RUPTURES	RUINES
7	1		1	1
100	1			1
43	1	1		
29*	1		1	1
28*	1		1	1
26*	1		1	1
27*	1		3	1
25	1			1
19	1	1		
18	1			1
24	1	1		
ECH_NR_003	1			1
ECH_NR_006	1			1
10	1			1
16	1	1		
44	1			1
45	1			1
46	1	1		
42	1			1
56	1			1
32	1			1
30	1	1		
31	1	1		
17	1	1		
33	1	1		
51	1		1	1
23	1	1		
22	1	1		
20	1	1		
21	1	1		
SJR_NR_001	1			1
55	1			1
SJR_NR_002	1			1
SJR_NR_003	1			1
34	1	1		
SJR_NR_006	1			1

\* Chorolant (hors périmètre de l'étude)

## ANNEXE 9. MODÉLISATION / GÉOMÉTRIE / CINÉTIQUE DE LA RUPTURE

La modélisation hydraulique des écoulements lors d'une rupture sera faite avec une évolution progressive ou avec une ouverture instantanée de celle-ci. Ce choix dépendra des hypothèses pour chaque digue et du diagnostic de ces dernières. Généralement, les ruptures ont une largeur de 2 fois à 7 fois la hauteur de la digue ou équivalente à la largeur du lit du cours d'eau concerné.

La bibliographie disponible à ce jour sur les ruptures (études, modèles et formules) est pour la majorité basée des protocoles de rupture d'ouvrages de type frontaux (barrage) et non transversaux comme les ouvrages digue.

Ainsi, d'après Jean-Robert Courivaud<sup>6</sup>, « le seul objectif réaliste est d'obtenir des ordres de grandeur fiables des paramètres recherchés ; toute précision excessive n'a aucun sens. Les modèles basés sur la physique et les formules empiriques étant encore peu fiables, il ne faut pas hésiter à les intercomparer et à se raccrocher à des raisonnements simples mais très physiques. » (COURIVAUD JR., (2004)).

L'illustration ci-après présente les différents principes à prendre en compte dans le cadre des ruptures de digues.

La première illustration présente « l'hydrogramme » théorique de décharge au travers de la brèche en fonction du temps. Les deux éléments majeurs à prendre en compte sont la **durée de formation de la brèche** (phase 1 de 0 à 2 avec érosion en pied de digue) et le **temps de développement de la brèche** (phase 2 de 2 à 4). Ils permettent de prendre en compte l'évolution physique de la digue au travers des largeurs et des vitesses. Les illustrations suivantes permettent de visualiser l'état structurel de la digue à différents moments de la rupture. Enfin de dernier graphique présente la décharge cumulée et permet de visualiser les grandes phases du processus de rupture.

<sup>6</sup> COURIVAUD JR., (2004). Etat de l'art de la modélisation des ruptures par surverse de digues et barrages en remblai. Colloque Sécurité des digues fluviales et navigation, Orléans, France, 25/11/2004 128p.

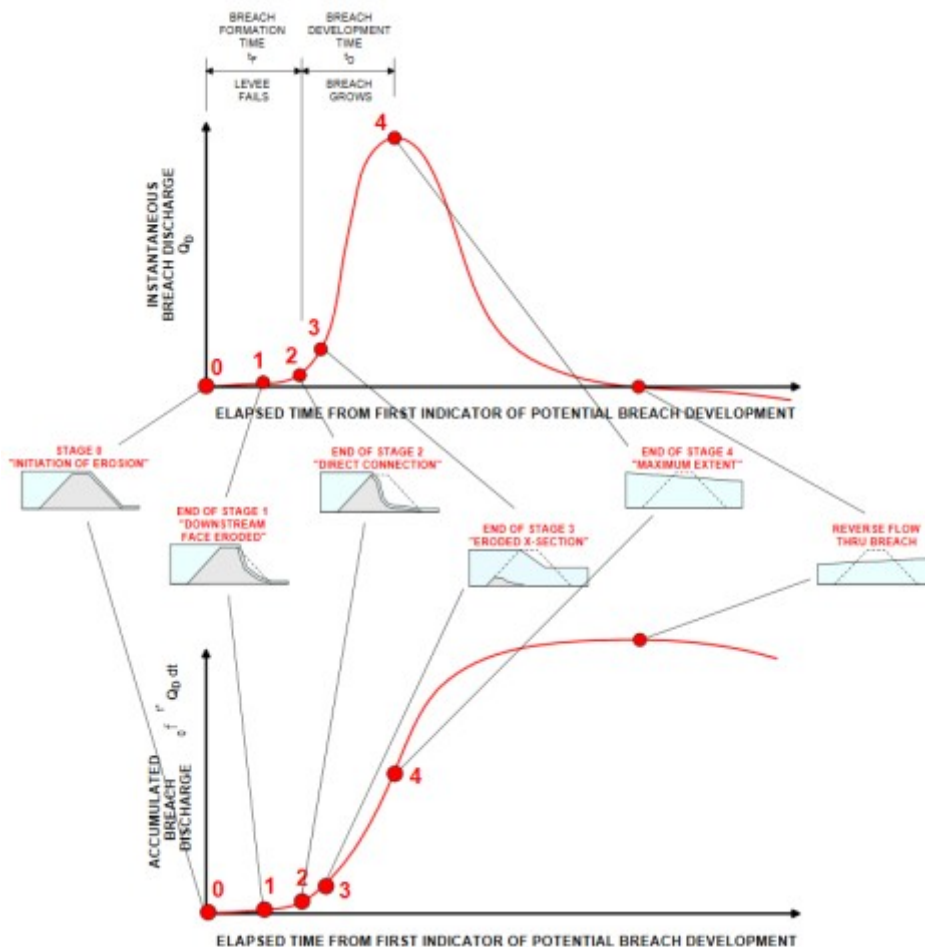


Figure 30. Développement d'une brèche (Chris L. Saucier, Isaac L. Howard , Joe G. Tom, (2009)<sup>7</sup>).

Ces éléments sont la base physique des ruptures de digue. La connaissance des vitesses en phase 1 et 2 sont un prérequis nécessaire pour l'estimation des longueurs de digue. Le tableau présenté ci-dessous référence les formules utilisables pour l'estimation des paramètres de rupture.

Afin de déterminer la croissance de brèche, nous avons testé un panel de formules empiriques. Ces formules sont majoritairement basées sur des données telles que le temps de la brèche, la cote d'eau au niveau de la brèche (par rapport au niveau du pied de digue) et la hauteur de la digue (levee). Ces méthodes sont pertinentes car elles permettent de limiter les valeurs estimées (et dans les incertitudes) et sont relativement rapides à calculer. Ci-dessous quelques exemples d'équations empiriques pour estimer le temps de formation des brèches et la largeur à la base.

Source	Largeur de la brèche à la base $L_b$	Temps de formation $T_f$
Froelich (1995)	$0.1803 K_o V^{0.32} H_b^{0.19}$	$0.00254 V^{0.53} H_b^{-0.9}$
Von Thun and Gillette (1990)	$2.5H_w + C_b$	$0.015 H_w$
US Bureau of Reclamation (1988)	$3H_w$	$0.011 L_b$
Office Fédérale des Eaux et de la Géologie (Suisse). R.W. Müller, (2003)	$2H_w$	-
Mac Donald and Langridge-Monopolis (1984)	$10H_w$	

<sup>7</sup> Chris L. Saucier, Isaac L. Howard, Joe G. Tom, (2009). Levee Breach Geometries and Algorithms to Simulate Breach Closure. SERRI Report 70015-00.154 p.

Johnson and Illes (1976)	$0.5Hw \leq L_b \leq 3Hw$	-
Verheij (2002) – Argiles compactées	$13.4 t_f^{1/2}$	Par itération (avec $L_b$ connue)
Verheij (2002) – Sables compactés	$37.2 t_f^{0.51}$	Par itération (avec $L_b$ connue)
Nagy (2006)	$5.19 e^{0.75h_w}$	-

Tableau 13

- $L_b$  = largeur de base de la brèche (m)
- $T_f$  = temps total de formation de la brèche (h)
- $K_o$  = 1 pour l'érosion interne et 1.4 pour la surverse
- $C_b$  = coefficient dépendant du volume du réservoir
- $V$  = volume d'eau à l'amont de la digue sur l'ensemble du secteur (m3).
- $H_w$  = hauteur d'eau au-dessus de la base de la brèche (Hauteur d'eau Q100 par exemple moins Hauteur de la base de la brèche)
- $H_b$  : hauteur de la brèche (Hauteur de la crête – Hauteur de la base de la brèche)

Nous n'avons pas retenu les formules intégrant un paramètre de volume, pour nos essais. Les formules font référence à un matériau de l'ouvrage (sur lequel a été développée la formule). Il apparaît que pour un même matériau, et pour une même durée de développement de la brèche, la longueur calculée est très variable comme le montre la figure suivante :

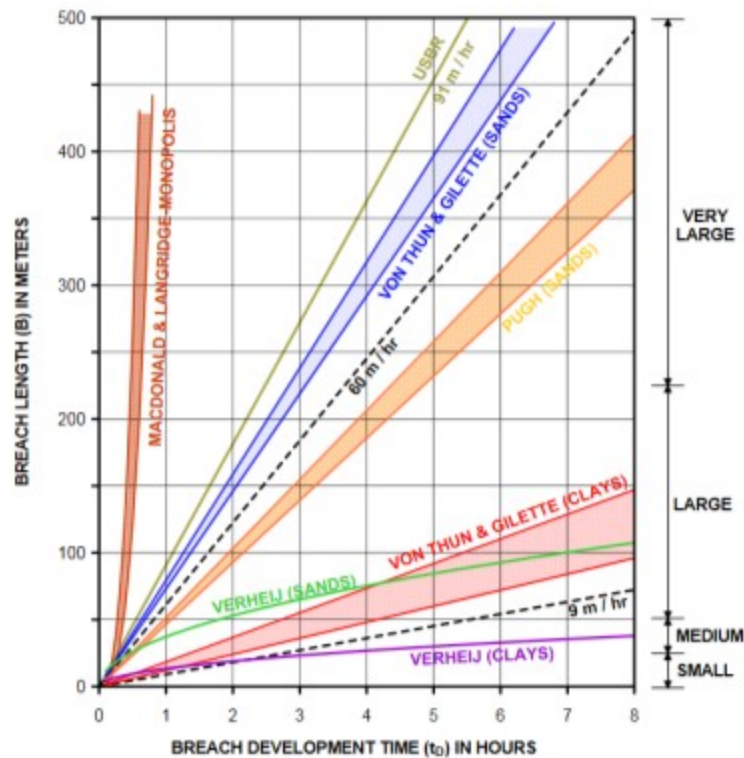


Figure 31: Longueur de la brèche vs temps de développement selon divers méthodes (Chris L. Saucier, Isaac L. Howard, Joe G. Tom, (2009)).

La gamme de vitesse obtenue au travers des formules varie entre 0.1 et 4.5 m/min. La cinétique moyenne est d'environ 1 m/min (60 m/h) et sera retenue pour la phase 2 de la brèche.

Ces équations fournissent des gammes de valeurs sur la géométrie et les conditions hydrauliques des brèches. Notre diagnostic des digues n'intègre pas d'étude géotechnique. Les matériaux constitutifs des digues n'ont ainsi pas pu être déterminés pour une majorité des digues.

## CHOIX RETENU

Nous avons donc choisi de considérer deux phases pour simuler la rupture. Une première phase simulant la formation de la brèche, avec une phase de propagation de la brèche jusqu'à atteindre la largeur maximale. Au vu des incertitudes relatives aux données résultantes des différentes formules d'estimation des largeurs de brèche nous avons finalement choisi d'utiliser un rapport fonction de  $H_w$ .

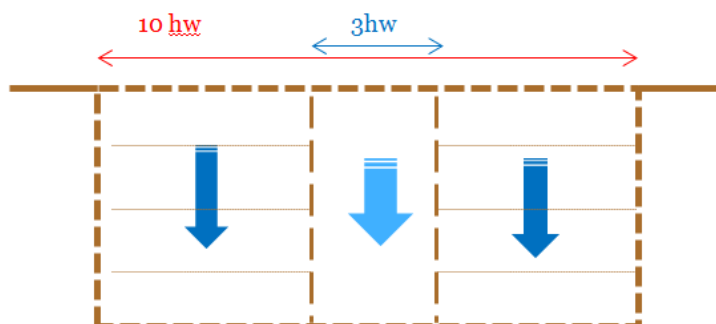


Figure 32: Phases considérées dans la rupture

Pour la première phase, une vitesse importante a été retenue d'environ un **0.5 mètres par minute**. Cette phase a été associée à une largeur initiale de **3  $H_w$**  (USBR, 1988). Le rapport entre la vitesse de formation et la largeur de brèche considérée nous a ainsi permis de définir le temps de formation de la phase 1 en minutes. Cette donnée est essentielle pour la paramétrisation de la brèche dans ICM.

Pour la seconde phase nous avons considéré une largeur finale maximale de **10  $H_w$**  (Mac Donald and Langridge-Monopolis, 1984) et une vitesse de formation de **1 mètre par minute**. Un temps de formation pour cette deuxième phase a ainsi pu être défini. La largeur de brèche au maximum du phénomène a été définie à **10 mètres** au minimum (modification si le résultat de calcul inférieur).

Les rapports de vitesses de formation des brèches retenus pour les tests effectués semblent cohérents avec les données bibliographiques. Les largeurs considérées pour la phase 1 et 2 se situent cependant dans une gamme haute.

Ce choix vise à simuler la condition la plus pénalisante et à lisser les éventuelles incertitudes liées aux paramètres physiques des digues et les processus aggravants potentiels.

Si l'approche présentée présente des limites (relatives aux estimations de largeurs et de vitesses de propagation des brèches), elle permet cependant de fournir une estimation chiffrée, intégrant des processus physiques. D'après nos premiers résultats, la largeur de brèche retenue représente en moyenne 7% de la longueur de la digue et une vitesse moyenne de propagation de 0.6 m/min.

## ANNEXE 10. DONNÉES DISPONIBLES POUR L'ÉTUDE DES DIGUES

### DONNÉES GÉO-RÉFÉRENCÉES POUR L'ÉTUDE DES DIGUES

Les données géo-référencées récupérées, concernant les digues sur le bassin versant du Guiers, sont présentées ci-dessous. Ces données SIG permettent la localisation spatiale de l'ouvrage et l'acquisition des données propre à chacune.

Remarque : Le système d'information sur les ouvrages hydrauliques (SIOUH) s'adresse principalement aux services de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques, afin de les aider à suivre l'application de la réglementation mise en place avec la parution du décret n°2007-1735.

Au sein de SIOUH, plusieurs tronçons auront été identifiés pour la même digue

Tableau 14 : Données géoréférencées sur les digues

Où	Nom de la couche	Commentaires	Source
38	"n_digue_l_038"	La couche "n_digue_l_038" sur georhonealpes est la plus récente, et est plus exhaustive. Elle a été construite à partir des recensements réalisés il y a une dizaine d'années. l'identifiant "bardigues" n'est plus d'actualité (outil utilisé avant SIOUH). Extraction de l'application nationale SIOUH (Système d'Information sur les ouvrages hydrauliques).	CAYRON Helene - DDT 38/SE/PEMA (en charge du recensement et du classement des ouvrages hydrauliques) - 2017
73	"L_ZONE_DIGUE_PRO T_S_073." "N_DIGUE_L_073"	Digue de protection contre les inondations et submersion et digue de canaux et de rivières canalisées. Elles sont référencées dans l'article 3260 du décret n°2006-881 du 17 juillet 2006. Une couche similaire N_DIGUE_P décrit les digues sous forme ponctuelle, pour une saisie sous Cascade. Les digues de retenue d'eau sont décrites dans les couches N_OUVRAGE_RETENUE_P et N_OUVRAGE_RETENUE_L Extraction de l'application nationale SIOUH (Système d'Information sur les ouvrages hydrauliques).	Geocatalogue "Digue contre les inondations et submersion (Savoie)" <a href="http://catalogue.geo-ide.developpement-durable.gouv.fr/catalogue/apps/search/?uuiid=fr-120066022-jdd-1c50bbe3-a36d-4bbo-9a6d-53c55ae49154">http://catalogue.geo-ide.developpement-durable.gouv.fr/catalogue/apps/search/?uuiid=fr-120066022-jdd-1c50bbe3-a36d-4bbo-9a6d-53c55ae49154</a> - 2017 <a href="https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/digue-contre-les-inondations-et-submersion-savoie/">https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/digue-contre-les-inondations-et-submersion-savoie/</a>
73	"dignes" "Ouvrages hors système endiguement" "Zones et plages de depot" "Zones expansion crue" "zones protegees digues"	Il s'agit des fichiers SIG sur les ouvrages de protection contre les inondations pour le BV du Guiers : * digues * ouvrages qui peuvent jouer un rôle de protection, mais n'ont pas les caractéristiques de digue (hauteur insuffisante, population protégée trop faible, ...) * zones protégées quand elles ont été définies auxquelles ont été rajoutées deux couches : * zones d'expansion de crues * plages de dépôt ou zones de régulation du transport solide.	Cécile Orengo" (DDT73) -2017
BV	"Dignes Guiers"	table digue du BV Guiers de BURGEAP 2010 récupérée auprès du SIAGA dans une précédente étude.	Schéma morphoécologique des cours d'eau du bassin versant du Guiers, 2010
BV	"Dignes BV Guiers"	table digue du BV Guiers actualisée / Burgeap,	Didier GIRARD - SIAGA -2017

	2010	
--	------	--

## RAPPORTS D'ÉTUDE POUR L'ÉTUDE DES DIGUES

Différents rapports ou notes techniques (études hydrauliques ou d'inventaire) ont été récupérés et analysés. Cette base bibliographique a permis de cibler et caractériser au mieux les paramètres propres à chaque digue, sur le plan physique et hydraulique.

L'inventaire est présenté ci-dessous. Cette base bibliographique a permis de cibler et caractériser au mieux les paramètres propres à chaque digue, sur le plan physique et hydraulique.

Tableau 15 : Rapports d'étude

Année	Commentaires	Sources
2006	Alp'Géorisques a réalisé un inventaire en 2005 isuel des digues "Recensement des digues du bassin versant du Guiers (partie iséroise)" Les linéaires de digues ont donc été cartographiés sur la base de ce document (cartes n°9.i à 9.l). Chaque identifiant de portion de digue renvoie à une base de données (BARDIGUES) où sont consignées toutes les caractéristiques des ouvrages identifiées : géométrie, longueur, composition, état, enjeux en arrière des ouvrages, etc.	0609703 Rapport Dignes Guiers définitif.doc
2010	BURGEAP (page 138) confirme dans l'étude Schéma morphoécologique des cours d'eau du bassin versant du Guiers le diagnostic que les données recensées de 2006 leur paraissent conforme à la réalité actuelle du terrain (2010). Quelques détails ont été précisés suite à des visites de terrain et incluses dans la couche SIG " Dignes Guiers"	RGroo294-01 - Guiers Morphoécologie - Phase 1 - Diagnostic.pdf
2011	BURGEAP réalise dans son étude hydraulique pour la quantification des aléas du Guiers et Tier à Belmont Tramonet une modélisation des débordements de crue, et précise la mise en charge et les niveaux de surverse des digues.	2011-Burgeap-EH-Alea-GuiersTiers.pdf
2014	ARTELIA dans son étude hydraulique du Guiers Mort et de son bassin versant entre Saint-Laurent-du-Pont et Entre-Deux-Guiers précise le risque de rupture de digue au droit de deux zones industrielles.	8410861_R1 v2.pdf
2015	Alp'Géorisques réalise dans son étude pour la cartographie de l'aléa inondation par le Guiers sur la commune d'Aoste des modélisations de rupture de digues	2015 ALP'GEORISQUE EH Rapport modelisation 2D v4.o.pdf
2016	Merlin dans son étude hydraulique précise les éléments relatifs aux digues sur le secteur de Saint Laurent du Pont et Entre deux Guiers	143740-108-AVP-ME-1-074-C_Entre_Deux_Guier s.pdf
2016	Le S.I.A.G.A, la DREAL-POH, la DDT 38, et la DDT 73 réalise une visite partielle des digues du Guiers sur 4 secteurs en compagnie des maires concernés en vue de présenter et identifier les ouvrages constituant des systèmes	visite digues siaga dreal poh ddt73 ddt38.pdf

## PERTURBATIONS HISTORIQUE MAJEURES AYANT TOUCHÉS LES DIGUES DEPUIS LES ANNÉES 60

L'étude Schéma morphoécologique des cours d'eau du bassin versant du Guiers et ses affluents (BURGEAP, 2010), a recensé les principales crues historiques et les désordres ayant pu être causés sur les digues.

Près d'une vingtaine de crues majeures ont touché les digues de protection depuis les années 60. Il apparaît que les digues majoritairement touchées se situent sur **l'aval du bassin versant**, sur le Guiers. Ces secteurs, sensibles par la puissance du cours d'eau et les débits extrêmes atteints, sont également parmi les plus urbanisés. Cette combinaison induit un niveau de risque extrêmement important.

L'inventaire est présenté ci-dessous.

### Visites de terrain

L'inspection visuelle des digues constitue le meilleur moyen de détecter les principaux désordres extérieurs affectant les digues puisque ceux-ci se manifestent généralement à « la surface » de l'ouvrage (Lino et al., 2000<sup>8</sup>).

Suite au recensement global des digues, trois visites de terrain, sommaire, ont été réalisées entre mars et avril 2017 sur l'ensemble du territoire étudié. Ces visites avaient pour objectif de :

- Vérifier et confirmer la localisation des digues
- Vérifier les caractéristiques de l'état des digues et de leur environnement.
- Vérifier les enjeux.
- Identifier les secteurs sensibles à la rupture

Tableau 16 : Perturbations historique majeures ayant touchés les digues depuis les années 60

	Lieu	Cours d'eau	Commentaires
Août 1765	St Genix	Guiers	Pluies abondantes et continues entre le 16 et le 19 août. Le Guiers déborde entre la 3 <sup>ème</sup> et la 4 <sup>ème</sup> digue de St Genix. Importance des bois chariés
1/09/1783	St Genix	Guiers	100 m de <b>digues</b> rompues à St Genix
1790 (automne)	St Laurent du Pont Romagnieu St Genix	Guiers	<b>Digues</b> du secteur gravement endommagées
Juin 1810	Romagnieu, Aoste	Guiers	50 m de <b>digues</b> percées
27/04/1811	St Genix	Guiers	<b>Digues</b> rompues sur 270 m à l'amont de St Genix
17/02/1812	Romagnieu	Guiers	470 m de <b>digues</b> rompus entre Romagnieu et St Genix
30/09/1830	St Genix	Guiers	« Crue extraordinaire » du Guiers, importants dégâts aux <b>digues</b> de St Genix
1851 – fin juillet/	Romagnieu	Guiers	La brèche de la <b>digue</b> de Romagnieu s'agrandit de 70 m

<sup>8</sup> LINO, M., MÉRIAUX, P., ROYET, P., 2000, Méthodologie de diagnostic des digues, appliquée aux levées de la Loire moyenne, Cemagref éditions, 224 p.



début août			
1852 –fin juillet/début août	St Genix	Guiers	Brèches aux <b>digues</b> de Romagnieu qui atteignent plus de 300 m de long en rive gauche à l'amont du pont de St Genix
8/10/1867	Romagnieu	Guiers	« Crue extraordinaire ». La <b>digue</b> rive gauche est détruite sur 150 m en amont du pont de St Genix
1872	Romagnieu	Guiers	Brèche de 27 m dans la <b>digue</b> de Romagnieu
Août 1888	Belmont-Tramonet	Guiers	Dégâts à la <b>digue</b> des Cabanes
15/01/1899	Entre Deux Guiers	Guiers Mort	<b>Digue</b> endommagée
Décembre 1891	Belmont-Tramonet	Guiers	Dégâts à la <b>digue</b> des Cabanes
juin-08	Belmont-Tramonet	Guiers	Le Guiers attaque encore la <b>digue</b> des Cabanes
févr-28	Belmont-Tramonet Aoste	Guiers Guiers	RD 10 emportée sur 200 m / Nouveaux dégâts à la <b>digue</b> des Cabanes <b>Digue</b> latérale en amont de l'embouchure du Rhône : 150 m de <b>digue</b> emportée
09/02/1955	Vallée du Guiers St Genix	Guiers Guiers	Plusieurs portions de <b>digues</b> en enrochements emportées (coût : environ 100 000 euros) Brèche dans la <b>digue</b> , route coupée dans le quartier du Bas du Pont

*Historique Guiers CEMAGREF Lyon (1998)*

Cette base bibliographique a permis de cibler et caractériser au mieux les paramètres propres à chaque digue, sur le plan physique et hydraulique.

## ANNEXE 11. CRUES INTERMÉDIAIRES (Q<sub>2</sub> À Q<sub>50</sub>)

L'objectif est de fournir les hydrogrammes des crues intermédiaires à injecter comme conditions aux limites amont dans les modèles hydrauliques développés pour la présente étude.

Le même principe que pour la crue de référence est appliqué ; il est de conserver la même période de retour de l'amont vers l'aval sur le linéaire du cours d'eau principal (homogénéité des fréquences).

### TERRITOIRE N°1 : GUIERS AMONT

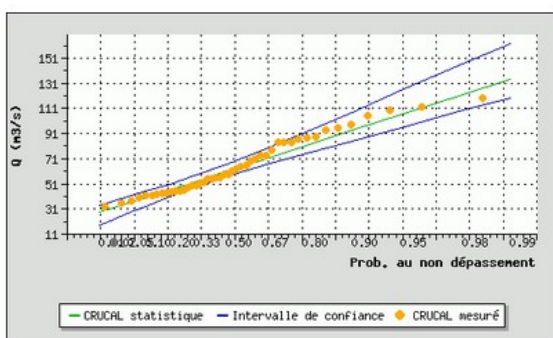
Le territoire n°1 est caractérisé par une grande diversité de cours d'eau à modéliser présentant des réponses hydrologiques différenciées.

La méthode de détermination des crues intermédiaires est ainsi basée sur les études antérieures et la modélisation pluie-débit réalisée dans la présente étude pour la forme des hydrogrammes.

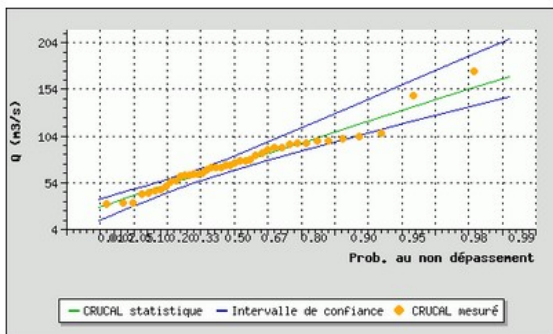
#### DÉBIT DE POINTE

Les chroniques de débits aux stations du Guiers Vif et du Guiers Mort sont suffisamment longues pour permettre d'estimer, à partir des mesures et par une approche standardisée, les débits pour les crues courantes et moyennes (Q<sub>2</sub> à Q<sub>50</sub>).

Les ajustements de Gumbel sur les débits maximaux instantanés de crue réalisés par la BANQUE HYDRO (DREAL), récupérés en 2018, sont considérés comme fiables pour les temps de retour inférieurs ou égaux à 50 ans, étant donnée la durée de l'échantillon pris en compte. Les chroniques sur les autres stations du territoire n°1 sont insuffisantes.



Le Guiers Mort à Saint-Laurent du Pont - CRUCAL : débits maximaux instantanés de crue (1970 - 2017)  
Période du 1 septembre au 31 août Ajustement à une loi de GUMBEL sur 46 valeurs et 47 années



Fréquences théoriques		
Débits (m <sup>3</sup> /s) - Intervalle de confiance 95%		
Cinquantennale	122.000	[109.000 ; 146.000]
Vicennale	106.000	[95.500 ; 125.000]
Décennale	93.400	[85.100 ; 108.000]
Quinquennale	80.400	[74.000 ; 91.000]
Biennale	60.700	[56.300 ; 66.400]

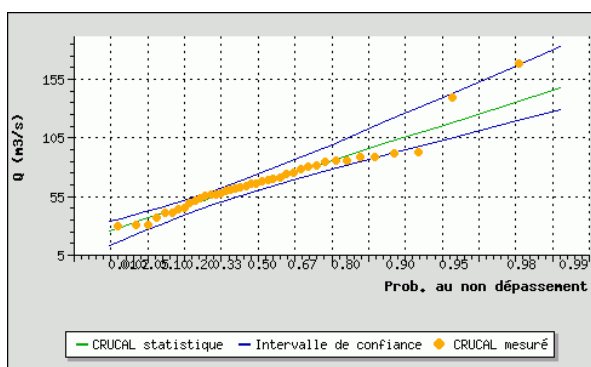
Bassin versant : 89 km<sup>2</sup>

	Q <sub>2</sub> /Q <sub>10</sub>	Q <sub>5</sub> /Q <sub>10</sub>
Guiers Mort	0.65	0.86

Fréquences théoriques		
Débits (m <sup>3</sup> /s) - Intervalle de confiance 95%		
Cinquantennale	152.000	[134.000 ; 187.000]
Vicennale	131.000	[117.000 ; 158.000]
Décennale	115.000	[103.000 ; 136.000]
Quinquennale	97.400	[88.600 ; 113.000]
Biennale	71.600	[65.300 ; 79.600]

Bassin versant : 114 km<sup>2</sup>

	Q <sub>2</sub> /Q <sub>10</sub>	Q <sub>5</sub> /Q <sub>10</sub>
Guiers Vif	0.62	0.85



## Fréquences théoriques

Débits (m3/s) - Intervalle de confiance 95%

Cinquennale	134.000	[118.000 ; 164.000]
Vicennale	115.000	[103.000 ; 139.000]
Décennale	101.000	[91.100 ; 120.000]
Quinquennale	86.300	[78.600 ; 99.800]
Biennale	63.800	[58.300 ; 71.000]

Le Guiers Vif à Saint-Christophe-sur-Guiers [Pont Saint-Martin] - CRUCAL : débits maximaux instantanés de crue (1970 - 2018) Période du 1 septembre au 31 août Ajustement à une loi de GUMBEL sur 41 valeurs et 48 années

La problématique de la transposition spatiale de ces résultats aux autres sous-bassins versants se pose notamment du fait de la multiplicité des sous-bassins traités.

Dans la présente étude, HYDRETUDES a développé un modèle Pluie-débit pour des débits Q10 et Q100 à partir d'une pluie d'occurrence 10 et 100 ans sur 24h. Rappelons qu'il s'agit de débit hydrologique ne prenant pas en compte l'amortissement des crues liée aux zones de débordements potentielles.

Afin de conserver l'information fournie par le modèle sur la réponse dite « géomorphologique » de chaque sous-bassin versant à une sollicitation pluvieuse, deux méthodes d'interpolation ont été utilisées pour chaque point de calcul :

- Les débits de crue biennale Q2 et quinquennale Q5, ont été obtenus à partir de la crue décennale Q10 issue de la modélisation pluie-débit au quelle a été appliquée le rapport Q2/Q10 et Q5/Q10 calculés aux deux stations hydrométriques les plus proches (respectivement pour le Guiers Mort, le Guiers Vif).
- Pour les débits intermédiaires entre Q10 à Q100, ils sont simplement obtenus à partir d'une loi de Gumbel ajustée à ces deux débits.

Les données sont confrontées aux valeurs estimées par BURGEAP (2010) qui propose des débits Q2, Q5, Q10 ; Q20, Q50 pour les Guiers Vif, le Guiers Mort et pour certains de leurs affluents. Les débits de crue biennale et quinquennale ont été obtenus soit par transposition de bassin versants grâce aux données des stations hydrométriques les plus proches respectivement pour le Guiers Mort, le Guiers Vif et le Guiers ; les débits de pointe de crue décennale, par des méthodes régionales de type CRUPEDIX ou par transposition de bassin versant. Pour les débits de pointe de crues vingtennale à centennale, les méthodes utilisées sont la méthode du Gradex ou du Gradex progressif ou par transposition de bassin versant.

Les figures suivantes présentent les débits obtenus en fonction de la superficie des bassins versants pour les deux cours d'eau et leurs affluents. Les statistiques issues de la BANQUE HYDRO pour les deux stations hydrométriques sont également représentées.

Les remarques suivantes peuvent être faites :

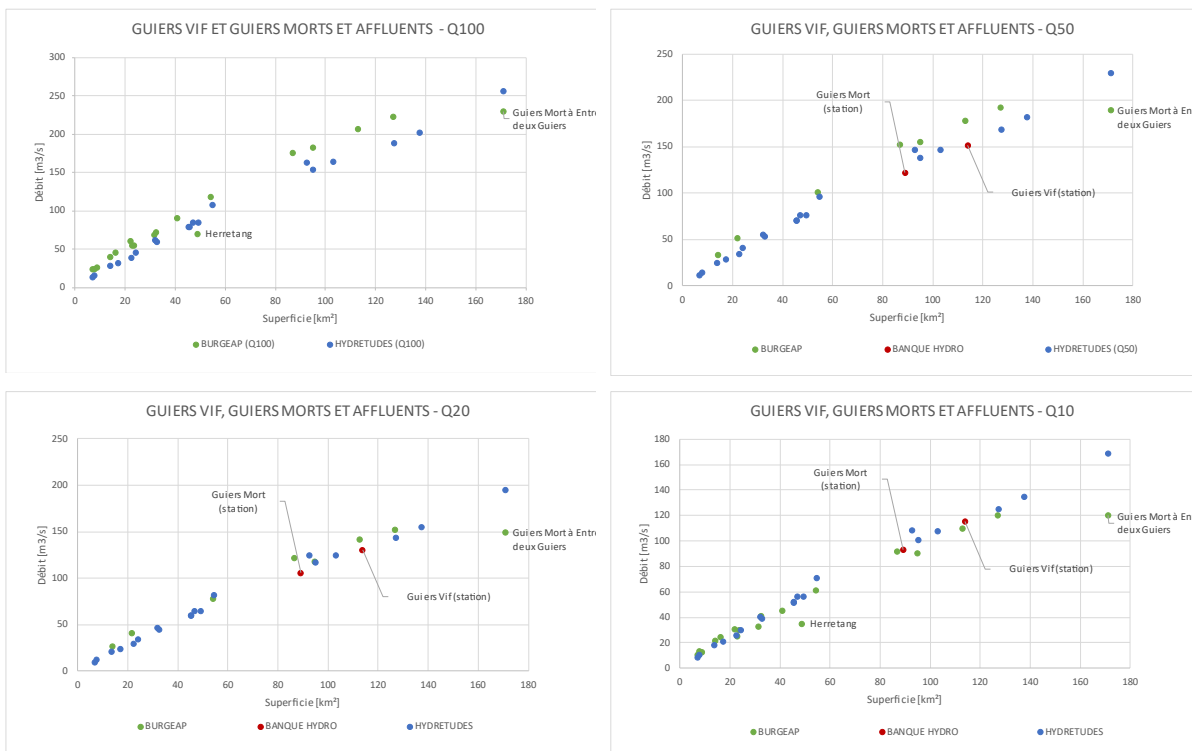
- Q100 : Comme évoqué précédemment, la longueur des séries bien que conséquentes (entre 41 et 46 valeurs) est trop faible pour une analyse fréquentielle pour un temps de retour de 100 ans. Les méthodes d'extrapolation sont à privilégier. Les valeurs proposées par HYDRETUDES issues du modèle MESRI sont un peu plus faibles que celles proposées par

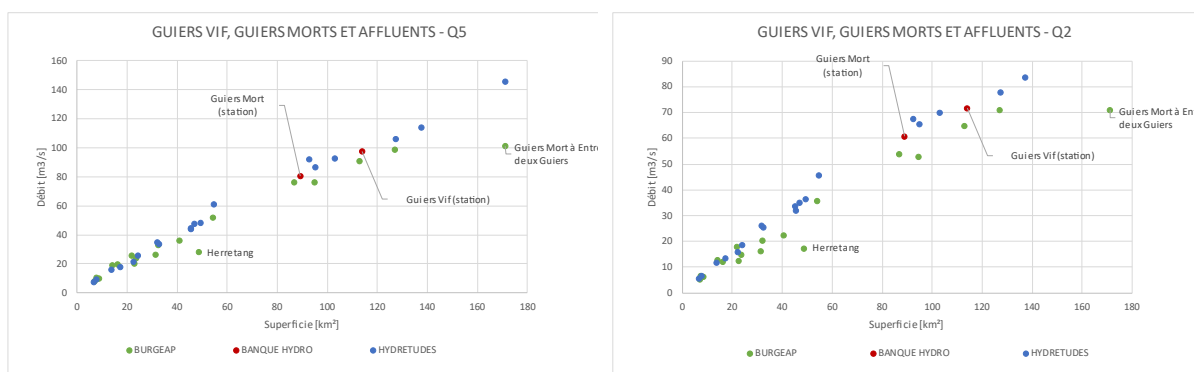
BURGEAP (2010). Elles ont été adoptées pour l'étude de l'aléa de référence dans la présente étude (cf. annexe 6).

- Q50 : Les valeurs proposées par BURGEAP (2010) sont en dessous des valeurs estimées aux stations. Dans une moindre mesure c'est aussi le cas des nouvelles estimations.
- Q20 : les valeurs proposées par BURGEAP (2010) sont dans une fourchette basse par rapports aux valeurs estimées aux stations mais s'en rapprochent.
- Q10 : les valeurs proposées par BURGEAP (2010) et HYDRETTUES sont dans une même gamme de valeurs et très proches des statiques des deux stations hydrométriques.
- Q2 et Q5 : les valeurs proposées par BURGEAP (2010) sont dans une fourchette haute par rapports aux valeurs estimées aux stations. Elles sous-estiment les débits. Les valeurs proposées par HYDRETTUES forment des régressions très proches des statiques des deux stations hydrométriques.

Enfin, à noter les valeurs de débit sur le Guiers Mort à Entre Deux Guiers et de l'Herretang pour l'étude BURGEAP (2010) qui s'éloignent sensiblement des courbes de régression. L'hypothèse avancé par BURGEAP, et que nous confirmons, est la spécificité de la plaine de St Laurent du Pont (faible pente, ralentissement de la cinétique des crues) qui joue le rôle d'amortissement de crue pour le Guiers Mort et ses affluents (l'Herretang principalement). Rappelons également que du fait de la taille des mailles du MNT (38 m) et de la complexité de l'occupation du sol, les limites de certains bassins versants ne sont pas totalement les mêmes entre le modèle pluie-débit et les données BURGEAP.

**Cette particularité est prise en compte dans le couplage modèle hydrologique / modèle hydraulique pour la présente étude.**





Les résultats retenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Résultats obtenus à partir du modèle MESRI (HYDRETUDES) sur le Guiers amont (territoire n°1)

Rivière	Localisation	Surface [km²]	Q2 [m³/s]	Q5 [m³/s]	Q10 [m³/s]	Q20 [m³/s]	Q50 [m³/s]	Q100 [m³/s]
Guiers Mort amont - Secteur de Saint-Pierre de Chartreuse - La Diat								
Couzon	Saint pierre de chartreuse	7.7	6.9	9.1	10.6	12.3	14.5	16.1
Guiers Mort	Saint pierre de chartreuse	13.8	12.0	15.8	18.4	21.3	25.1	28.0
Herbetan Mort	Saint pierre de chartreuse	32.0	26.2	34.7	40.3	46.9	55.3	61.7
Guiers Mort	Saint pierre de chartreuse aval	54.6	45.9	60.8	70.6	82.0	96.8	107.9
Guiers Mort aval : Secteur de Saint-Laurent du Pont - Entre Deux Guiers								
Guiers Mort	Saint Laurent du pont (Station HYDRO avec surface MESRI)	95.0	65.4	86.7	100.7	116.9	137.9	153.6
Guiers Mort	Guiers Mort Amont Merdaret-Herretang	103.1	69.9	92.6	107.6	124.8	147.0	163.7
Guiers Mort	Entre deux Guiers	170.9	109.8	145.5	169.0	195.6	230.1	255.9
Merdaret-Herretang								
Saint Joseph	Chorolant amont confluence	6.8	5.6	7.4	8.6	9.9	11.7	13.0
Merdaret	Merdaret Pont de Demay	17.2	13.6	18.1	21.0	24.4	28.7	32.0
Merdaret-Herretang	Saint Joseph (aval Chorolant)	32.6	25.5	33.7	39.2	45.4	53.5	59.6
Herretang	Merdaret-Herretang (Vilette)	45.4	33.9	44.9	52.2	60.3	70.9	78.8
Herretang	Confluent Guiers Mort	49.3	36.5	48.4	56.2	64.9	76.2	84.6
Guiers Vif amont - Secteur de Saint-Pierre d'Entremont - Bourg								
Guiers Vif	Guiers Vif amont Herbetant Vif	22.4	16.0	21.8	25.7	29.6	34.6	38.4
Herbetant vif	Saint pierre d'Entremont	24.1	18.8	25.6	30.2	34.9	40.9	45.4
Cozon	Saint pierre d'entremont	45.5	32.2	43.8	51.7	59.8	70.4	78.3
Guiers Vif	Saint Pierre d'Entremont amont	46.9	35.1	47.8	56.4	65.0	76.2	84.6
Guiers Vif	Saint pierre d'entremont aval	92.6	67.5	91.8	108.4	125.2	147.1	163.4
Guiers Vif - Secteur Saint Christophe sur Guiers - Les Echelles								
Guiers Vif	Saint Christophe sur Guiers (Surface MERSRI)	127.4	77.8	105.8	124.9	144.1	169.0	187.7
Guiers Vif	Guiers Vif Amont confluence	137.4	83.7	113.9	134.5	155.1	181.9	201.9
Guiers - Secteur Les Echelles								
Guiers	Guiers aval confluence	319.6	153.0	202.7	235.5	272.1	319.5	355.0
Guiers	Guiers amont des Gorges de Chailles	366.78	160.3	212.4	246.7	284.5	333.4	370.1

### FORME DES HYDROGRAMMES

La forme de l'hydrogramme caractéristique pour les crues intermédiaires a été déterminée à partir de des hydrogrammes modélisés par HYDRETUDES avec le modèle Pluie-débit MESRI. De façon à garder l'information fournie par le modèle sur la réponse dite « géomorphologique » de chaque sous-bassin versant à une sollicitation pluvieuse, les hydrogrammes normés modélisés pour chaque point d'injection ont été utilisés et appliqués aux débits de pointe susmentionnés. L'utilisation des formes des hydrogrammes de crues extraites des données de débits aux stations n'est ici pas

envisagée du fait de la multiplicité des cours d'eau non jaugés à prendre en compte (manque de données hydrométriques).

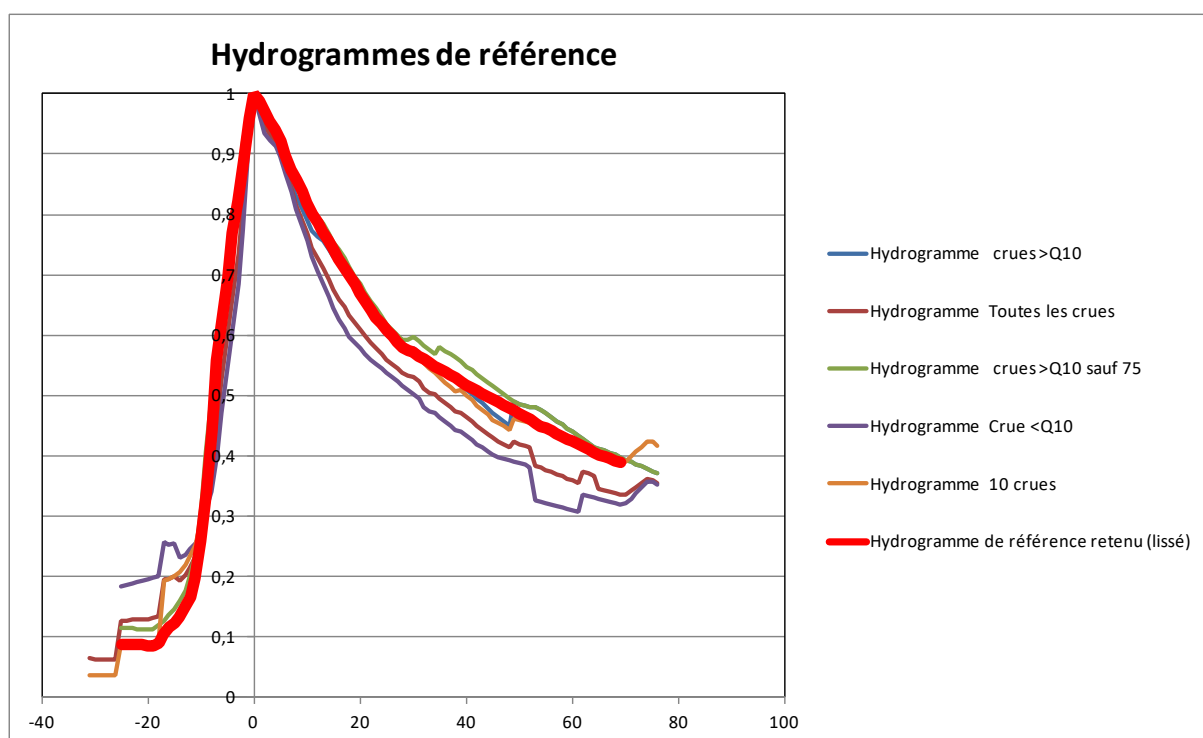
## TERRITOIRE N°2 : AINAN

### DÉBIT DE POINTE

Les débits de pointe pour les crues courantes et moyennes (Q2 à Q50) sont issues de l'étude Burgeap (2006) réalisée dans le cadre du Schéma d'aménagement et de gestion du bassin versant de l'Ainan.

### FORME DES HYDROGRAMMES

L'hydrogramme de référence normé retenu pour la crue de l'Ainan est celui déterminé par HYDRETUDES en 2017 à partir de l'analyse des hydrogrammes des crues extraites de la banque Hydro. Il présente une montée de crue d'environ 15-20 heures (durée de la croissance rapide d'environ 12h) et une décrue longue sur plus de 60 heures traduisant des écoulements retardés importants sur ce bassin versant (fin de l'écoulement rapide crue à + 30 heures). Il est appliqué à l'ensemble des points de calcul et des périodes de retour.



## TERRITOIRE N°3 : GUIERS AVAL

### DÉBIT DE POINTE

Les chroniques de débits à la station de Belmont-Tramonet sont suffisamment longues pour permettre d'estimer, à partir des mesures et par une approche standardisée, les débits pour les crues courantes et moyennes (Q<sub>2</sub> à Q<sub>50</sub>).

Les ajustements statistiques réalisés par la CNR (Compagnie Nationale du Rhône) récupérés en 2015 lors de l'étude hydrologique de MERLIN pour le SIAGA (MERLIN, 2015) sont considérés comme fiables pour les temps de retour inférieurs ou égaux à 50 ans, étant donnée la durée de l'échantillon pris en compte. En effet, l'ajustement a été réalisé sur la chronique de 1964 à 2010, soit 46 ans (voir figure ci-dessus). Les crues récentes ne remettent pas en question cet ajustement.

Le paramètre de la transposition est identifié à partir des résultats de la modélisation hydrologique Pluie-Débit de façon à garder l'information fournie par le modèle sur la réponse dite « géomorphologique » de chaque sous-bassin versant à une sollicitation pluvieuse. Le coefficient de transposition alpha est de 0.7, ce qui est concordant avec les données de la littérature qui donne un alpha pour les crues entre 0.7 et 0.8. Les débits de pointe aux autres points de calculs sont ainsi obtenus à partir des différentes estimations Q<sub>2</sub> à Q<sub>50</sub> de la CNR à la station de Belmont -Tramonet en utilisant la formule de Myer avec un coefficient de 0,70 constant quelle que soit la crue.

### FORME DES HYDROGRAMMES

La forme de l'hydrogramme caractéristique pour les crues intermédiaires a été déterminée à partir de l'analyse des hydrogrammes de crues extraites des données de débits horaires de 1990 à 2016 fournies par la CNR à la DDT73 dans le cadre de la présente étude. L'objectif est de mieux appréhender les apports souterrains et écoulements retardés.

Sur la période 1990-2016 24 crues ont été identifiées et les hydrogrammes horaires extraits. La figure ci-dessous présente les hydrogrammes normés centrés réduits pour 18 de ces 24 crues (les crues complexes ont été éliminées d'office de l'échantillon du fait de plus de deux pointes de crue – excepté celle de 2002). Ces crues ont des temps de retour entre 2 et 50 ans et sont relativement variables du fait de la triple influence des crues de l'Ainan, du Guiers Vif et du Guiers Mort.

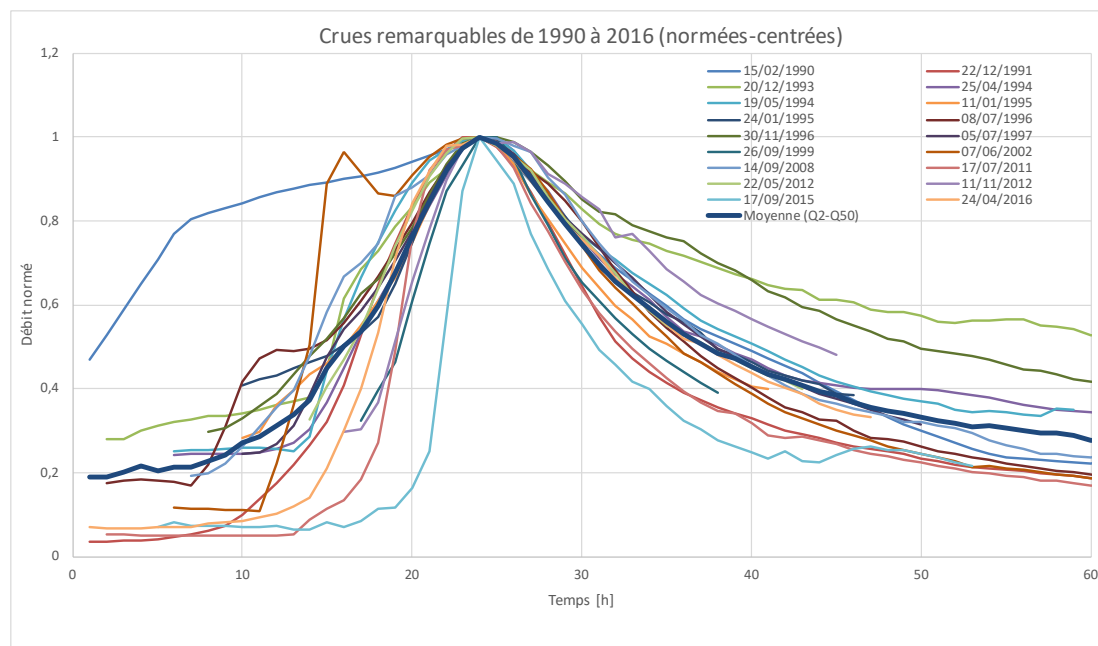


Figure 34 Comparaison des hydrogrammes normés centrés réduits

La forme de l'hydrogramme caractéristique peut être déterminée en utilisant une moyenne calculée sur toutes les crues, les crues de fréquence  $\leq 10$  ans (15 crues), ou  $\geq 20$  ans (3 crues) ... L'hydrogramme caractéristique retenu pour les crues intermédiaires est au final la moyenne des 18 hydrogrammes normés centrés réduits (moyenne Q2-Q50). Il est appliqué à l'ensemble des points de calcul.

La comparaison de l'hydrogramme caractéristique retenu avec l'hydrogramme de référence Q100 (issu du modèle pluie-débit) à la station de Belmont-Tramonet montre une bonne correspondance entre le modèle et les crues observées avec un temps de montée moyen de 20h et une durée totale d'environ 60h. La correspondance sur les plus fort débits (débit normé  $> 0.8$ ) est la meilleure avec la moyenne des 3 crues les plus fortes. En revanche, les apports souterrains et retardés semblent moins bien pris en compte. C'est pourquoi, pour l'étude des crues plus faibles, l'hydrogramme caractéristique issue des observations est retenu.

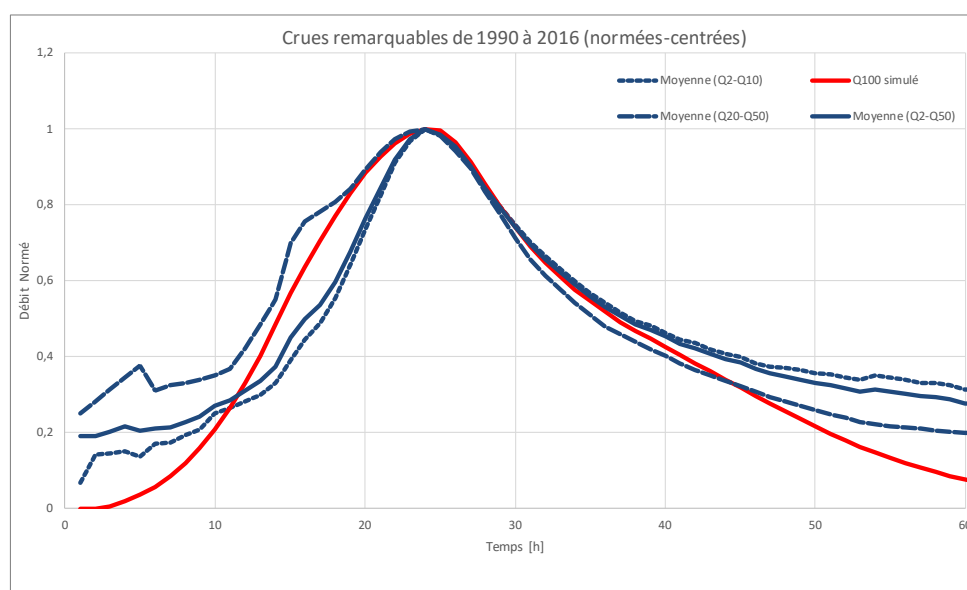
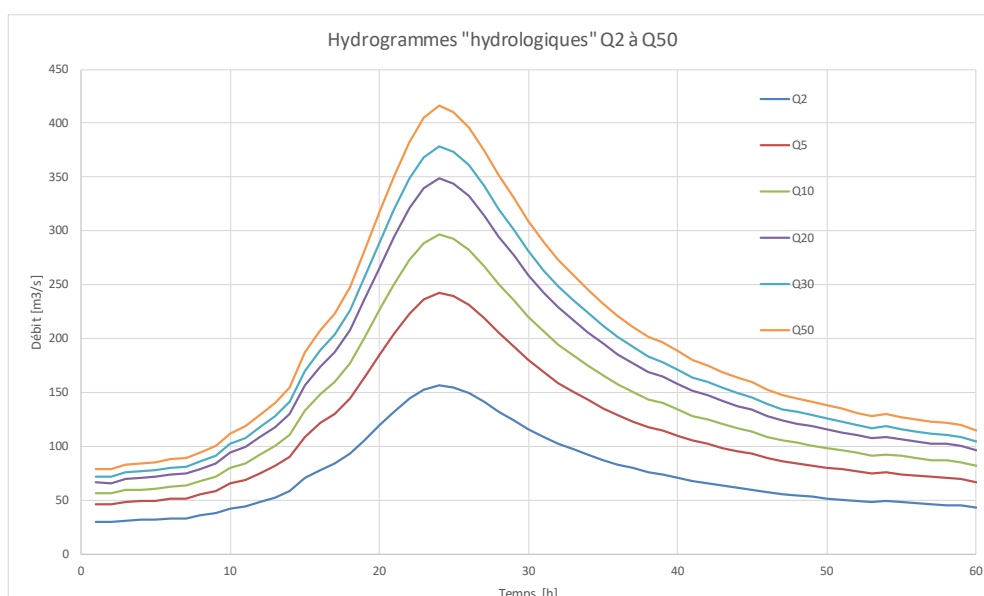


Figure 35 : hydrogramme de référence retenu (normé) et comparaison avec l'hydrogramme de référence Q100 (issu de MESRI) à la station de Belmont-Tramonet.





*Figure 36 - Hydrogrammes intermédiaires Q2 -Q50 du Guiers à Belmont-Tramonet (territoire n°3)*