

# Concomitance et impacts des affluents sur le Rhône

© Photographie : CNR, Direction régionale de Valence, Juan Robert

Janvier 2011

<b>1</b>	<b>CADRE ET OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>1</b>
1.1	<b>Contexte</b>	<b>1</b>
1.2	<b>Périmètre du secteur à l'étude</b>	<b>1</b>
1.3	<b>Phasage de la prestation</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>METHODOLOGIE</b>	<b>5</b>
2.1	<b>Phase 1</b>	<b>5</b>
2.1.1	Synthèse des données hydrologiques	5
2.1.2	Scénarios hydrologiques	7
2.1.3	Données nécessaires pour la simulation des scénarios	16
2.1.4	Résultats et analyse des scénarios	21
2.2	<b>Phase 2</b>	<b>31</b>
2.3	<b>Phase 3</b>	<b>31</b>
2.4	<b>Phase 4 : impact des aménagements</b>	<b>31</b>
2.5	<b>Phase 5 : Cas test de la Durance</b>	<b>33</b>
2.6	<b>Récapitulatif de la démarche</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>SYNTHESE ET ANALYSE PAR AFFLUENT</b>	<b>39</b>
3.1	<b>Amont du lac Léman</b>	<b>39</b>
3.1.1	Synthèse	39
3.2	<b>L'Arve</b>	<b>43</b>
3.2.1	Analyse des crues historiques du Rhône	43
3.2.2	Impact des aménagements	45
3.3	<b>Valserine</b>	<b>47</b>
3.3.1	Analyse des crues historiques du Rhône	47
3.3.2	Impact des aménagements	48
3.4	<b>Le Fier</b>	<b>51</b>
3.4.1	Analyse des crues historiques du Rhône	51
3.4.2	Impact des aménagements	53
3.5	<b>Le Guiers</b>	<b>58</b>
3.5.1	Analyse des crues historiques du Rhône	58
3.5.2	Impact des aménagements	59
3.6	<b>La Bourbre</b>	<b>62</b>
3.6.1	Analyse des crues historiques du Rhône	62
3.6.2	Impact des aménagements	63
3.7	<b>L'Ain</b>	<b>64</b>
3.7.1	Analyse des crues historiques du Rhône	64
3.7.2	Impact des aménagements	65
3.8	<b>La Saône</b>	<b>68</b>
3.8.1	Analyse des crues historiques du Rhône	68
3.8.2	Impact des aménagements	70
3.9	<b>Le Gier</b>	<b>72</b>
3.9.1	Analyse des crues historiques du Rhône	72
3.9.2	Impact des aménagements	73
3.10	<b>La Cance</b>	<b>76</b>
3.10.1	Analyse des crues historiques du Rhône	76
3.10.2	Impact des aménagements	77
3.11	<b>Le Doux</b>	<b>79</b>
3.11.1	Analyse des crues historiques du Rhône	79
3.11.2	Impact des aménagements	80
3.12	<b>L'Isère</b>	<b>83</b>
3.12.1	Analyse des crues historiques du Rhône	83
3.12.2	Impact des aménagements	85
3.13	<b>L'Eyrieux</b>	<b>88</b>
3.13.1	Analyse des crues historiques du Rhône	88

3.13.2Impact des aménagements.....	90
<b>3.14 Drôme.....</b>	<b>93</b>
3.14.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	93
3.14.2Impact des aménagements.....	94
<b>3.15 Le Roubion.....</b>	<b>97</b>
3.15.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	97
3.15.2Impact des aménagements.....	98
<b>3.16 Ardèche.....</b>	<b>100</b>
3.16.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	100
3.16.2Impact des aménagements.....	101
<b>3.17 Le Lez.....</b>	<b>104</b>
3.17.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	104
3.17.2Impact des aménagements.....	105
<b>3.18 La Cèze.....</b>	<b>107</b>
3.18.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	107
3.18.2Impact des aménagements.....	108
<b>3.19 L'Aygues.....</b>	<b>111</b>
3.19.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	111
3.19.2Impact des aménagements.....	112
<b>3.20 L'Ouvèze.....</b>	<b>114</b>
3.20.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	114
3.20.2Impact des aménagements.....	115
<b>3.21 Durance.....</b>	<b>118</b>
3.21.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	118
3.21.2Impact des aménagements.....	120
<b>3.22 Le Gard.....</b>	<b>123</b>
3.22.1Analyse des crues historiques du Rhône.....	123
3.22.2Impact des aménagements.....	124
<b>3.23 Conclusions.....</b>	<b>127</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau des temps de propagation de la station de l'affluent jusqu'à la confluence avec le Rhône.....	8
Tableau 2 : Tableau des décalages temporels des affluents pour les crues historiques du Rhône .....	9
Tableau 3 : légende associée aux scénarios .....	11
<b>Tableau 4 : Scénarios hydrologiques de base de type océanique.....</b>	<b>12</b>
Tableau 5 : Scénarios hydrologiques de base de type méditerranéen .....	13
Tableau 6 : Scénarios hydrologiques de base de type cévenol .....	14
Tableau 7 : Scénarios hydrologiques de base de type généralisé .....	15
Tableau 8 : Analyse historique de la propagation sur le Rhône .....	17
Tableau 9 : Propagations sur le Rhône définies dans le modèle.....	18
Tableau 10 : Débits caractéristiques des affluents aux stations.....	20
Tableau 11 : Débits caractéristiques du Rhône .....	21
Tableau 12 : Résultats des scénarios de base océaniques .....	23
Tableau 13 : résultats des scénarios de base méditerranéens .....	26
Tableau 14 : Résultats des scénarios cévenols de base .....	28
Tableau 15 : résultats des scénarios généralisés de base.....	30
Tableau 16 : Impact des aménagements prévus sur la Durance pour différents décalages temporels à la station de Beaucaire (cm) .....	33
Tableau 17 : Caractéristiques du Lac Léman .....	40
Tableau 18 : Scénarios de crues exceptionnelles du Rhône en aval de la confluence avec l'Arve.....	41
Tableau 19 : Débits caractéristiques de l'Arve.....	43
Tableau 20 : Concomitance Arve/Rhône (EGR) .....	44
Tableau 21 : Arve - Impact des aménagements sur les crues océaniques.....	45
Tableau 22 : Arve – Impact des aménagements sur les crues généralisées.....	46
Tableau 23 : Débits caractéristiques de la Valserine à la station de Lancrans .....	47
Tableau 24 : Valserine – Impact des aménagements sur les crues océaniques .....	48
Tableau 25 : Valserine – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes .....	49
Tableau 26 : Valserine - Impact des aménagements sur les crues généralisées .....	50
Tableau 27 : Débits caractéristiques du Fier à Vallières .....	51
Tableau 28 : Concomitance Fier/Rhône (EGR) .....	51
Tableau 29 : Fier – Impact des aménagements sur les crues océaniques .....	53
Tableau 30 : Fier – Impact des aménagements sur les crues généralisées.....	54
Tableau 31 : Fier – Impact des aménagements sur les crues océaniques –décalage de 10h.....	55
Tableau 32 : Fier – Impact des aménagements sur les crues océaniques – concomitance .....	55
Tableau 33 : Fier – Impact des aménagements sur les crues généralisées –décalage 10h.....	56
Tableau 34 : Fier – Impact des aménagements sur les crues généralisées –concomitance .....	56
Tableau 35: Débit caractéristiques du Guiers à Belmont .....	58
Tableau 36 : Guiers – Impact des aménagements sur les crues océaniques.....	59
Tableau 37 : Guiers- impact des aménagements pour les crues généralisées .....	60
Tableau 38 : Guiers/Bourbre- impact des aménagements pour les crues océaniques.....	61
Tableau 39 : Guiers/Bourbre- impact des aménagements pour les crues généralisés.....	61
Tableau 40 : Débits caractéristiques de la Bourbre à Jamézieu .....	62
Tableau 41: Débits caractéristiques de l'Ain à Chazey .....	64
Tableau 42 : Concomitance Ain/Rhône (EGR) .....	64
Tableau 43 : Ain – Impact des aménagements sur les crues océaniques.....	66
Tableau 44 : Ain – Impact des aménagements sur les crues méditerranéennes.....	66
Tableau 45 : Ain – Impact des décalages sur les crues généralisées .....	67

Tableau 46 : Débits caractéristiques de la Saône à Couzon.....	68
Tableau 47 : Concomitance Saône/Rhône (EGR) .....	68
Tableau 48 : Saône – Impact des aménagements sur les crues océaniques.....	70
Tableau 49 : Saône – Impact des aménagements sur les crues généralisées.....	71
Tableau 50 : Débits caractéristiques du Gier à Givors.....	72
Tableau 51 : Gier – Impact des aménagements sur les crues méditerranéennes .....	74
Tableau 52 : Gier – Impact des aménagements sur les crues cévenoles .....	74
Tableau 53 : Gier – Impact des aménagements sur les crues généralisées .....	75
Tableau 54 : Débits caractéristiques de la Cance à Sarras.....	76
Tableau 55 : Cance – Impact des aménagements sur les crues méditerranéennes .....	77
Tableau 56 : Cance – Impact des aménagements sur les crues cévenoles.....	78
Tableau 57 : Cance – Impact des aménagements sur les crues généralisées.....	78
Tableau 58 : Débits caractéristiques du Doux à la station de Colombier.....	79
Tableau 59 : Crues historiques du Doux.....	79
Tableau 60 : Doux – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes.....	81
Tableau 61 : Doux – impact des aménagements sur les crues cévenoles .....	81
Tableau 62 : Doux – impact des aménagements sur les crues généralisées .....	82
Tableau 63 : Débits caractéristiques de l'Isère à Beaumont-Monteux.....	83
Tableau 64 : tableau de la concomitance Isère/Rhône (EGR) .....	83
Tableau 65 : Isère – impact des aménagements sur les océaniques.....	85
Tableau 66 : Isère – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes .....	86
Tableau 67 : Isère – impact des aménagements sur les crues généralisées .....	87
Tableau 68 : débits caractéristiques de l'Eyrieux à la station des Ollières .....	88
Tableau 69 : Crues historiques de l'Eyrieux.....	88
Tableau 70 : Concomitance Eyrieux/Rhône.....	89
Tableau 71 : Eyrieux – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes .....	90
Tableau 72 : Eyrieux – impact des aménagements sur les crues cévenoles.....	91
Tableau 73 : Eyrieux – impact des aménagements sur les crues généralisées .....	92
Tableau 74 : Débits caractéristiques de la Drôme à Loriol.....	93
Tableau 75 : Concomitance Drôme/Rhône.....	93
Tableau 76 : Drôme – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes .....	95
Tableau 77 : Drôme – impact des aménagements sur les crues cévenoles.....	95
Tableau 78 : Drôme – impact des aménagements sur les crues généralisées.....	96
Tableau 79 : Débits caractéristique du Roubion à Montélimar .....	97
Tableau 80 : Roubion – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes.....	98
Tableau 81 : Roubion – impact des aménagements sur les crues cévenoles .....	99
Tableau 82 : Roubion – impact des aménagements sur les crues généralisées .....	99
Tableau 83: Débits de pointe de l'Ardèche à la station de la sauze .....	100
Tableau 84 : Concomitance Ardèche/Rhône (EGR) .....	100
Tableau 85 : Ardèche – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes.....	102
Tableau 86 : Ardèche – impact des aménagements sur les crues cévenoles .....	102
Tableau 87 : Ardèche – impact des aménagements sur les crues généralisées .....	103
Tableau 88 : Débits caractéristiques du Lez à Bollène .....	104
Tableau 89 : Lez – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes .....	105
Tableau 90 : Lez – impact des aménagements sur les crues cévenoles.....	106
Tableau 91 : Lez – impact des aménagements sur les crues généralisées.....	106
Tableau 92 : Débits caractéristiques de la Cèze à Bagnols/Cèze.....	107
Tableau 93 : Concomitance Cèze/Rhône (EGR) .....	107

Tableau 94 : Cèze – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes.....	109
Tableau 95 : Cèze – impact des aménagements sur les crues cévenoles .....	109
Tableau 96 : Cèze – impact des aménagements sur les crues généralisées .....	110
Tableau 97 : Débits caractéristiques de l'Aygues à Orange.....	111
Tableau 98 : Aygues – Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes.....	112
Tableau 99 : Aygues – Impact des aménagements pour les crues cévenoles .....	113
Tableau 100 : Aygues – Impact des aménagements pour les crues généralisées .....	113
Tableau 101 : Débits caractéristiques de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine .....	114
Tableau 102 : Ouvèze - Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes .....	116
Tableau 103 : Ouvèze - Impact des aménagements pour les crues cévenoles.....	116
Tableau 104 : Ouvèze - Impact des aménagements pour les crues généralisées.....	117
Tableau 105 : Débits caractéristiques de la Durance à Bonpas .....	118
Tableau 106 : Concomitance Durance/Rhône (EGR) .....	119
Tableau 107 : Durance – Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes .....	120
Tableau 108 : Durance – Impact des aménagements pour les crues cévenoles.....	121
Tableau 109 : Durance – Impact des aménagements pour les crues généralisées.....	122
Tableau 110 : Débits caractéristiques du Gard à Remoulins .....	123
Tableau 111 : Concomitance Gard/Rhône (EGR).....	123
Tableau 112 : Gard – Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes.....	125
Tableau 113 : Gard – Impact des aménagements pour les crues cévenoles .....	125
Tableau 114 : Gard – Impact des aménagements pour les crues généralisées .....	126



# 1 CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

## 1.1 Contexte

Cette étude qui s'intègre dans le cadre du volet inondations du Plan Rhône vise à coordonner les efforts faits sur le Rhône et les affluents. Elle concerne la mise en place d'une méthodologie globale visant à **évaluer et gérer les actions sur les affluents du Rhône** par rapport au risque de concomitance avec les crues du Rhône.

L'Etude Globale Rhône (EGR) réalisée suite aux inondations de 1993 et 1994, a permis de mieux connaître le fonctionnement du Rhône et de proposer une stratégie globale de prévention des inondations. Cette étude attirait notamment l'attention sur le **risque de concomitance** accrue par la mise en place d'aménagements de rétention dynamique pourtant encouragés par la directive européenne.

L'objectif de cette étude est donc d'engager une **réflexion méthodologique globale** de façon à aboutir à une **grille d'analyse opérationnelle** permettant de préciser la manière d'étudier les impacts d'un projet ou d'un programme d'aménagements prévu sur les différents types d'affluents au regard du régime hydrologique global du Rhône.

## 1.2 Périmètre du secteur à l'étude

Le Rhône à Beaucaire draine une surface de 95 590 km<sup>2</sup>. Son bassin couvre près de 20% du territoire français réparti en 20 départements.

L'ensemble des affluents majeurs du Rhône a été étudié, à savoir, 21 cours d'eau. La carte page suivante présente les bassins versants des 21 affluents et stations hydrométriques étudiés.

Ces 21 affluents étudiés représentent approximativement 80% du bassin versant du Rhône.





## 1.3 Phasage de la prestation

L'étude comporte les cinq grandes phases suivantes :

1. Définition et caractérisation des **scénarios hydrologiques** de base pour l'évaluation du rôle des affluents par rapport aux crues du Rhône,
2. Développement d'une **méthode d'évaluation** de l'impact des travaux sur les affluents par rapport aux crues du Rhône,
3. Préparation des **modalités de coordination** des études et travaux réalisés sur les affluents par rapport aux différents schémas d'aménagements sur le Rhône,
4. Définition des **limites de modifications** du régime d'un affluent par rapport aux crues du Rhône en termes de concomitance,
5. **Test de la méthodologie** sur un cas concret de programme en cours, celui de la Durance.

Les détails de la méthodologie employée pour réaliser les différentes phases de la prestation sont présentés dans le chapitre suivant.

Le récapitulatif de la démarche est présenté au chapitre 2.6 page 34.



# Méthodologie

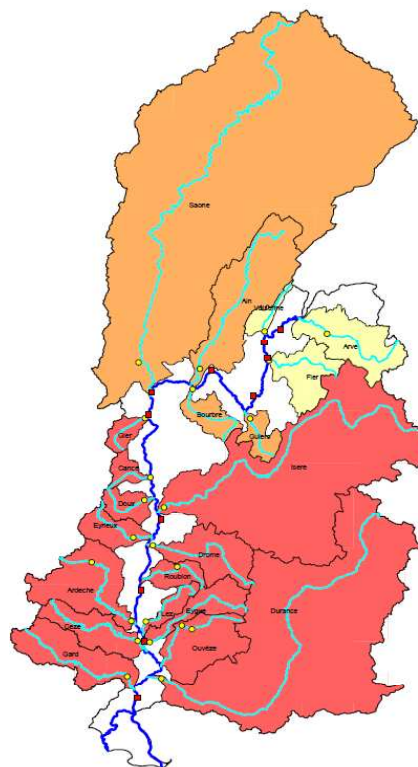




Les crues de **type méditerranéen** affectent avant tout la partie du bassin versant située au Sud de Valence. Les précipitations peuvent être variables (de moyenne à exceptionnelle) à l'intérieur de la zone touchée.

Les affluents principalement touchés sont :

- L'Isère
- La Drôme
- Le Roubion
- Le Lez
- L'Aygues
- L'Ouvèze
- La Durance
- Le Gier
- La cance
- Le Doux
- L'Eyrieux
- L'Ardèche
- La Cèze
- Le Gard



La carte précédente présente la zone principalement touchée par ce type de crue.

Les crues de **type généralisé** affectent la totalité du bassin versant du Rhône. Trois types de scénarios généralisés peuvent se produire :

- des épisodes méditerranéen et océanique simultanés,
- un épisode océanique suivi d'un épisode méditerranéen, induisant une forte concomitance de l'ensemble des affluents,
- un épisode méditerranéen qui s'étend sur la partie nord du bassin versant : les crues méditerranéennes extensives.

Les affluents concernés par ce type de crues sont l'ensemble des 21 affluents étudiés.





<b>Affluent</b>	<b>Station</b>	<b>distance confluence (km)</b>	<b>propagation station- confluence (heure)</b>
<b>Arve</b>	Arthaz	31,2	3
<b>Valserine</b>	Lancrans	2,6	0
<b>Fier</b>	Motz	2,2	0
<b>Guiers</b>	Belmont	7,4	1
<b>Bourbre</b>	Jameyzieu	1,5	0
<b>Ain</b>	Chazey	17,2	2
<b>Saone</b>	Couzon	17,0	4
<b>Gier</b>	Givors	0,8	0
<b>Cance</b>	Sarras	0,7	0
<b>Doux</b>	Colombier	12,6	2
<b>Isère</b>	Beaumont	6,6	1
<b>Eyrieux</b>	Les Ollières	17,9	2
<b>Drome</b>	Loriol	4,2	1
<b>Roubion</b>	Montélimar	6,0	1
<b>Ardèche</b>	Sauze	5,5	1
<b>Lez</b>	Bollène	11,0	1
<b>Ceze</b>	Bagnols	9,2	1
<b>Aygues</b>	orange	11,0	1
<b>Ouvèze</b>	Vaison la Romaine	39,5	3
<b>Durance</b>	Bonpas	10,2	2
<b>Gard</b>	Remoulins	14,4	2

**Tableau 1 : Tableau des temps de propagation de la station de l'affluent jusqu'à la confluence avec le Rhône**

Le tableau suivant présente le décalage temporel à la confluence pour chaque affluent et chaque crue historique du Rhône dont les données sont disponibles en données horaires.

	Décalage à la confluence (heures)																	Choix des décalages pour les scénarios														
	océanique		méditerranéen				cévenol					généralisé				global			Océanique			méditerranéen			cevenol			généralisé				
	1944	1990	1907	1951	1994	2003	1890	1907	1958	1996	2002	1993	1994	2005	2006	moy	max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max	min	moy	max
valserine		7									2	3		2	4	7	2	4	7	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2
fier		6			5				0		3	3		0	3	6	0	2	5	0	2	5	0	2	5	0	2	5	0	2	5	0
Guiers					8	-7			1					6	2	8	-7	2	8	-7	2	8	-7	2	8	-7	2	8	-7	2	8	-7
bourbre					4	-23			12		-1	3		5	0	12	-23	0	12	-23	0	12	-23	0	12	-23	0	5	-1			
Ain					-1	-1			-1		3	2		0	0	3	-1	2	3	0	0	3	-1	0	3	-1	0	3	-1	2	3	0
saone		-57			-17	-25			8		-14				-21	8	-57	-21	8	-57	-21	8	-57	-21	8	-57	-21	8	-57	-21	8	-57
Gier					3	7			8		4	6			6	8	3	6	8	3	6	8	3	6	8	3	6	8	3	6	8	3
Cance						9			8						9	9	8	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7
Doux					0	8			5		5	2			4	8	0	4	8	0	4	8	0	4	8	0	4	8	0	4	8	0
Isère					-1	-1			-1		0	3	0	0	0	3	-1	0	3	-1	1	3	-1	1	3	-1	1	3	-1	1	3	-1
Eyrieux					-1	8			0		1	4			2	8	-1	2	8	-1	2	8	-1	2	8	-1	2	8	-1	2	8	-1
Drome					4	1			1						2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1
Roubion						9			-3						3	9	-3	3	9	-3	3	9	-3	3	9	-3	3	9	-3	3	9	-3
Ardèche					14				0	-6	3	2			3	14	-6	3	14	-6	3	14	-6	3	14	-6	3	14	-6	3	14	-6
Lez						13			-2						6	13	-2	6	13	-2	6	13	-2	6	13	-2	6	13	-2	6	13	-2
Cèze					9	15			-7	-2	3	2			3	15	-7	7	16	1	7	16	1	0	4	-7	4	15	-7			
Eygues					8	17			23	12	24	9			16	24	8	15.5	24	8	16	24	8	16	24	8	16	24	8	16	24	8
Ouvèze					16	22			30			13			20	30	13	20.3	30	13	20.3	30	13	20.3	30	13	20.3	30	13	20.3	30	13
Durance					-5	-3			9		19	2			4	19	-5	4	19	-5	4	19	-5	4	19	-5	4	19	-5	4	19	-5
Gard					20	3			5	2	5	13			8	20	2	8	20	2	6	13	2	6	13	2	6	13	2	6	13	2

Tableau 2 : Tableau des décalages temporels des affluents pour les crues historiques du Rhône

L'analyse sur les crues historiques du Rhône montre que le décalage temporel est très variable selon les affluents, pouvant aller de quelques heures à plus de 24 heures, et pouvant pour un même affluent, comme dans le cas de la Durance, conduire à une avance ou à un retard par rapport au Rhône. Une analyse par type de crue a été effectuée, mais pour la plupart des affluents, les données ne sont pas suffisantes pour permettre une analyse fine et pouvoir établir une tendance.

On remarque par exemple que pour la Saône, le retard lors de crues océaniques est plus important que pour les autres type de crue.

Compte-tenu des données disponibles et de la variabilité observée pour les décalages temporels, la méthodologie finalement choisie a été de vérifier l'impact de la variabilité du décalage temporel pour les scénarios de base.

Ainsi, pour l'ensemble des scénarios définis, trois décalages par affluent ont été testés de façon à obtenir l'impact du décalage temporel affluent par affluent. Les trois décalages temporels testés sont les décalages présentés dans le tableau précédent. Ils correspondent au décalage moyen, au décalage minimum et au décalage maximum, avec, lorsque les données étaient suffisantes et pertinentes, une différenciation selon le type de crue.

Le chapitre « résultats et analyse des scénarios » présente de façon synthétique l'impact induit par la variation des décalages temporels pour chaque type de crue. L'annexe 7 présente pour chaque scénario, l'impact net cumulé en % du débit du Rhône des décalages temporels minimum et maximum par rapport au décalage temporel moyen.

Pour certains affluents cet impact peut être important et pourrait amener à une analyse différente de l'impact des aménagements des affluents sur les crues du Rhône. Cependant, un choix a été effectué pour fixer ces décalages temporels, afin de ne pas accroître de manière excessive le nombre de scénarios à traiter.

Pour la simulation des aménagements, le décalage semblant le plus représentatif (surligné dans le tableau précédent) a été choisi.

Remarque : pour certains affluents, des tests supplémentaires ont été effectués lors de l'analyse de l'impact des aménagements, en faisant varier le décalage de base retenu. Ces tests mettent en évidence que les résultats obtenus avec le décalage initial fournissent une tendance la plus vraisemblable pour l'impact sur les crues du Rhône, mais ne représentent pas l'ensemble très vaste des situations possibles.

### ➤ Périodes de retour

Les scénarios à modéliser doivent couvrir au mieux l'ensemble des situations météorologiques possibles sur le bassin. Les scénarios ont été définis à partir des 12 scénarios de base décrits dans l'Etude globale du Rhône (cf. annexe 8 du rapport de l'EGR). Les douze scénarios sont constitués de 3 scénarios par type de crues (océaniques, méditerranéennes, cévenoles et générales). Ces scénarios ont été complétés en s'assurant que chaque affluent était représenté pour des débits variables de faibles à extrêmes, afin d'évaluer l'impact de chaque affluent ou groupe d'affluents en fonction de sa période de retour. Ces scénarios sont cependant définis de façon à rester dans la gamme des épisodes pluvieux possibles sur le bassin versant. Au total, 23 scénarios ont été définis (6 océaniques, 6 méditerranéens, 5 cévenols et 6 océaniques) détaillés dans les tableaux pages 12 à 15.

Les tableaux suivants présentent les scénarios définis, la légende associée étant présentée ci-dessous :

Faible	<2ans	
Moyen	2-10ans	
Fort	10-50ans	
Très Fort	50-100 ans	
Exceptionnel	>100 ans	
<b>Débit de base</b>		
<b>Crue courante</b>		

**Tableau 3 : légende associée aux scénarios**

Pour réduire le nombre de scénarios, des groupements de petits affluents ont été effectués pour la simulation des décalages temporels. Le choix de ces regroupements a été fait pour des petits affluents voisins géographiquement et du point de vue météorologique :

- Le Guiers et la Bourbre
- Le Gier, la Cance et le Doux
- La Drôme et le Roubion
- Le Lez, L'Aygues et l'Ouvèze

Pour chaque scénario de base, 3 décalages temporels ont été modélisés pour chaque affluent : le décalage retenu défini dans le tableau 2 et deux décalages supplémentaires. Cela conduit à un nombre total de 487 situations, dont 78 océaniques, 150 méditerranéennes, 85 cévenoles et 174 généralisées.

Le décompte des simulations est le suivant :

Océaniques : 6 scénarios de base et 3 décalages pour 6 affluents ou groupe d'affluents (Valserine / Fier / Guiers + Bourbre/ Ain / Saône / Isère), soit :

2 décalages supplémentaires à chacun des 6 groupes d'affluents pour les 6 scénarios de crues ( $2 * 6 * 6$ ) soit un total de 78.

Méditerranéens : 6 scénarios de base et 3 décalages pour 12 affluents ou groupe d'affluents (Valserine / Ain / Saône / Gier +Cance + Doux / Isère /Eyrieux /Drome + Roubion/ Ardèche/ Cèze / lez +Aygues+Ouvèze/ Durance/ Gard), soit :

2 décalages supplémentaires à chacun des 12 groupes d'affluents pour les 6 scénarios de crues ( $2 * 12 * 6$ ) soit un total de 150.

**Cévenoles** : 5 scénarios de base et 3 décalages pour 8 affluents ou groupe d'affluents (Gier +Cance + Doux / Eyrieux /Drome + Roubion/ Ardèche/ Cèze / lez +Aygues+Ouvèze/ Durance/ Gard), soit :

2 décalages supplémentaires à chacun des 8 groupes d'affluents pour les 5 scénarios de crues (2 \* 8 \*5) soit un total de 85.

**Généralisées** : 6 scénarios de base et 3 décalages pour 14 affluents ou groupe d'affluents (Valserine / Fier / Guiers + Bourbre/ Ain / Saône / Gier +Cance + Doux / Isère /Eyrieux /Drome + Roubion/ Ardèche/ Cèze / lez +Aygues+Ouvèze/ Durance/ Gard), soit :

2 décalages supplémentaires à chacun des 14 groupes d'affluents pour les 6 scénarios de crues (2 \* 14 \*6) soit un total de 174.

Ces simulations permettent de représenter au mieux l'ensemble des situations possibles à partir des crues du Rhône, des différents évènements météorologiques et couvrent les différentes contributions de chaque affluent en terme de période de retour et de décalage temporel observables jusqu'à aujourd'hui (débit de base à crue exceptionnelle) à l'origine de la formation des crues du Rhône.

Scénarios Océaniques de base - Période de retour des affluents (années)						
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Léman	100	50	2	10	2	2
Arve	100	50	2	10	2	2
Valserine	100	50	2	10	2	2
Fier	100	50	2	10	2	2
Guiers	2	10	10	10	50	10
Bourbre	2	10	10	10	50	10
Ain	2	10	100	10	50	10
Saône	2	2	10	10	50	100
Gier						
Cance						
Doux						
Isère	2	2		10	10	
Eyrieux						
Drome						
Roubion						
Ardèche						
Lez						
Cèze						
Aygues						
Ouvèze						
Durance						
Gard						
Contexte	Crue de l'amont - proche de O1 de l'EGR mais avec l'Ain faible pour voir l'impact de l'amont fort seul	Crue de l'amont proche de O1 de l'EGR avec Ain à 10 ans	Crue de l'Ain et de la Saone proche de O2 de l'EGR	Crue moyenne sur tout le bassin versant amont pour voir l'impact sur le Rhone	Crue de l'Ain de la Saone et de l'Isère proche de O3 de l'EGR	Très forte Crue de la Saone

**Tableau 4 : Scénarios hydrologiques de base de type océanique.**

Scénarios Méditerranéens de base - Période de retour des affluents (années)						
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Léman						
Arve						
Valserine				2	2	
Fier						
Guiers						
Bourbre						
Ain				2	2	
Saône				2	2	
Gier	2	2	10		5	10
Cance	2	2	10		5	10
Doux	2	2	10		5	10
Isère	10	10	100	10	5	10
Eyrieux	2	2	10		5	10
Drome	10	100	50	10	10	50
Roubion	10	100	50	10	10	50
Ardèche	2	2	10	2	10	10
Lez	10	50	50	2	10	100
Cèze		2	10		10	10
Aygues	10	50	50	2	10	100
Ouvèze	10	50	50	2	10	100
Durance	100	10	5	2	2	5
Gard		2	10		10	10
Contexte	Très forte crue de la Durance proche de l'O1bis de l'EGR	Très forte crue de la Drome et forte crue de l'Ouvèze	Très forte crue de l'Isère et forte crue de la Drome jusqu'à l'Ouvèze	Crue méditerranéenne extensive - proche de M2 de l'EGR	Crue méditerranéenne extensive amplifiée - proche de M3 de l'EGR	Très forte crue de l'Ouvèze et forte crue de la Drome

Tableau 5 : Scénarios hydrologiques de base de type méditerranéen

Scénarios Cévenols de base - Période de retour des affluents (années)					
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Léman					
Arve					
Valserine					
Fier					
Guiers					
Bourbre					
Ain					
Saône					
Gier	20	100		10	2
Cance	20	100		10	2
Doux	20	100		10	2
Isère					
Eyrieux	20	10	100	10	2
Drome		10		2	
Roubion		10		2	
Ardèche	100	5	50	50	2
Lez		5		2	
Cèze	20	5	50	10	100
Aygues		5		2	
Ouvèze		5		2	
Durance				2	
Gard	20	5	10	10	100
Contexte	Très forte crue de l'Ardèche, proche de C1 de l'EGR	Très forte crue des bassins cévenols amont de façon à voir leur impact seul	Très forte crue de l'Eyrieux et forte crue de la Cèze et de l'Ardèche. Proche de C2 de l'EGR	Proche de C3 de l'EGR	Proche de l'évènement de 2002

**Tableau 6 : Scénarios hydrologiques de base de type cévenol**

Scénarios Généralisés de base - Période de retour des affluents (années)						
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Léman	10	10	10		2	2
Arve	10	10	10		2	2
Valserine	10	20	10		2	2
Fier	2	100			2	2
Guiers	5	2	20	10	5	10
Bourbre	5	2	20	10	5	10
Ain	20	100	50	10	5	10
Saône	20	40	50	10	5	10
Gier			10	5	2	10
Cance			10	5	2	10
Doux			10	5	2	10
Isère	10		50	10	5	2
Eyrieux			10	2	2	10
Drome	100		10	5	5	2
Roubion	20		10	5	5	2
Ardèche		10	10	2	2	50
Lez	20		10	5	5	2
Cèze		50	10	2		10
Aygues	20		10	5	5	2
Ouvèze	20		10	5	5	2
Durance	20	10	50	5	20	2
Gard		2	2			10
Contexte	Crues de l'Ain et de la Saone avec amplification sur l'aval, proche de G1 de l'EGR	Crue de l'amont puis pluies méditerranéennes, proche de G2 de l'EGR	Scénario catastrophe, forte crue de l'Ain, la Saone, l'Isère et de la Durance proche de G3 de l'EGR	Crue moyenne sur l'ensemble du bassin versant, proche de 1993	Crue moyenne sur l'ensemble du bassin versant et crue forte de la Durance	Crue moyenne sur l'ensemble du bassin versant et crue forte de l'Ardèche

Tableau 7 : Scénarios hydrologiques de base de type généralisé



### 2.1.3 Données nécessaires pour la simulation des scénarios

Les données nécessaires pour la simulation des scénarios sont les suivantes :

- Temps de propagation sur le Rhône
- Hydrogrammes-type pour les affluents

#### ➤ Temps de propagation

Au cours de l'étude de l'EGR, il avait été testé un modèle de propagation-atténuation, mais ce modèle a montré des résultats mitigés avec des difficultés de calage. Un modèle de sommation-propagation avait finalement été mis en œuvre, mais ce modèle n'a pas pu être récupéré.

Dans le cadre de cette étude un nouveau modèle de sommation-propagation a donc été développé. Ce modèle tient compte de l'apport des 21 affluents étudiés et translate les hydrogrammes résultants en tenant compte des temps de propagation entre les stations du Rhône sans atténuation.

Les temps de propagation inter-stations du Rhône ont été définis en s'appuyant sur les différentes études menées précédemment (EGR, CNR, DIREN...) et après analyse des crues historiques.

Le tableau suivant présente la synthèse des données récupérées dans les études existantes et les données historiques.

Peu de données sont disponibles sur la partie amont du Rhône jusqu'à Lagnieu. Il a donc été décidé de choisir les temps de propagation issus de l'EGR pour la partie amont du Rhône jusqu'à Lagnieu inclus.

Pour le tronçon Perrache-Beaucaire, compte tenu de la diversité des informations récoltées sur le temps de propagation, la méthode consiste à calculer une moyenne entre les données observées lors des crues historiques et à vérifier que cette moyenne correspond aux limites supérieures et inférieures définies par les études existantes.

Le choix des temps de propagation utilisés dans le modèle est présenté dans le tableau 8.

A partir du choix du temps de propagation entre les stations du Rhône (tableau 8), une vitesse de propagation constante a été calculée, permettant ainsi d'estimer le temps de propagation du Rhône entre les stations du Rhône et les confluences des affluents respectifs (tableau 9).

Il aurait été possible de choisir des temps de propagation variables en fonction du débit, cependant, les données et études récoltées ne permettaient pas d'avoir une méthode simple d'estimation et surtout, l'objectif principal de cette étude est de connaître l'impact d'aménagements sur la formation des crues du Rhône, l'état initial important moins que les différences constatées entre un état avant / après modification. De plus, un mauvais calage peut faire dériver les résultats de la propagation et faire entrer un paramètre supplémentaire compliquant encore plus l'analyse des résultats.

**Compte tenu de l'utilisation du modèle de sommation-propagation, les résultats obtenus en terme de débits de pointe sont pour certains scénarios très forts et irréalistes. En effet, le modèle ne représente pas l'atténuation de la pointe de crue qui se produira dans cette gamme de débits, du fait des débordements très importants. Cependant ces débits de pointe donnent une indication sur les débits théoriques sans atténuation.**

	pk	distance (km)	Données études								Données crues						Choix validé								
			EGR - temps de propa utilisés	EGR - crues océaniques	EGR - crues méditerranéennes	EGR - Crues cevenoles	EGR crues généralisées	anciennes études dde	récentes études	diren	CNR	1990 - océanique	oct-93	janv 94 - gen	nov1994 - med	1996 - cev	2003 - med	2006	Choix	vitesse (km/h)					
Pougy	-187																								
Bognes	-163	24	6															3	6	4					
Brens	-115	48	12															7	12	4					
Lagnieu	-58	57	12															3	12	5					
Perrache	-2	56	10								8h à 12h							10	9	6	8	9	7	8	7
Ternay	15.2	17.2	3																						
Valence	109.7	94.5	12		6 à 18h		0h à 12h	8 à 15h	6 à 8h	6h	0h à 7h	10h	6	4	5	0	0	9h	8	12					
Viviers	166.5	56.8	6		-6h à 6h		-6h à 6h	7 à 11h	5 à 7h	7h	0h à 7h	11h	13h	3h	5h	4h	6h	-4h	7	8					
Chusclan	208	41.5	11	30 à 72h	0h à 18h	6 h à 18h	-6h à 6h	10h à 14h		13h															
Beaucaire	269.6	61.6																							6h

Tableau 8 : Analyse historique de la propagation sur le Rhône

Station du Rhone	Confluence avec le Rhone	Vitesse de propagation du Rhone (km/h)	PK	Distance (km)	Propagation sur le Rhone (h)
	Arve		-210		
<b>Pouigny</b>			-187	23	6
	Valserine	4	-171	16	4
<b>Bognes</b>			-163	8	2
	Fier	4	-149	14	4
<b>Brens</b>			-115	34	9
	Guiers	5	-99	16	2
<b>Lagnieu</b>			-58	41	10
	Bourbre	7	-38	20	3
	Ain		-34	4	1
<b>Perrache</b>			-2	32	5
	Saone	4	1	3	1
<b>Ternay</b>			15	14	1
	Gier	12	18	3	1
	Cance		73	55	6
	Doux		90	17	1
	Isère		102	12	1
<b>Valence</b>			110	8	1
	Eyrieux	8	127	17	3
	Drome		132	5	0
	Roubion		158	27	2
<b>Viviers</b>			167	9	2
	Ardèche	8	192	25	3
	Lez		203	11	2
<b>Chusclan</b>			208	5	1
	Cèze	8	214	6	1
	Eygues		218	4	0
	Ouvèze		235	17	2
	Durance		248	13	2
	Gard		263	15	2
<b>Beaucaire</b>			270	7	1

**Tableau 9 : Propagations sur le Rhône définies dans le modèle**

### ➤ Hydrogrammes-type des crues des affluents

La modélisation des scénarios définis précédemment nécessite pour chaque affluent la définition d'hydrogrammes- type pour différentes périodes de retour. Lorsque les hydrogrammes types sont disponibles dans l'EGR, ceux-ci ont été directement récupérés.

Les hydrogrammes types récupérés dans l'EGR sont les hydrogrammes des affluents suivants :

- Arve
- Ain
- Saône
- Isère
- Eyrieux
- Drôme
- Ardèche
- Durance
- Gard

Pour les affluents dont les données n'étaient pas disponibles dans l'EGR, les hydrogrammes ont été définis suivant la même méthodologie que dans l'EGR de façon à rester cohérent. Les  $Q_{cx}$  ont été récupérés dans la banque hydro lorsque ceux-ci étaient disponibles, ou calculés selon une méthode statistique en fonction des données disponibles.

Le tableau 10 présente les débits caractéristiques des affluents aux stations hydrométriques étudiées.

Un certain nombre de données caractéristiques ne sont pas disponibles pour la réalisation des modélisations. Nous proposons de définir les hydrogrammes-type à partir des hydrogrammes-type existants en appliquant un coefficient multiplicatif fixe, tel que  $Q_{100} \approx 1.85 Q_{10}$ . Ces approximations sont justifiées par le fait que l'on établit des scénarios représentatifs mais pas de référence.

Dans certains scénarios le débit de base des affluents est nécessaire, nous proposons de lui affecter la valeur du minimum du  $Q_{Cx2}$ .

Dans la modélisation, les hydrogrammes-type sont injectés à la confluence avec le Rhône. Cependant, les hydrogrammes types sont calculés à la station hydrométrique qui peut être éloignée de la confluence avec le Rhône.

Lorsque le bassin versant à la station de l'affluent est inférieur à 85% du bassin versant total, l'hydrogramme-type n'est plus représentatif. Nous proposons donc d'appliquer un coefficient multiplicateur en fonction du rapport des surfaces.

Les affluents concernés par cette non représentativité sont les suivants : l'Ouvèze, le Doux, l'Eyrieux et l'Arve.

Les hydrogrammes-type définis pour la modélisation des scénarios sont présentés dans le rapport d'annexe (annexe 4).

Les débits caractéristiques de chaque affluent à la confluence utilisés pour les simulations sont présentés en annexe 5.

	Stations	% bv station	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Sources
<b>Léman</b>			350		600			650	EGR
<b>Arve</b>	Arthaz	78	380		630	740	980	1160	EGR
<b>Valserine</b>	Lancrans	98	190	230	250	280	310		Banque hydro
<b>Fier</b>	Motz	100	450	620	730	840	1970		calcul Egis
<b>Guiers</b>	Belmont	93	200	300	360	430			calcul Egis
<b>Bourbre</b>	Jamezieu	100	30	40	47	54	63		Banque hydro
<b>Ain</b>	Chazey	97	920		1410	1590	2030	2360	EGR
<b>Saône</b>	Couzon	96	1640		2200	2410	2950	3355	EGR
<b>Gier</b>	Givors	100	60		210	290	400	480	Sogreah-2009
<b>Cance</b>	Sarras	100	80	150	190	230	290		Banque hydro
<b>Doux</b>	Colombier	60	130	200	250	300	360		Banque hydro
<b>Isère</b>	Beaumont	100	1170		1600	1760	2770	3530	EGR
<b>Eyrieux</b>	Ollières	77	370		920	1280	1740	2090	EGR
<b>Drome</b>	Loriol	100	210		370	430	590	710	EGR
<b>Roubion</b>	Soyans	32	50	70	80	120	140		Banque hydro
<b>Roubion</b>	Montélimar	98	180		520	650	820		calcul egis
<b>Ardèche</b>	Sauze	99	1830		3390	4260	5400	6230	EGR
<b>Lez</b>	Bollène	94	130	255	330	410	575		calcul egis
<b>Cèze</b>	Bagnols/Cèz	86	540		1110	1550	2130	2560	EGR
<b>Aygues</b>	Orange	93	200	340	430	520	630	970	calcul egis
<b>Ouvèze</b>	Vaison	32	160	260	320	390	470		Banque hydro
<b>Durance</b>	Bonpas	100	930		2390	3160	4160	5000	EGR
<b>Gard</b>	Remoulins	93	860		1800	2400	3170	3745	EGR

Tableau 10 : Débits caractéristiques des affluents aux stations

## ➤ Débits caractéristiques du Rhône

Pour l'analyse des résultats des scénarios, les débits caractéristiques du Rhône aux stations étudiées étaient nécessaires. Ces données sont issues de l'EGR et sont présentées dans le tableau 11.

	Débits de pointe (source EGR) m3/s						
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1000 ans
<b>Pougny</b>	949		1180	1400		1468	1800
<b>Bognes</b>	1072	1400	1447	1700		1915	2380
<b>Seyssel</b>	1014		1426			1941	2450
<b>Brens</b>	1374	1500	1718	1800	2000	2147	2570
<b>Lagnieu</b>	1344	1700	1813	2000	2300	2398	2970
<b>Perrache</b>	2234	2700	3121	3400	3800	4228	5310
<b>Ternay</b>	3288	4000	4445	5100	5700	5889	7310
<b>Valence</b>	4097		5616			7511	9370
<b>Viviers</b>	4480		6099			8118	10100
<b>Chusclan</b>	5213	6788	7831	8831		<b>10494</b>	<b>13156</b>
<b>Beaucaire</b>	6059		8392			11302	14160

**Tableau 11 : Débits caractéristiques du Rhône**

Les données à Chusclan n'étant pas disponibles, les débits caractéristiques ont été calculés à partir des données journalières depuis 1996 pour les débits de deux ans à vingt ans et calculés par application d'un coefficient pour les périodes de retour cent ans et mille ans.

### 2.1.4 Résultats et analyse des scénarios

L'ensemble des scénarios définis précédemment ont été simulés.

Dans un premier temps, sont présentés les résultats pour les scénarios de base, avec le décalage temporel retenu indiqué dans le tableau 2, ce décalage pouvant varier selon le type de crue, si les données étaient suffisantes pour l'analyse.

C'est par exemple le cas pour la Cèze pour laquelle le décalage temporel est variable en fonction du type de crue, avec un décalage nul pour les crues cévenoles, une avance de 4h pour les événements généralisés et une avance de 7h pour les événements océaniques et méditerranéens. A contrario, le décalage temporel de l'Isère est fixe pour l'ensemble des types de crues avec une avance de 3h.

Les autres décalages temporels (min, max ou moy selon les cas) sont ensuite testés afin d'obtenir l'impact des décalages dans le temps d'un affluent sur les crues du Rhône.

Remarque importante : du fait de la non prise en compte de l'atténuation dans le modèle, les impacts estimés sont valables à l'aval immédiat des confluences, et sont de plus en plus surestimés pour les fortes crues du Rhône au fur et à mesure que la distance vers l'aval s'accroît.

### 2.1.4.1 Scénarios de base océanique

Les résultats des scénarios océaniques de base sont présentés dans le tableau 12. La légende associée au tableau est la suivante.

Rhone	Affluents
Q>1000ans	Q base
Q>100ans	Q courant
Q>10 ans	Q 2ans
Q>2ans	Q 5-10ans
	Q 20 -50ans
	Q 100ans

Dans les cases des stations du Rhône sont indiqués les débits calculés à la station en m<sup>3</sup>/s. Rappel : les débits de pointe figurant dans les tableaux sont des débits calculés sans amortissement du fait de l'utilisation du modèle propagation - sommation.

#### ➤ Commentaires sur les résultats :

La concomitance d'une crue de l'Arve et du Léman peut entraîner une crue exceptionnelle du Rhône à Pougny.

Le Fier a un impact très fort sur les crues du Rhône amont compte tenu de son apport important.

Les scénarios 1 et 2 montrent que pour une crue de l'ordre de la crue cinquantennale des affluents amont, la crue du Rhône reste exceptionnelle jusqu'à Lagnieu et centennale jusqu'à Valence.

Une crue centennale de l'Ain associée à une crue décennale de la Saône (scénario 3) sans crue du Fier crée une crue centennale à Ternay et décennale jusqu'à Viviers.

Une crue moyenne (scénario 4) de période de retour dix ans sur l'ensemble des affluents océaniques entraîne une crue centennale du Rhône jusqu'à Valence.

La conjonction Ain-Saône (scénario 5) de période de retour cinquante ans a un impact qui se ressent jusqu'à Beaucaire avec une période de retour supérieure à cent ans jusqu'à Viviers.

La Saône en période de retour 100 ans, associée à l'Ain en période de retour 10 ans a un impact fort (scénario 6), mais de moindre intensité qu'une conjonction Ain-Saône (scénario 5)

#### Impact des décalages temporels :

Les résultats des impacts en termes de variation de débit à la station du Rhône sont présentés en annexe 7.

- La Valserine et le Fier ont un impact limité (<2%) mais qui peut se ressentir jusqu'à Beaucaire.
- La Bourbre et le Guiers sont des bassins versants de petites superficies, mais les décalages étudiés sur ce groupe montrent qu'on peut avoir un impact sur le Rhône en fonction de leur décalage. Cependant cet impact ne se fait ressentir que lorsque les affluents amont ne sont pas en crue comme dans le scénario océanique n°5. Dans ce scénario, les décalages temporels ont un impact à Lagnieu et Perrache non négligeable. Pour l'ensemble des autres scénarios, l'impact est faible.
- L'Ain a un impact assez limité (<2%) de par sa faible variabilité au niveau des décalages.
- La Saône, qui arrive généralement en retard par rapport à la crue du Rhône a un impact non négligeable avec une tendance à augmenter les débits du Rhône lorsque le retard diminue. Cette augmentation se fait ressentir jusqu'à Beaucaire.
- L'Isère a un impact assez limité (<2%) de par sa faible variabilité au niveau des décalages. Mais, les données disponibles étant limitées pour cet affluent, cette faible variabilité reste à confirmer.

Scénarios Océaniques de base - Débits calculés du Rhône (m3/s)						
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Léman						
Arve						
<b>Pougny</b>	2190	1929	856	1438	856	856
Valserine						
<b>Bognes</b>	2533	2218	1027	1670	1027	1027
Fier						
<b>Brens</b>	3683	3113	1438	2352	1438	1438
Guiers						
<b>Lagnieu</b>	3873	3461	1788	2700	2045	1788
Bourbre						
Ain						
<b>Perrache</b>	4803	4871	4157	4137	4085	3206
Saône						
<b>Ternay</b>	6204	6272	6032	6013	6593	6064
Gier						
Cance						
Doux						
Isère						
<b>Valence</b>	7345	7451	6548	7590	8171	6587
Eyrieux						
Drome						
Roubion						
<b>Viviers</b>	7417	7523	6621	7663	8243	6659
Ardèche						
Lez						
<b>Chusclan</b>	7544	7650	6748	7790	8370	6786
Cèze						
Avgues						
Ouvèze						
Durance						
Gard						
<b>Beaucaire</b>	7869	7975	7073	8115	8695	7111

Tableau 12 : Résultats des scénarios de base océaniques



### 2.1.4.2 Scénarios de base méditerranéens

Les résultats des scénarios méditerranéens de base sont présentés dans le tableau 13.

La légende associée au tableau est la suivante.

Rhone	Affluents
Q>1000ans	Q base
Q>100ans	Q courant
Q>10 ans	Q 2ans
Q>2ans	Q 5-10ans
	Q 20 -50ans
	Q 100ans

Dans les cases des stations du Rhône sont indiqués les débits calculés à la station en m<sup>3</sup>/s.

Rappel : Les débits de pointe figurant dans les tableaux sont des débits calculés sans amortissement du fait de l'utilisation du modèle propagation - sommation.

#### ➤ Commentaires sur les résultats :

Lors de crues méditerranéennes, l'impact sur le Rhône ne se ressent qu'à partir de Viviers, et éventuellement à Valence en cas de crue de l'Isère. Cependant, même pour une crue centennale de l'Isère, si aucun autre affluent amont n'est en crue, l'impact sur Valence est inférieur à la crue quinquennale.

Les scénarios 1 et 2 montrent que l'impact de la Durance en crue centennale avec la Drôme, le Roubion, le Lez, l'Aygues et l'Ouvèze en crue décennale est équivalent à la Durance en crue décennale et les autres affluents en crue cinquante ans ou en crue cent ans.

Si l'on rajoute au scénario 2 une crue décennale des affluents cévenols : Eyrieux, Cèze, Gard Ardèche, le débit à Beaucaire devient exceptionnel. Il faut noter que ces débits sont théoriques, dans la mesure où le modèle ne considère pas d'atténuation créée par les débordements. Dans la situation du scénario 3, il est évident que le débit de pointe à Beaucaire serait inférieur au débit calculé. La situation serait cependant catastrophique.

En crue décennale, l'Isère, la Drôme et le Roubion créent à eux seuls une crue décennale du Rhône de Viviers à Beaucaire.

Si les affluents pouvant être touchés par les pluies méditerranéennes extensives sont en crue décennale également, on se retrouve rapidement dans une situation catastrophique, avec une crue centennale à Chusclan et une crue exceptionnelle à Beaucaire, l'apport de l'Ardèche étant de l'ordre de 2000m<sup>3</sup>/s, la Cèze, le Gard et l'Ouvèze apportant quasiment 3000m<sup>3</sup>/s au total.

#### Impact des décalages temporels :

Les résultats des impacts en termes de variation de débit à la station du Rhône sont présentés en annexe 7 :

- Le Gier, la Cance et le Doux ont un impact limité (<2%) sur les crues méditerranéennes en terme de décalage temporel.
- L'Eyrieux avec ses apports importants a un impact non négligeable lorsque sa pointe de crue est retardée et est plus en concomitance avec le Rhône, cet impact se ressentant jusqu'à Beaucaire.
- La Drôme associée au Roubion ont également un impact non négligeable, mais seulement s'ils sont en crue forte (>50ans).
- L'Ardèche a un impact très fort, avec une variation de débit à Chusclan pouvant aller jusqu'à 15%, soit une différence de plus de 1000m<sup>3</sup>/s.
- Pour le scénario 2, dans lequel le Lez, l'Aygues et l'Ouvèze sont en crue cinquante ans, l'impact en terme de décalage n'est pas négligeable, de l'ordre de 4% soit une différence de débit d'environ 500m<sup>3</sup>/s à Beaucaire.

- La Cèze et le Gard ont un impact négligeable en terme de décalage sur les crues de type méditerranéennes du fait de leur faible participation aux crues méditerranéennes et du rôle prépondérant de la Durance sur ce type de crue.
- La Durance a un impact fort en terme de décalage, avec une variation de débit allant jusqu'à 15% dans le scénario 1, soit dans ce cas précis une baisse de l'ordre de 2000m<sup>3</sup>/s à Beaucaire pour un décalage temporel de 19h contre 4h pour le scénario de base. Ces forts impacts sont l'effet du comportement très variable de la Durance qui peut être en avance ou en retard.

Scénarios Méditerranéens de base - Débits calculés du Rhône (m3/s)						
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Léman						
Arve						
<b>Pougny</b>	<b>334</b>	<b>334</b>	<b>334</b>	<b>334</b>	<b>334</b>	<b>334</b>
Valserine						
<b>Bognes</b>	<b>351</b>	<b>351</b>	<b>351</b>	<b>524</b>	<b>524</b>	<b>351</b>
Fier						
<b>Brens</b>	<b>491</b>	<b>491</b>	<b>491</b>	<b>740</b>	<b>740</b>	<b>491</b>
Guiers						
<b>Lagnieu</b>	<b>559</b>	<b>559</b>	<b>559</b>	<b>844</b>	<b>844</b>	<b>559</b>
Bourbre						
Ain						
<b>Perrache</b>	<b>688</b>	<b>688</b>	<b>688</b>	<b>1782</b>	<b>1782</b>	<b>688</b>
Saône						
<b>Ternay</b>	<b>838</b>	<b>838</b>	<b>838</b>	<b>3332</b>	<b>3332</b>	<b>838</b>
Gier						
Cance						
Doux						
Isère						
<b>Valence</b>	<b>2785</b>	<b>2785</b>	<b>5159</b>	<b>5052</b>	<b>5155</b>	<b>3221</b>
Evrieux						
Drome						
Roubion						
<b>Viviers</b>	<b>4020</b>	<b>4748</b>	<b>7510</b>	<b>6160</b>	<b>6894</b>	<b>5653</b>
Ardèche						
Lez						
<b>Chusclan</b>	<b>5970</b>	<b>6912</b>	<b>11033</b>	<b>7951</b>	<b>10202</b>	<b>9330</b>
Cèze						
Aygues						
Ouvèze						
Durance						
Gard						
<b>Beaucaire</b>	<b>11282</b>	<b>11017</b>	<b>16683</b>	<b>9487</b>	<b>14471</b>	<b>14620</b>

Tableau 13 : résultats des scénarios de base méditerranéens

### 2.1.4.3 Scénarios de base cévenols

Les résultats des scénarios cévenols de base sont présentés dans le tableau 14.

La légende associée au tableau est la suivante :

Rhone	Affluents
Q>1000ans	Q base
Q>100ans	Q courant
Q>10 ans	Q 2ans
Q>2ans	Q 5-10ans
	Q 20 -50ans
	Q 100ans

Dans les cases des stations du Rhône sont indiqués les débits calculés à la station en m<sup>3</sup>/s.

Rappel : Les débits de pointe figurant dans les tableaux sont des débits calculés sans amortissement du fait de l'utilisation du modèle propagation - sommation.

#### ➤ Commentaires sur les résultats :

Lorsque l'ensemble des affluents cévenols est en crue (vingt ans) et que l'Ardèche est en crue centennale, on arrive rapidement à une situation catastrophique sur le Rhône aval, avec un débit exceptionnel à Beaucaire.

Le scénario 2 montre l'impact d'une crue très forte des affluents cévenols amont, avec une crue moyenne à l'aval. Ces affluents sont les premiers affluents cévenols et créent la crue à Valence, cependant la crue du Rhône qui en découle reste limitée. Plus en aval, l'influence de l'Eyrieux, l'Ardèche, la Cèze et le Gard crée une crue supérieure à la décennale à Beaucaire.

Si les affluents cévenols principaux, à savoir l'Eyrieux, l'Ardèche, la Cèze et le Gard, restent dans des gammes de débits de l'ordre de la décennale, alors le Rhône aval reste inférieur à la crue décennale, mais pour toute crue forte d'un de ces affluents, une crue centennale du Rhône peut être générée.

Le scénario 3 est une combinaison de crue forte de l'Eyrieux, l'Ardèche et la Cèze, créant ainsi une crue exceptionnelle à Beaucaire.

Le scénario 4 est une crue cinquantennale de l'Ardèche, les autres affluents étant en crue moyenne. Le Rhône est alors en crue centennale à Beaucaire.

Enfin le scénario 5 est proche de la crue de 2002 avec une crue centennale de la Cèze et du Gard sans crue amont. La crue à Beaucaire est supérieure à la décennale. Lors de la crue de 2002, les débits de la Cèze et du Gard étaient supérieurs au débit centennal.

#### Impact des décalages temporels:

Les résultats des impacts en terme de variation de débit aux stations du Rhône sont présentés en annexe 7 :

- Le Gier, la Cance et le Doux ont un impact limité (<2%) sur les crues cévenoles en terme de décalage, sauf pour le scénario 5 où l'impact à Valence est de l'ordre de 8% (Rappel : résultat net majorant sans atténuation) mais avec une variation de l'ordre de 150 m<sup>3</sup>/s du fait du faible débit associé à ce scénario à ce niveau du Rhône.
- L'Eyrieux a un fort impact à Viviers pour les scénarios 1, 2 et 4, mais qui devient faible plus en aval.
- L'Ardèche a un impact très important en terme de décalage temporel et ce jusqu'à Beaucaire pouvant générer des variations de débits jusqu'à 2000m<sup>3</sup>/s.
- La Cèze et le Gard induisent également des impacts importants avec des variations de l'ordre de 1000m<sup>3</sup>/s.

Scénarios Cévenols de base - Débits calculés du Rhône (m3/s)					
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5
Léman					
Arve					
<b>Pougny</b>	<b>334</b>	<b>334</b>	<b>334</b>	<b>334</b>	<b>334</b>
Valserine					
<b>Bognes</b>	<b>351</b>	<b>351</b>	<b>351</b>	<b>351</b>	<b>351</b>
Fier					
<b>Brens</b>	<b>491</b>	<b>491</b>	<b>491</b>	<b>491</b>	<b>491</b>
Guiers					
<b>Lagnieu</b>	<b>559</b>	<b>559</b>	<b>559</b>	<b>559</b>	<b>559</b>
Bourbre					
Ain					
<b>Perrache</b>	<b>688</b>	<b>688</b>	<b>688</b>	<b>688</b>	<b>688</b>
Saône					
<b>Ternay</b>	<b>838</b>	<b>838</b>	<b>838</b>	<b>838</b>	<b>838</b>
Gier					
Cance					
Doux					
Isère					
<b>Valence</b>	<b>2312</b>	<b>2820</b>	<b>1530</b>	<b>2113</b>	<b>1667</b>
Evrieux					
Drome					
Roubion					
<b>Viviers</b>	<b>4193</b>	<b>4836</b>	<b>4470</b>	<b>3652</b>	<b>2395</b>
Ardèche					
Lez					
<b>Chusclan</b>	<b>10067</b>	<b>7594</b>	<b>9466</b>	<b>8804</b>	<b>4159</b>
Cèze					
Aygues					
Ouvèze					
Durance					
Gard					
<b>Beaucaire</b>	<b>14223</b>	<b>10902</b>	<b>13783</b>	<b>12491</b>	<b>10247</b>

Tableau 14 : Résultats des scénarios cévenols de base

#### 2.1.4.4 Scénarios de base généralisés

Les résultats des scénarios généralisés de base sont présentés dans le tableau page suivante  
La légende associée au tableau est la suivante.

Rhone	Affluents
Q>1000ans	Q base
Q>100ans	Q courant
Q>10 ans	Q 2ans
Q>2ans	Q 5-10ans
	Q 20 -50ans
	Q 100ans

Dans les cases des stations du Rhône sont indiqués les débits calculés à la station en m<sup>3</sup>/s.

Rappel : les débits de pointe figurant dans les tableaux sont des débits calculés sans amortissement du fait de l'utilisation du modèle propagation - sommation.

##### ➤ Commentaires sur les résultats :

Les scénarios modélisés en crue généralisée entraînent des crues catastrophiques (>>Q1000) sur le Rhône.

Même la crue moyenne de l'ensemble des affluents (scénario 4 et scénario 5) crée une crue centennale à Beaucaire.

Le scénario 1 qui représente une crue forte de l'Ain et de la Saône, amplifiée par des crues moyennes à fortes à l'aval, crée une crue catastrophique à Beaucaire.

Le scénario 2 correspond à une crue de l'amont suivie de pluies méditerranéennes à l'aval, créant ainsi des débits extrêmement forts à Beaucaire, notamment par l'amplification Cèze – Durance.

Le scénario 3 correspond au scénario « catastrophe », avec des débits forts pour les quatre affluents les plus importants, l'Ain, la Saône, l'Isère et la Durance, amplifiés par des crues décennales des autres affluents.

Le scénario 6 représente une crue moyenne sur l'ensemble du bassin versant, avec une crue très forte localisée sur l'Ardèche entraînant ainsi une amplification considérable à l'aval, sachant que le débit de pointe apporté par l'Ardèche s'élève à 5400m<sup>3</sup>/s (crue cinquantennale).

Remarque : Les résultats en termes de débits de ces 4 scénarios ne sont a priori pas réalistes, dans la mesure où le modèle ne prend pas en compte de débordement et donc ne génère par d'amortissement de la crue.

##### Impact des décalages temporels :

Les résultats des impacts en termes de variation de débit aux stations du Rhône sont présentés en annexe 7.

Les affluents créant les impacts les plus forts sur les crues généralisées sont :

- La Durance
- La Cèze,
- l'Ardèche,
- la Saône
- l'Eyrieux
- le Guiers et la Bourbre

Scénarios généralisés base - Débits calculés du Rhône (m3/s)						
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6
Léman						
Arve						
<b>Pouigny</b>	1438	1438	1438	551	856	856
Valsérine						
<b>Bognes</b>	1683	1712	1683	625	1041	1041
Fier						
<b>Brens</b>	2118	2921	1899	841	1475	1475
Guiers						
<b>Lagnieu</b>	2402	3111	2306	1194	1760	1825
Bourbre						
Ain						
<b>Perrache</b>	4007	5492	4358	2605	2946	3236
Saône						
<b>Ternay</b>	6289	8280	7146	4685	4693	5316
Gier						
Cance						
Doux						
Isère						
<b>Valence</b>	8005	8934	10526	6781	6295	7120
Evrieux						
Drome						
Roubion						
<b>Viviers</b>	9590	9506	12466	7921	7480	8585
Ardèche						
Lez						
<b>Chusclan</b>	10881	12605	15775	9807	9345	13661
Cèze						
Aygues						
Ouvèze						
Durance						
Gard						
<b>Beaucaire</b>	15302	17848	21949	12144	12928	17327

Tableau 15 : résultats des scénarios généralisés de base

## 2.2 Phase 2

L'objectif de la phase 2 est le développement d'une méthode permettant d'évaluer l'impact de travaux d'aménagements réalisés les affluents, sur les crues du Rhône.

Deux types d'aménagement ont été testés :

- L'augmentation de la capacité du lit, qui conduit à une accélération des crues.
- La création de zone de ralentissement, qui conduit à un écrêtement du débit de pointe et à un retard de la crue.

L'impact de chaque affluent a été testé pour ces deux types d'aménagement, et pour chaque scénario hydrologique défini précédemment.

La mise en place d'un aménagement quel qu'il soit, entraîne une modification de l'hydrogramme de crue, c'est le cas notamment pour la mise en place de zones de ralentissement dynamique qui entraînent une réduction du débit de pointe. Cependant, dans le cadre de cette étude, la concomitance des affluents avec le Rhône étant le principal objectif, les hydrogrammes-type n'ont pas été modifiés, seuls les décalages temporels ont été modifiés. Cette hypothèse conduira donc à une surestimation des débits des affluents dans le cas de la mise en place de zones de ralentissement.

L'intervalle de sensibilité testé pour les aménagements varie d'un ralentissement de 20h à une accélération de 10h.

Pour chaque affluent et chaque scénario, on a donc simulé l'impact d'une modification du décalage temporel de base de l'affluent, dans une gamme de -20h à +10h (par rapport au décalage initial retenu), par pas de 2h heures.

L'analyse des résultats a été effectuée par rapport au scénario de base, dont le décalage temporel a été fixé précédemment (cf. tableau 2).

L'analyse des résultats est réalisée en phase 4.

Remarque : Il est important de rappeler que les décalages liés aux aménagements sont sans lien avec les décalages temporels « de base » des scénarios hydrologiques qui sont eux liés directement aux phénomènes météorologiques.

## 2.3 Phase 3

Préparation des **modalités de coordination** des études et travaux réalisés sur les affluents par rapport aux différents schémas d'aménagements sur le Rhône.

## 2.4 Phase 4 : impact des aménagements

Il s'agit dans cette phase de définir les **limites de modification** du régime d'un affluent par rapport aux crues du Rhône en terme de concomitance.

Les simulations définies au cours de la phase 2 ont été réalisées. Les résultats associés à ces simulations ont permis d'identifier l'impact des aménagements simulés sur les crues du Rhône.

Une analyse a été réalisée pour chaque affluent, en fonction du type d'évènement (océanique, cévenol, méditerranéen et généralisé). Cette analyse a permis de définir les limites de modification du régime de chaque affluent par rapport aux crues du Rhône en fonction du type



d'aménagement. Les résultats de l'analyse conduite par type d'évènement et par type de crue sont présentés au chapitre 3.

Les tableaux présentant les impacts des aménagements pour chaque type de crues indiquent les impacts aggravants les plus importants sur l'ensemble des scénarios simulés correspondant au type de crue et les impacts bénéfiques minimums.

Pour chaque affluent, une fiche de synthèse (annexe 1) présente les limites de modification en termes de variation de hauteur d'eau pour chaque station du Rhône étudiée, de façon à avoir un aléa comparable le long du Rhône.

Les courbes de tarage pour chaque station du Rhône ont été fournies par la DREAL Rhône-Alpes. Il s'agit de courbes de tarage théoriques bâties à partir de jaugeages. Il existe une particularité pour la courbe de tarage de Chusclan qui a été construite à partir du modèle hydraulique de la CNR et peut donc présenter des défauts.

Les courbes de tarage utilisées sont présentées en annexe 6.

Trois catégories d'impact ont été définies :

**Bénéfique** : baisse de la ligne d'eau >1cm

**Neutre** : variation de la ligne d'eau comprise entre une baisse de 1cm jusqu'à une hausse de 0.5cm

**Aggravant** : hausse de la ligne d'eau >0.5cm

**Les impacts bénéfiques ou négatifs s'entendent vis-à-vis du risque de concomitance et de l'aggravation du débit de pointe du Rhône.**

**L'accélération des écoulements pourrait bien entendu avoir un impact négatif sur les débits de pointe des affluents et sur les vitesses d'écoulement. Les impacts sur les affluents ne sont pas intégrés dans cette étude.**

## 2.5 Phase 5 : Cas test de la Durance

L'objectif de la phase 5 est de tester la méthodologie mise en place sur un cas concret de programme d'aménagement en cours, celui de la Durance.

Les projets d'aménagements prévus sur la Durance ont déjà fait l'objet d'une étude spécifique sur les risques de concomitance par le bureau d'étude SOGREAH : « Etude d'incidence des aménagements prévus sur la Durance sur les Crues du Rhône ».

Les résultats de cette étude et de la présente étude sont mis en parallèle, de façon à vérifier que les tests effectués au niveau global sur le Rhône fournissent des résultats comparables à ceux de l'étude spécifique faite sur la Durance.

Il ressort de l'étude Sogreah que les aménagements prévus sur le cours d'eau auront pour impact d'avancer d'environ 2h l'arrivée de la crue à la confluence avec le Rhône. Dans le cadre de cette étude, il a ensuite été évalué l'incidence potentielle de ces aménagements sur les crues historiques. Il ressort de cette analyse que les incidences des aménagements prévus sur la Durance seront sans effet sur le Rhône. Une incidence positive semble se produire uniquement pour la crue de 1886.

Dans le cadre de la présente étude et de façon à analyser l'impact des aménagements prévus sur la Durance sur les crues du Rhône, des tests de sensibilité sur le décalage temporel de la Durance par rapport au Rhône ont été réalisés. Les résultats pour les différents scénarios simulés en considérant un aménagement avançant la pointe de 2h sont présentés dans le tableau suivant.

		Impact (cm) des aménagements de la Durance provoquant une avance de 2h sur le Rhône					
		Décalage temporel initial (hors aménagement) de la Durance par rapport au Rhône					
Scénarios par type de crues		Avance de 19h	Avance de 12h	Avance de 4h	Concomitance	Retard de 5h	Retard de 12h
Type méditerranéen	Scénario 1	-7	-13	-12	-11	9	15
	Scénario 2	-2	-2	-12	-9	9	9
	Scénario 3	-1	-4	-5	4	4	4
	Scénario 4	-1	-3	-3	-1	3	4
	Scénario 5	-1	-2	-2	2	2	2
	Scénario 6	-1	-1	-7	-6	5	5
Type cévenol	Scénario 1	0	0	-3	-2	2	2
	Scénario 2	-1	-1	-4	-3	3	3
	Scénario 3	0	0	-3	-3	2	2
	Scénario 4	-1	-1	-2	-2	3	3
	Scénario 5	-1	-1	-4	-4	3	3
Type généralisé	Scénario 1	-2	-6	-7	-3	7	8
	Scénario 2	-1	-4	-5	4	4	4
	Scénario 3	-1	-2	-1	0	1	3
	Scénario 4	-1	-2	-2	-1	3	3
	Scénario 5	-3	-10	-9	-3	10	11
	Scénario 6	0	-1	-1	0	1	1

**Tableau 16 : Impact des aménagements prévus sur la Durance pour différents décalages temporels à la station de Beaucaire (cm)**

Plusieurs décalages temporels ont été testés de façon à balayer une plage de décalages temporels prenant en compte un grand panel de crues historiques.

Les résultats montrent que l'impact est variable selon le décalage initial de la Durance. Dans l'ensemble, les résultats montrent que l'avancement de 2h des crues de la Durance a un impact neutre ou positif lorsque la crue de la Durance est en avance sur la crue du Rhône et que l'impact devient négatif lorsque la crue de la Durance est en retard par rapport à la crue du Rhône. En effet, dans ce dernier cas, la concomitance est favorisée ce qui accroît le débit du Rhône.

Pour une crue de la Durance en concomitance avec une crue du Rhône, l'impact est de manière générale positif sur les lignes d'eau, mais on observe un impact négatif pour 3 des scénarios testés.

Les crues de la Durance sont statistiquement plus souvent en avance qu'en retard. L'impact sera donc a priori plutôt neutre ou positif dans la plupart des événements. Il n'est cependant pas exclu pour certains événements que la Durance soit en retard par rapport au Rhône et en conséquence que les aménagements étudiés aient un impact négatif.

#### Remarque :

D'une manière générale, l'analyse de l'impact d'un aménagement sera d'autant plus aisée que les décalages temporels entre la crue de l'affluent et la crue du Rhône sont peu variables.

Le cas de la Durance montre que l'analyse de l'impact pour les scénarios de base avec un seul décalage temporel n'est pas suffisante. L'ensemble des décalages observables doit être analysé.

Cette démarche sera d'ailleurs nécessaire pour tout nouvel aménagement.

## 2.6 Récapitulatif de la démarche

1. Définition des 23 scénarios hydrologiques de référence sur le bassin (Rhône + 21 affluents) :
  - Scénarios représentatifs de tous les événements météorologiques (*6 océaniques, 6 méditerranéens, 5 cévenols et 6 généralisés*)
  - Une période de retour pour chaque affluent  
*Débits caractéristiques issus de l'EGR, ou calculés avec une méthode statistique. Application d'un coefficient pour les périodes de retour cent ans si non disponibles*
  - Un décalage temporel de base par rapport au Rhône pour chaque affluent  
*Analyse des crues historiques du Rhône avec calcul pour chaque crue et chaque affluent du décalage à la confluence entre le pic de crue du Rhône et le pic de crue de l'affluent*
2. Hydrogrammes type de chaque affluent :
  - Pour chaque période de retour
  - Issus de l'EGR si disponibles, ou calculés avec les données de la banque hydro, ou calculés avec méthode statistique
  - Les hydrogrammes type doivent être définis à la confluence avec le Rhône  
*Application d'un coefficient de rapport de surface si la station hydrométrique étudiée représente une surface inférieure à 85% du bassin versant total*

3. Estimation du temps de propagation du Rhône entre chaque nœud (stations + confluences) pour le modèle de propagation –sommation
  - Analyse des crues historiques du Rhône et analyse des études antérieures
4. Construction du modèle de propagation –sommation
5. Tests de l'état initial
  - Tests des 23 scénarios de référence
  - Tests supplémentaires pour vérifier l'impact des décalages temporels – 3 décalages temporels (2+ décalage initial) modélisées pour chaque affluent pris séparément (ou parfois groupés dans certains cas particuliers)
  - Un total de 487 simulations pour l'état initial
6. Choix d'un décalage temporel de base pour chaque affluent en fonction du type de crue pour les tests des scénarios avec hypothèse d'aménagement
7. Test des scénarios avec hypothèse d'aménagement
  - Tests de modification du décalage temporel avec une plage variant d'un d'un ralentissement de 20h à une accélération de 10h.
8. Impact des aménagements par rapport à l'état initial
  - Impact des aménagements pour chaque affluent et chaque scénario à chaque station hydrométrique du Rhône en terme de débit de pointe
  - Transformation des impacts sur les débits de pointe en niveau d'eau avec les courbes de tarage du Rhône aux différentes stations hydrométriques étudiées
  - Synthèse des impacts des aménagements en cm par type de crue en prenant l'impact aggravant maximum pour l'ensemble des scénarios correspondant au type de crue et l'impact bénéfique minimal
9. Fiche récapitulative synthétisant les impacts des aménagements en cm en tenant compte des quatre types de crues étudiés.

Comme présenté précédemment, le modèle développé dans le cadre de cette étude est un modèle de sommation-propagation intégrant l'injection des 21 affluents étudiés. Le modèle intègre les hydrogrammes type des affluents pour la fréquence définie dans le scénario et avec le décalage temporel choisi et l'additionne au débit du Rhône.

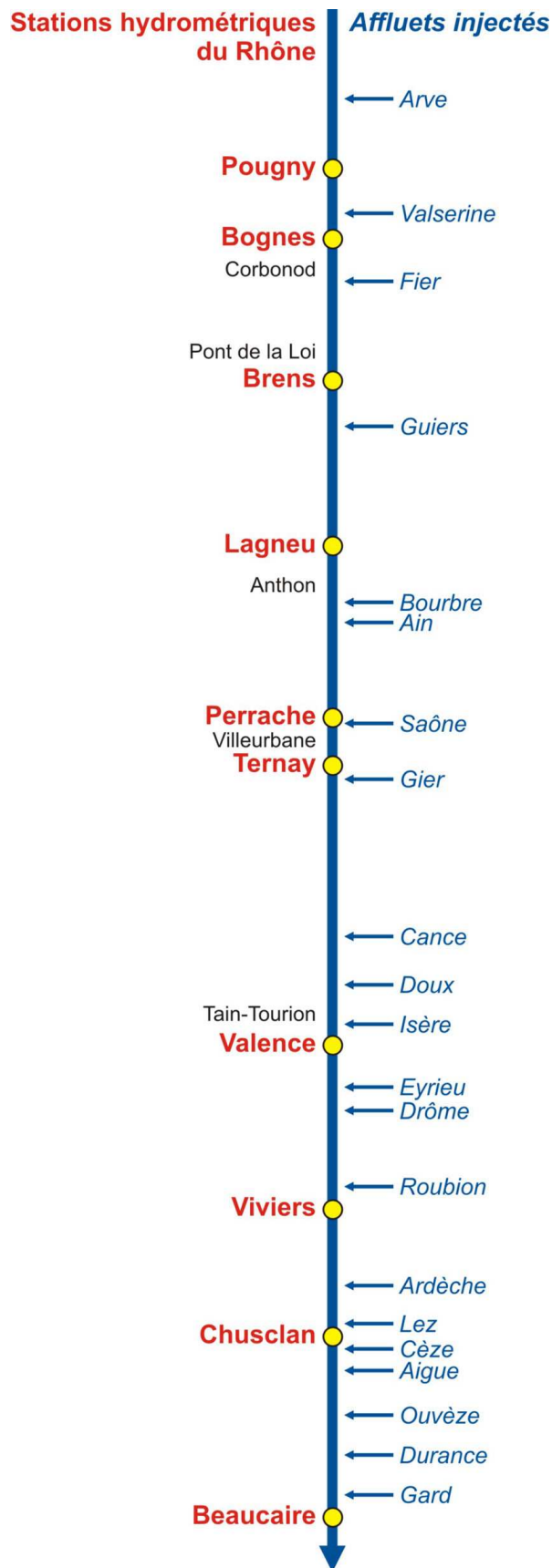
L'intérêt de ce modèle est son utilisation simple et la possibilité de réaliser rapidement les simulations pour l'ensemble des scénarios. L'analyse des résultats consiste à étudier le débit de pointe du Rhône aux différentes stations hydrométriques et l'heure de ce maximum. Les impacts sont ensuite comparés aux débits de pointe des scénarios de référence. L'analyse des débits de pointe aux stations permet de visualiser rapidement l'ordre de grandeur d'occurrence de l'évènement sur le Rhône.

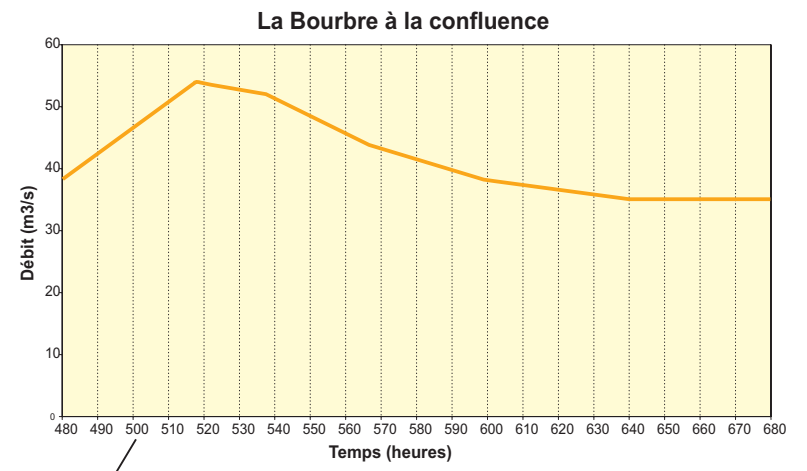
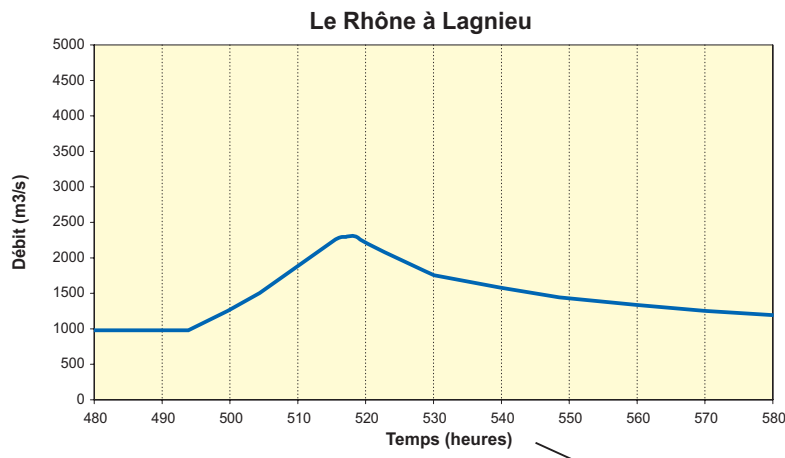
Cependant, les résultats obtenus ne tiennent pas compte des débordements potentiels pour les fortes crues du Rhône et de l'atténuation de la pointe de crue, d'où une surestimation des débits de pointe conséquente pour certains scénarios. Malgré la non prise en compte de l'atténuation, les résultats en terme d'impact et de concomitance, qui sont l'objet de cette étude, restent exploitables.

Les schémas suivants expliquent de façon synthétique le fonctionnement du modèle de propagation – sommation utilisé pour l'état actuel et l'état aménagé.

Ces schémas permettent de différencier le décalage temporel de l'affluent par rapport au Rhône qui est dépendant de l'évènement météorologique et défini par rapport au Rhône et le décalage induit par un état aménagé qui est propre à l'affluent.

## Présentation synthétique du modèle



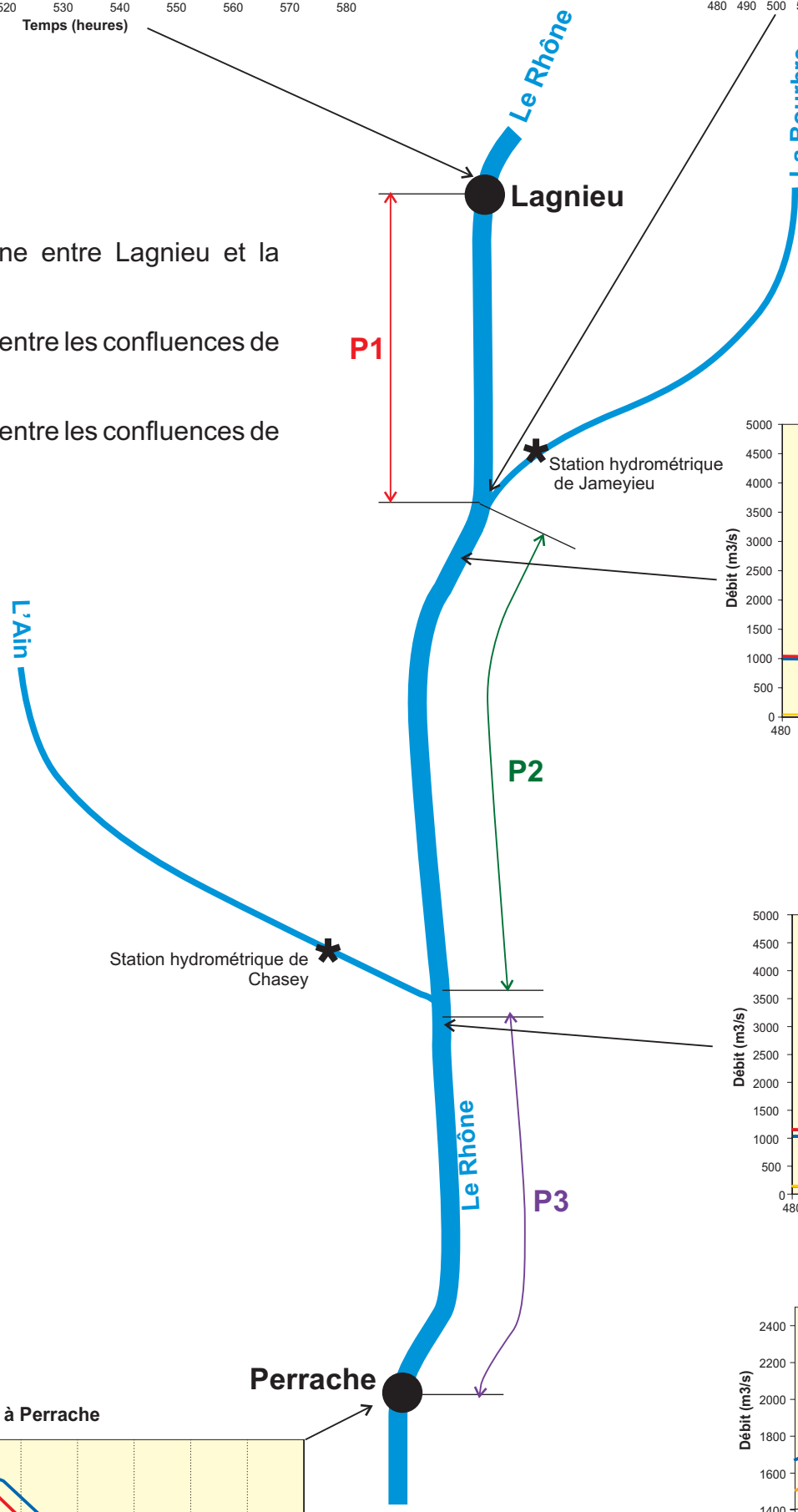


L'injection de la Bourbre se fait de façon à avoir un décalage temporel nul entre le maximum du Rhône à la confluence et le maximum de la Bourbre.

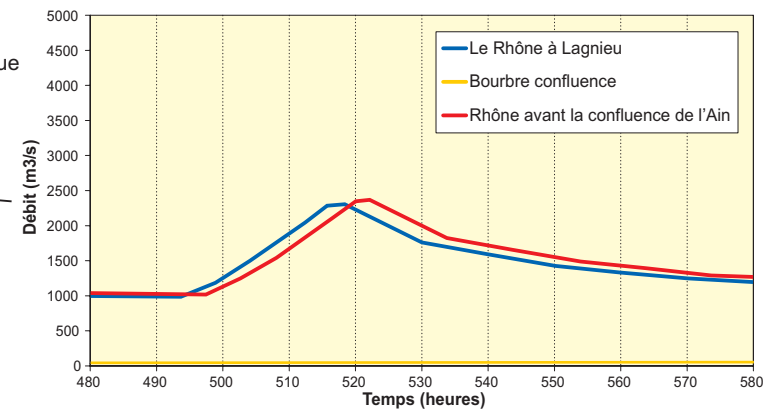
**P1** : propagation du Rhône entre Lagnieu et la confluence avec la Bourbre

**P2** : propagation du Rhône entre les confluences de l'Ain et de la Bourbre

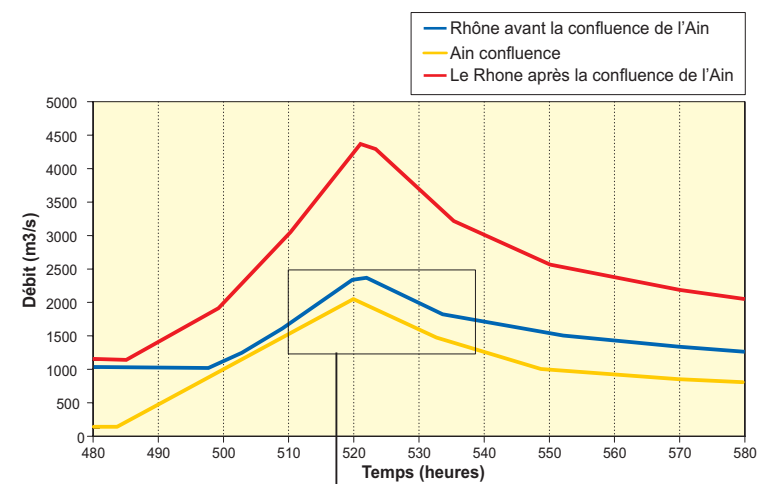
**P3** : propagation du Rhône entre les confluences de l'Ain et Perrache



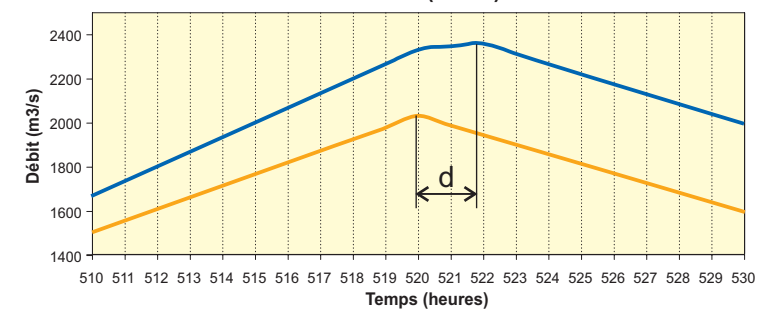
Le Rhône après l'injection de la Bourbre



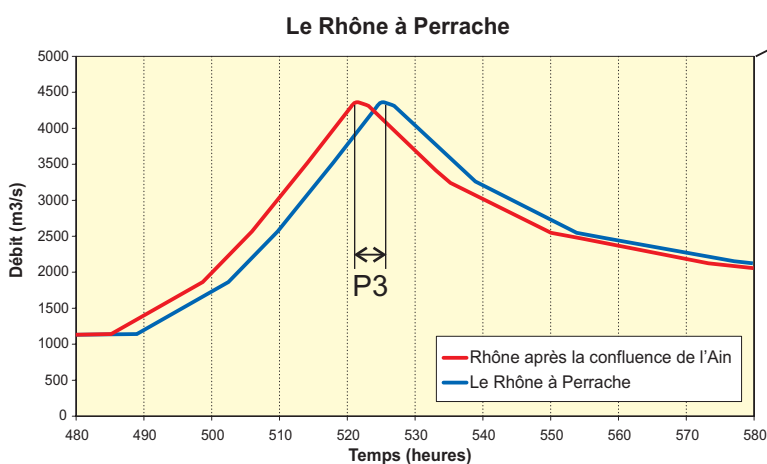
Le Rhône après l'injection de l'Ain



Le Rhône après l'injection de l'Ain (détail)



d : décalage temporel de l'affluent par rapport au Rhône. Le décalage varie en fonction de l'évènement pluvieux. Pour l'Ain, le décalage temporel choisi est de 2H.



P3 : propagation du Rhône en heures.

Dans les simulations de l'état actuel, avant chaque injection d'un affluent, le maximum du Rhône est recherché de façon à injecter l'affluent avec le bon décalage temporel d.

\* Pas d'amortissement dans le modèle propagation - sommation

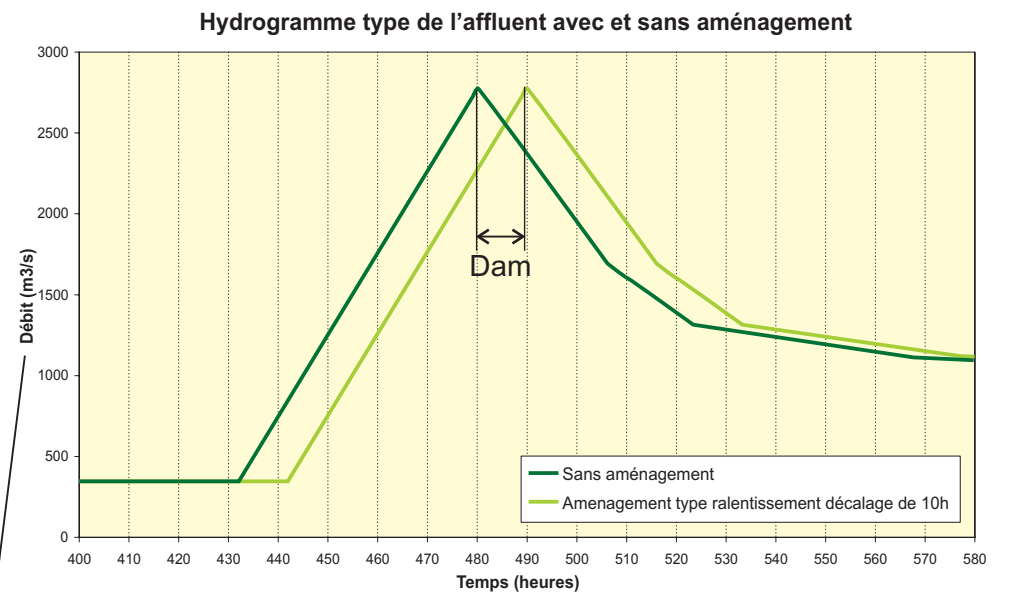
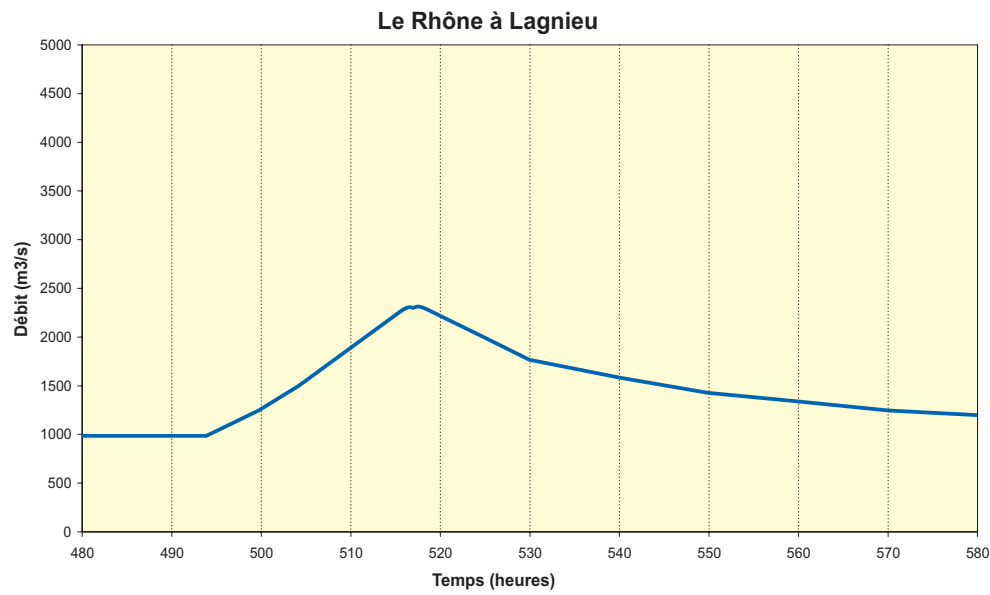
## Simulation des aménagements

02

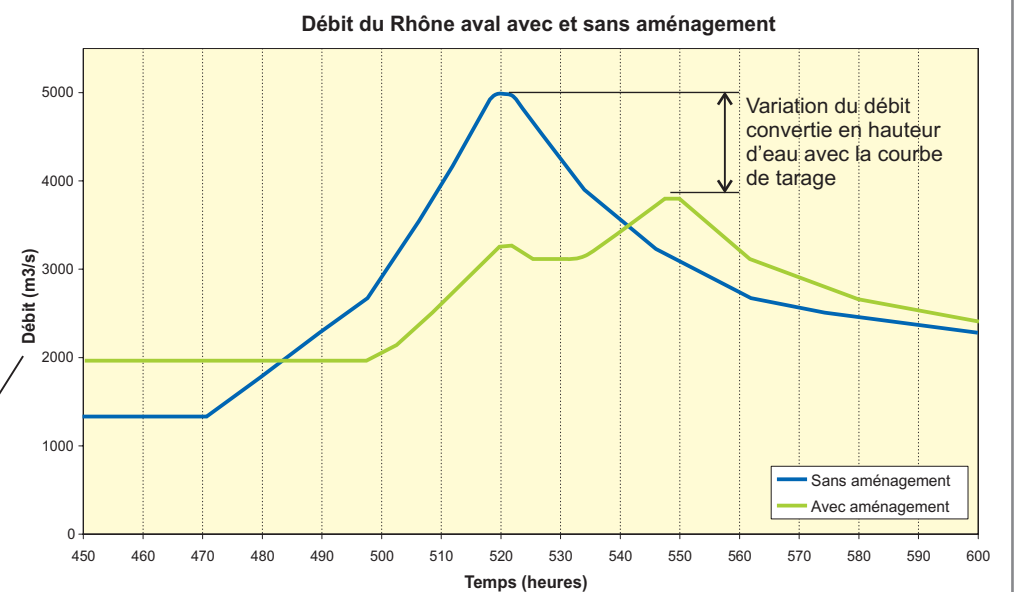
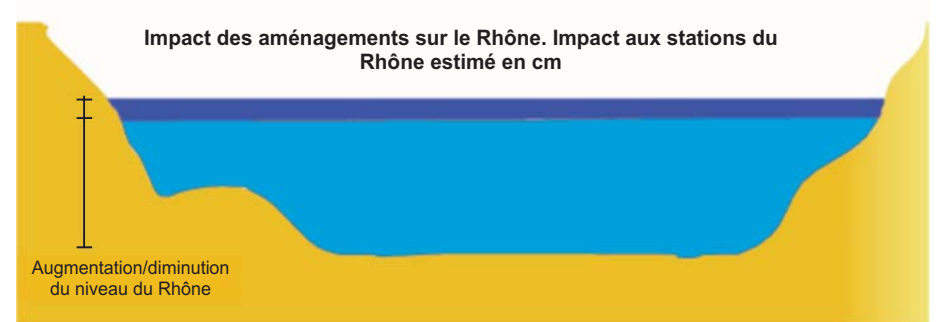
Simulation des aménagements :

- ralentissement des vitesses d'écoulement
- accélération des vitesses d'écoulement

Les aménagements sont simulés sans modifications de l'hydrogramme.



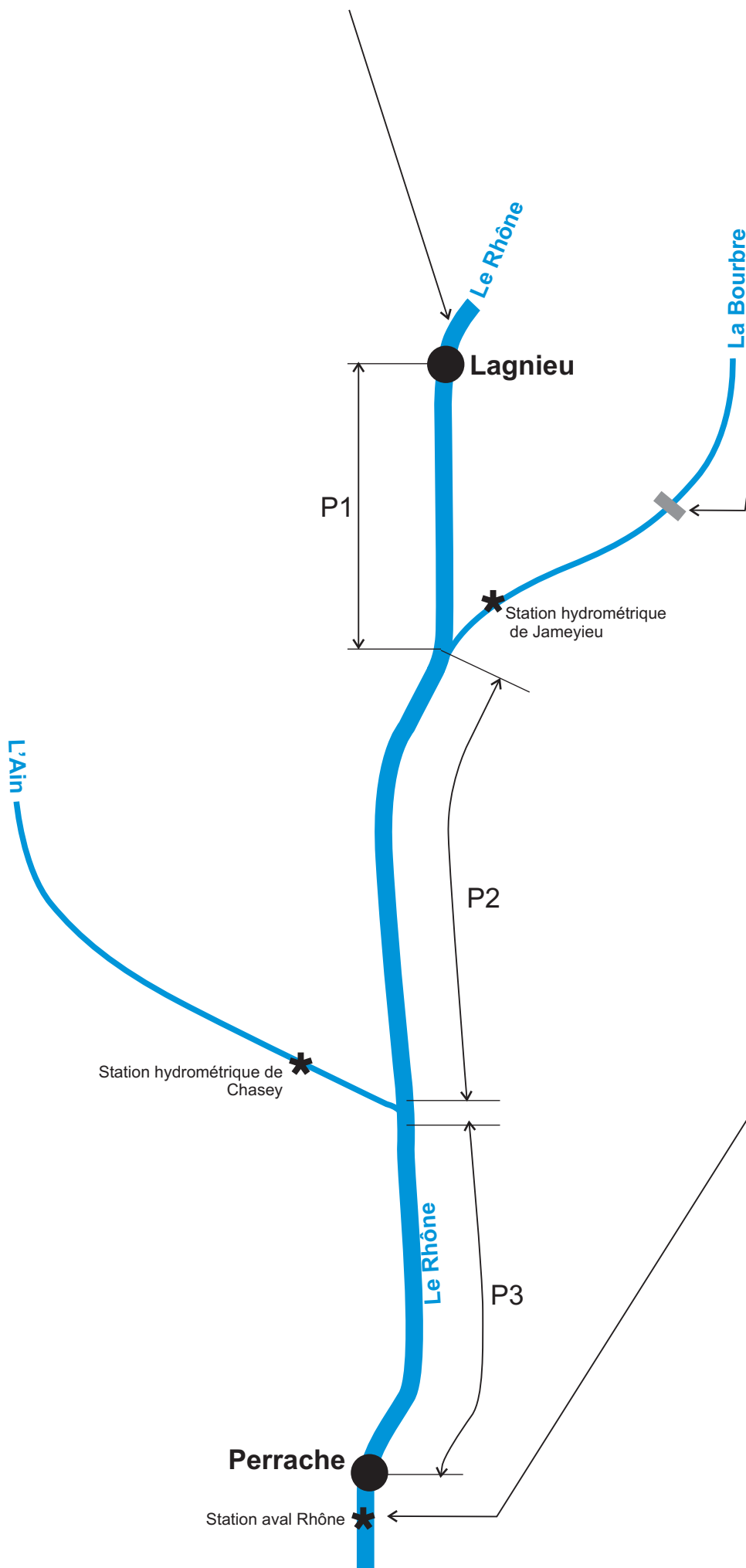
Dam décalage créé par l'aménagement  
La plage de sensibilité des aménagements varie d'une avance de 10h jusqu'à un retard de 20h.



A partir des différentes simulations, une grille d'analyse des aménagements est définie pour chaque affluent :

	Pouigny	Bognes	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h										
Avance 8h										
Avance 6h										
Avance 4h										
Avance 2h										
Retard 2h										
Retard 4 h										
Retard 6h										
Retard 8h										
Retard 10h										
Retard 12h										
Retard 16h										
Retard 18h										
Retard 20h										

\* Les résultats ne tiennent pas compte d'éventuels amortissements



jaune clair	bénéfique: impact <1cm
blanc	neutre
orange	aggravant: impact >0.5 cm
rouge	Très aggravant: impact >5cm

# **Synthèse et analyse par affluent**





## 3 SYNTHÈSE ET ANALYSE PAR AFFLUENT

### 3.1 Amont du lac Léman

#### 3.1.1 Synthèse

Le Rhône prend sa source dans le massif du Saint-Gothard, dans les Alpes. Entre sa source et le lac, le Rhône reçoit les eaux d'environ 200 torrents.

Les principaux affluents du Rhône en amont du lac Léman sont sur sa rive droite d'amont en aval :

- la Massa alimentée par le glacier d'Aletsch,
- la Lonza dans la vallée de Lötschental.

Sur la rive gauche du Rhône depuis la source et jusqu'au lac Léman, ses principaux affluents sont :

- la Vispa,
- la Navizence,
- la Borgne,
- la Dranse rejoignant le Rhône à Martigny.

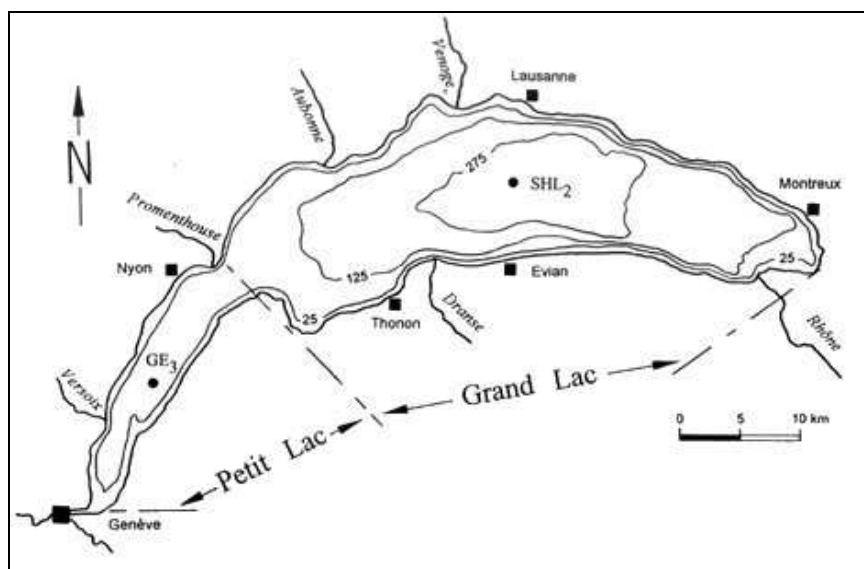


Figure 1: Schéma du Lac Léman

Le lac Léman, d'une superficie de 582km<sup>2</sup>, contrôle le bassin versant du Rhône supérieur, dont la superficie totale est de 7975 km<sup>2</sup>. La capacité de retenue du lac est de 89 Milliards de m<sup>3</sup>. L'ouvrage du Seujet régule les débits et niveaux du Lac.

Les principaux apports du Lac Léman sont les suivants :

- Le Rhône qui représente environ 70 % des apports de surface avec un débit annuel moyen de 171 m<sup>3</sup>/s. Le débit annuel minimum est de 127 m<sup>3</sup>/s (1976) et le maximum de 216,4 m<sup>3</sup>/s (1994). Le débit instantané peut dépasser 1000 m<sup>3</sup>/s (septembre 1993).
- La Dranse (8 % des apports)
- L'Aubonne et la Venoge

L'émissaire du lac Léman se trouve à Genève et se déverse dans le Rhône. Le débit annuel moyen est de 250 m<sup>3</sup>/s (moyenne 1935-1997), le débit annuel minimum de 166 m<sup>3</sup>/s (1976) et maximum de 327 m<sup>3</sup>/s (1995).

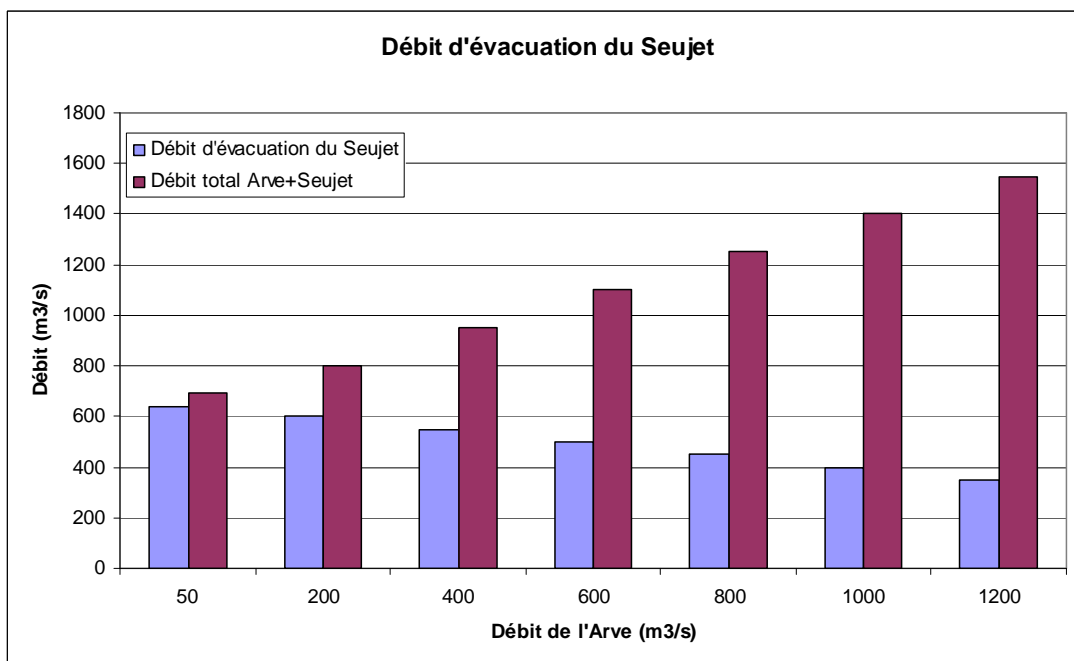
<b>Le Lac Léman- Caractéristiques</b>	
Bassin Versant	7975 km <sup>2</sup>
Débit moyen journalier en sortie du lac	241 m <sup>3</sup> /s
Débit d'évacuation – cote 372.30 msm	580 m <sup>3</sup> /s
Crue décennale	600 m <sup>3</sup> /s
Crue centennale	650 m <sup>3</sup> /s
Crue millénale	800m <sup>3</sup> /s

**Tableau 17 : Caractéristiques du Lac Léman**

L'ouvrage du Seujet permet de contrôler le niveau du lac en jouant sur le débit de sortie. Cet ouvrage permet aussi de moduler les débits du Rhône. L'ouvrage est géré de manière à limiter la concomitance.

La capacité d'évacuation en sortie du Lac Léman est conditionnée par le niveau aval du Rhône. Ce niveau dépend principalement du niveau de l'Arve, la confluence Rhône-Arve se situant 1 km en aval de l'ouvrage du Seujet. Par conséquent l'Arve a une influence sur le débit de sortie du Lac Léman. Cette influence est présente dès que le débit de celui-ci dépasse 250 m<sup>3</sup>/s (<2ans=380m<sup>3</sup>/s).

Lorsque le débit de l'Arve est important, le débit d'évacuation du Seujet est modifié et tend à diminuer. L'Arve crée un bouchon hydraulique.



**Figure 2: Débit d'évacuation du Seujet lorsque l'Arve est en crue (données EGR)**

En l'absence de crue de l'Arve, le Seujet est très peu influencé, le débit d'évacuation est de 580 m<sup>3</sup>/s pour la cote 372.30 msm.

**Conjonction des crues de l'Arve et des niveaux du Léman :**

- En l'absence de niveaux hauts du Léman :

L'ouvrage du Seujet est abaissé quelques heures, de façon à laisser passer la crue de l'Arve sans atteindre des niveaux préjudiciables aux riverains en aval de la confluence.

- En présence de niveaux hauts du Léman :

Si le Léman se situe à des niveaux exceptionnels et si l'Arve est en forte crue, une crue exceptionnelle est possible à l'entrée du territoire français.

Il est à noter que les niveaux hauts du lac interviennent généralement de juin à décembre et que les crues de l'Arve de produisent en automne – hiver. Une crue exceptionnelle est donc possible. Au cours des 20 dernières années, le niveau maximum du lac a été atteint plusieurs fois.

Les différents scénarios pouvant mener à une crue exceptionnelle du Rhône en aval de Genève sont présentés dans le tableau suivant :

<b>Crue de l'Arve</b>	<b>Niveau Lac Léman</b>
Crue exceptionnelle (T100 ou T1000)	Niveau Normal Maximal 372.30 msm
Crue moyenne (T10 ou T30)	Niveau exceptionnel 372.70 msm +Niveaux exceptionnels réservoirs alpins
Crue exceptionnelle	Niveau exceptionnel dans le Léman

**Tableau 18 : Scénarios de crues exceptionnelles du Rhône en aval de la confluence avec l'Arve**

Lors des crues de Janvier 1910 et de Février 1990, le niveau du Lac Léman était haut. Pour la crue de 1910, nous n'avons pas d'informations concernant le débit de l'Arve. Pour la crue de février 1990, le débit de l'Arve était supérieur au débit de période de retour 2 ans, ce qui a créé à Pougny une crue moyenne.

Le lac Léman ne peut créer à lui seul une crue du Rhône, cependant la concomitance entre une crue moyenne de l'Arve et un niveau exceptionnel dans le lac pourrait créer une crue importante sur le Rhône amont.

## 3.2 L'Arve

### 3.2.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant de l'Arve a une surface d'environ 2070km<sup>2</sup> et une longueur de cours d'eau de 108km. L'Arve prend sa source dans la vallée de Chamonix, et se jette dans le Rhône à 1 km en aval du lac Léman.

La station hydrologique étudiée est la station de l'Arthaz existante depuis 1961.

Les débits de pointe ont été calculés dans l'étude de l'EGR avec la méthode du gradex :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	380
10	630
20	740
50	980
100	1160
500	1570
1000	1750

**Tableau 19 : Débits caractéristiques de l'Arve**

Les informations présentées dans le tableau ci-après sont issues de l'étude de l'EGR.

Afin d'établir les risques de concomitance, la méthodologie utilisée dans l'EGR est la suivante :

- 180 crues ont été étudiées depuis 1920, dont de nombreuses crues sont des crues courantes inférieures à la période de retour 1 an. La plupart de ces données sont des données journalières, les temps de propagation sur le Rhône et les affluents ne sont pas pris en compte
- Pour évaluer la qualité de la concomitance, il est regardé l'évolution du débit de pointe sur le Rhône entre les deux stations hydrométriques considérées.
  - La concomitance est forte si l'accroissement est supérieur à 60%
  - La concomitance est moyenne si l'accroissement est compris entre 30% et 60%
  - La concomitance est faible si l'accroissement est inférieur à 30%

**Dans la présente étude, le terme de concomitance est considéré au sens strict du terme, soit les pics de crues arrivant simultanément.**

L'Arve n'est jamais en crue lors des événements cévenols et très rarement pour les événements méditerranéens.

	Crue océaniques	Crues méditerranées	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	53%	11%	0%	44%
Concomitance faible/moyenne	35%	17%	0%	19%
Pas de crue de l'affluent	12%	72%	100%	38%

**Tableau 20 : Concomitance Arve/Rhône (EGR)**

### Crues océaniques

Sur l'ensemble des crues étudiées dans l'EGR, l'Arve est en crue 9 fois sur 10 lorsque survient une crue du Rhône (EGR).

L'impact de l'Arve sur le Rhône en amont de la confluence avec l'Ain est important. Lorsqu'il n'y a pas concomitance entre l'Arve et le Rhône, l'Arve est généralement en avance (EGR).

Dans le cadre de cette étude, nous disposons des données de la crue océanique de février 1990 pour laquelle on observe une forte concomitance. Le pic de la crue arrive à la station de l'Arthaz 1h avant le pic de crue du Rhône à Pougny.

### Crues méditerranéennes

L'Arve contribue très peu aux crues méditerranéennes, même pour les épisodes méditerranéens extensifs.

### Crues cévenoles

L'Arve ne contribue pas aux crues cévenoles.

### Crues généralisées

L'Arve réagit essentiellement pour des pluies à caractère océanique, qui auront effectivement lieu lors d'un épisode généralisé. Si l'averse océanique arrive avant l'averse méditerranéenne, l'Arve peut jouer un rôle aggravant pour les crues du Rhône amont, mais négligeable par rapport à l'Ain et la Saône. L'impact de l'Arve est donc toujours limité sur les crues du Rhône moyen.

Dans le cadre de cette étude, nous disposons des données pour les épisodes généralisés d'octobre 1993 et de janvier 1994. Pour ces deux épisodes, l'Arve n'est pas en crue. Pour la crue de janvier 1994, le pic de crue de l'Arve arrive à Pougny 7 jours avant le pic de crue à Beaucaire. Le Rhône amont ne contribue pas à la pointe crue à Beaucaire, mais au débit de base de l'hydrogramme.

Un tableau d'analyse de l'impact de l'Arve sur les crues historiques du Rhône est disponible en annexe 2

### **Conclusion :**

L'Arve joue un rôle prépondérant dans la formation des crues océaniques, avec notamment un impact très fort lorsqu'elle est en concomitance avec une crue du Léman. Dans cette situation, le Rhône peut se retrouver en crue exceptionnelle à Pougny.

L'Arve joue un rôle non négligeable dans le cas de crues généralisées, mais de façon générale n'est pas en crue très forte lors de ce type d'évènements. Une crue décennale de l'Arve associée à une crue du Léman du même ordre, crée une crue du Rhône de l'ordre de la décennale. Le rôle de l'Arve est donc bien présent.

### 3.2.2 Impact des aménagements

Seules les crues océaniques et généralisées affectent le bassin versant de l'Arve, les aménagements ont donc été testés uniquement sur ces deux types de crues.

Les tableaux 21,22 et 23, présentant les impacts des aménagements de l'Arve sur les crues du Rhône, ne tiennent compte que des résultats pour lesquels les débits du Rhône sont supérieurs au débit de crue 10 ans.

#### Crues océaniques

Lors de crues océaniques, les aménagements accélérant l'apparition de la pointe de crue de 2 à 6h sont fortement aggravants dès la station de Bognes.

L'avance de 8h de la pointe de crue provoque une faible augmentation du niveau du Rhône aux stations de Bognes et Brens. L'avance supérieure à 8h est bénéfique et n'aggrave pas la situation du Rhône.

Les aménagements de type stockage, provoquant le ralentissement de l'apparition de la pointe de crue n'ont pas d'impact aggravant significatif.

Il n'y a pas d'impact à Pougny sur le débit de pointe dans la mesure où l'hydrogramme simulé est l'hydrogramme de base décalé de quelques heures. Il y aura cependant un impact au niveau de l'heure du pic de crue. Le débit de pointe à Pougny restera donc le même mais avec un décalage dans le temps. L'impact ne se fera donc ressentir qu'à partir de Bognes, après la confluence avec la valserine.

Les impacts négatifs sont maximums à Brens après la confluence avec le Fier. On constate une élévation maximale à Brens de 11 cm correspondant à une augmentation du débit de l'ordre de 60m<sup>3</sup>/s. La diminution de la hauteur d'eau se fait ressentir pour tout aménagement retardant la pointe de crue avec une diminution jusqu'à 50cm soit 300m<sup>3</sup>/s.

	Impact (cm) des aménagements de l'Arve sur le Rhône pour les scénarios océaniques								
	Bognes	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beucaire
Avance 10h	-3	-14	-10	-3	-3	-2	-1	-1	-2
Avance 8h	2	-3	-3	0	0	0	0	0	0
Avance 6h	3	8	6	4	4	3	2	1	2
Avance 4h	2	11	9	8	7	8	6	2	4
Avance 2h	1	6	7	9	9	7	6	2	4
Retard 2h	-1	-5	-6	-3	-3	-2	-2	-1	-2
Retard 4 h	-2	-11	-12	-7	-7	-4	-3	-1	-4
Retard 6h	-3	-16	-18	-10	-10	-6	-5	-2	-6
Retard 8h	-4	-21	-25	-14	-13	-8	-7	-2	-8
Retard 10h	-5	-27	-31	-17	-17	-11	-8	-3	-10
Retard 12h	-6	-32	-38	-21	-20	-13	-10	-3	-11
Retard 14h	-7	-36	-42	-24	-24	-15	-11	-4	-13
Retard 16h	-8	-39	-45	-28	-27	-17	-13	-4	-15
Retard 18h	-9	-41	-48	-32	-31	-19	-15	-5	-17
Retard 20h	-10	-44	-51	-35	-34	-21	-16	-6	-19

**Tableau 21 : Arve - Impact des aménagements sur les crues océaniques**

L'Ain et le Fier étant généralement en avance par rapport au Rhône, un aménagement sur l'Arve accélérant les écoulements sur l'Arve risque d'augmenter la concomitance du Rhône avec l'Ain et le Fier.



### Crues généralisées

Pour les crues généralisées, on remarque que seul l'aménagement (« avance 2h ») qui accélère la vitesse d'écoulement de l'Arve de 2h provoque un impact aggravant à Bognes. Cet impact s'intensifie à Brens puis diminue. En ce qui concerne les aménagements de ralentissement ils sont neutres ou bénéfiques sur l'ensemble du Rhône.

Pour les aménagements avançant le pic de crue de plus de 2h, on observe des impacts sur le Rhône aval. Ces impacts correspondent à des scénarios méditerranéens extensifs pour lesquels l'avance créée par les aménagements de l'Arve impliqueront une concomitance plus forte des affluents méditerranéens à l'aval de Valence.

	Impact (cm) des aménagements de l'Arve sur le Rhône pour les scénarios généralisés								
	Bognes	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-18	-31	-19	-11	-6	-1	0	2	3
Avance 8h	-13	-21	-12	-7	-4	0	2	3	4
Avance 6h	-8	-12	-6	-4	-2	2	3	3	4
Avance 4h	-4	-2	0	0	0	4	4	3	4
Avance 2h	1	7	7	6	6	4	3	1	2
Retard 2h	-1	-2	-5	-4	-2	-1	-1	0	0
Retard 4 h	-2	-5	-10	-8	-4	-2	-2	-1	0
Retard 6h	-3	-7	-16	-12	-6	-3	-3	-1	0
Retard 8h	-4	-10	-21	-15	-8	-5	-4	-1	-1
Retard 10h	-6	-12	-26	-19	-11	-6	-5	-2	-1
Retard 12h	-7	-15	-32	-23	-13	-7	-5	-2	-1
Retard 14h	-8	-17	-36	-27	-15	-8	-6	-2	-1
Retard 16h	-9	-20	-39	-31	-17	-9	-7	-3	-2
Retard 18h	-10	-21	-42	-35	-19	-10	-8	-3	-2
Retard 20h	-11	-23	-45	-39	-21	-11	-9	-3	-2

**Tableau 22 : Arve – Impact des aménagements sur les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Les aménagements d'accélération des écoulements testés sur l'Arve sont globalement aggravants. Pour ce qui est des aménagements de type stockage, ils ont un impact positif sur les stations en aval de la confluence de l'Arve.

## 3.3 Valserine

### 3.3.1 Analyse des crues historiques du Rhône

La rivière de la Valserine prend sa source dans le Haut Jura au nord du col de la Faucille. Elle conflue avec le Rhône au niveau de la ville de Bellegarde-sur Valserine. Son bassin versant est d'environ 380 km<sup>2</sup> avec une longueur de 47.6 km. L'affluent principal de cette rivière à caractère torrentiel est la Semine. La rivière présente des fluctuations saisonnières de débit liées à son régime essentiellement nival. Les basses eaux se produisent durant l'été (Juillet-Septembre), les hautes eaux elles se produisent au printemps avec des pointes en Avril.

La station hydrologique étudiée est la station de Lancrans.

Les débits de pointe sont issus de la banque hydro :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	190
5	230
10	250
20	280
50	310

**Tableau 23 : Débits caractéristiques de la Valserine à la station de Lancrans**

#### Crues océaniques

Du fait de sa position géographique, le bassin versant de la Valserine est soumis aux épisodes océaniques. Les données sur cet affluent sont disponibles depuis 1983. Pour la crue de février 1990, forte crue océanique du Rhône amont, le débit de pointe de la Valserine a été estimé à 360m<sup>3</sup>/s, soit supérieur au débit cinquantennal.

La Valserine contribue fortement aux crues océaniques, mais son impact reste limité compte tenu des apports importants du Fier, de l'Ain et de la Saône. Généralement, la Valserine est en avance par rapport au Rhône.

#### Crues méditerranéennes

Compte tenu de son positionnement géographique, le bassin versant de la Valserine n'est pas soumis aux événements méditerranéens.

#### Crues cévenoles

Compte tenu de son positionnement géographique, le bassin versant de la Valserine n'est pas soumis aux événements cévenols.

#### Crues généralisées

Pour les crues générales étudiées, la Valserine a un impact assez faible sur les crues du Rhône. Ses débits de pointe pour les crues d'octobre 1993 et de janvier 1994 étaient respectivement de 170 m<sup>3</sup>/s et 205 m<sup>3</sup>/s, soit inférieurs à la crue de période de retour cinq ans.

Cependant, étant donné que la Valserine réagit fortement aux crues océaniques, elle aura un impact non négligeable pour les crues généralisées, si l'averse océanique arrive avant l'averse méditerranéenne.

Un tableau d'analyse de l'impact de la Valserine sur les crues historiques du Rhône est disponible en annexe 2.

Le bassin versant de la Valserine réagit fortement aux crues de type océanique et en moindre proportion aux crues généralisées. Lors d'évènements méditerranéens, il est possible que la Valserine soit en crue, mais son rôle n'a pas d'impact sur les crues du Rhône.

Lors d'évènements océaniques, la Valserine va renforcer les crues du Rhône lorsque l'Arve et le Léman sont déjà en crue. Pour ce type d'évènements, la Valserine est généralement en avance. Le décalage moyen a été fixé à 7h.

Pour les évènements généralisés, on observe que l'impact de la Valserine n'est pas très fort. Cependant, lors d'une crue exceptionnelle du Fier associée à une crue forte de la Valserine, on obtient une crue millénale de Brens à Ternay. Le décalage moyen a été fixé à 2h.

**Conclusion :**

La Valserine contribue fortement aux crues océaniques et généralisés mais son impact reste limité. Lors de crues méditerranéennes et cévenoles le bassin versant de la Valserine ne contribue pas.

**3.3.2 Impact des aménagements**

Les tableaux 24,25 et 26, présentant les impacts des aménagements de la Valserine sur les crues du Rhône, ne tiennent compte que des résultats pour lesquels les débits du Rhône sont supérieurs au débit de crue 10 ans.

Pour les crues océaniques, l'avance moyenne de la Valserine par rapport au Rhône a été fixée à 7h, et à 2h pour les autres types de crues.

Crues océaniques

L'impact des aménagements lors de crues océaniques est neutre ou bénéfique pour la totalité des aménagements visant à accélérer la vitesse d'écoulement.

En ce qui concerne les aménagements visant à ralentir l'apparition de la pointe de crue, on observe une aggravation assez faible de la ligne d'eau de 2 à 5 cm du Rhône à Bognes, pour des retards de 2 à 8h. Cet impact peut être considéré comme neutre à partir de Valence.

Au delà d'un retard de 10h, on observe un impact bénéfique non négligeable.

Impact (cm) des aménagements de la Valserine sur le Rhône pour les scénarios océaniques									
	Bognes	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beucaire
Avance 10h	-5	-5	-4	-3	-3	-2	-1	0	-1
Avance 8h	-4	-4	-3	-2	-2	-1	-1	0	-1
Avance 6h	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1
Avance 4h	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	-1
Avance 2h	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0
Retard 2h	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Retard 4 h	2	2	2	1	1	1	1	0	1
Retard 6h	3	3	3	2	2	0	0	0	0
Retard 8h	2	1	1	1	1	-1	-1	0	-1
Retard 10h	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2
Retard 12h	-7	-6	-5	-4	-4	-3	-3	-1	-4
Retard 14h	-11	-10	-8	-7	-6	-4	-4	-1	-5
Retard 16h	-15	-14	-12	-9	-8	-5	-5	-2	-6
Retard 18h	-20	-18	-15	-11	-10	-6	-6	-2	-7
Retard 20h	-24	-22	-18	-14	-12	-7	-7	-2	-8

**Tableau 24 : Valserine – Impact des aménagements sur les crues océaniques**

### Crues méditerranéennes

Pour les crues méditerranéennes, compte tenu du faible apport de la Valserine sur les crues du Rhône, l'impact lié aux aménagements est quasiment neutre. On observe dans le tableau 25 un léger impact pour les aménagements accélérant l'apparition de la pointe de crue lorsque la Valserine est en crue de période de retour deux ans. L'augmentation de 3 cm du niveau d'eau à Beaucaire correspond à une variation de débit de l'ordre de 50m<sup>3</sup>/s ce qui reste négligeable par rapport au débit du Rhône de 10 000 m<sup>3</sup>/s pour ce scénario. L'impact ne se fait ressentir qu'à partir de Viviers dans la mesure où l'avance de la Valserine impliquera une concomitance plus forte des affluents méditerranéens à l'aval de Viviers.

	Impact (cm) des aménagements de la Valserine sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens								
	Bognes	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Avance 8h	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Avance 6h	0	0	0	0	0	0	2	1	3
Avance 4h	0	0	0	0	0	0	2	1	2
Avance 2h	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Retard 2h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 4 h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 6h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 10h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 12h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 14h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 16h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 18h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retard 20h	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tableau 25 : Valserine – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

### Crues généralisées

Les aménagements testés sur la Valserine lors de crues généralisées génèrent des impacts faibles.

Un retard de la pointe de crue d'environ 2h va augmenter le débit du Rhône à Bognes et va ainsi provoquer un faible impact aggravant de Bognes à Lagnieu. Pour les autres aménagements de stockage induisant un retard supérieur à 2h, l'impact est neutre ou bénéfique.

Les aménagements visant à accélérer la vitesse d'écoulement peuvent générer une légère augmentation du niveau du Rhône à Beaucaire de 1 à 2 cm, soit environ 20m<sup>3</sup>/s pour des débits du Rhône supérieurs aux débits de la crue millénaire.

	Impact (cm) des aménagements de la Valserine sur le Rhône pour les scénarios généralisés								
	Bognes	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-5	-5	-4	-3	-1	0	0	1	1
Avance 8h	-4	-4	-3	-2	-1	0	1	1	1
Avance 6h	-3	-3	-3	-2	-1	0	1	1	2
Avance 4h	-2	-2	-2	-1	0	1	1	1	1
Avance 2h	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1
Retard 2h	1	1	1	-2	0	0	0	0	0
Retard 4 h	-4	-3	-2	-4	-1	-1	-1	0	0
Retard 6h	-8	-6	-6	-6	-2	-1	-1	0	0
Retard 8h	-13	-10	-9	-8	-3	-2	-1	0	0
Retard 10h	-18	-14	-12	-10	-4	-2	-2	-1	0
Retard 12h	-22	-18	-16	-12	-4	-2	-2	-1	0
Retard 14h	-27	-22	-19	-14	-5	-3	-2	-1	0
Retard 16h	-32	-25	-22	-15	-6	-3	-2	-1	0
Retard 18h	-37	-29	-26	-17	-6	-3	-2	-1	0
Retard 20h	-40	-32	-28	-17	-6	-3	-2	-1	0

**Tableau 26 : Valserine - Impact des aménagements sur les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Sur l'ensemble des types de crues, seuls les aménagements visant à retarder de plus de 10 h la pointe de crue ne provoquent aucun impact aggravant sur l'ensemble des tronçons du Rhône.

## 3.4 Le Fier

### 3.4.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant du Fier a une surface d'environ 1380km<sup>2</sup> et une longueur de cours d'eau de 71.9km. Le Fier prend sa source dans la Chaîne des Aravis, au Mont Charvin et se jette en rive gauche du Rhône au sud de Seyssel.

Les stations hydrologiques étudiées sont les stations de Motz et de Vallières (données journalières). La station de Vallières existe depuis 1948, des données horaires sont cependant disponibles depuis la fin des années 1980.

Les débits de pointe ont été calculés dans l'étude de l'EGR avec la méthode du Gradex et avec la méthode de Gumbel avec les données actualisées à Vallières :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)- EGR	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s) - Gumbel
2	550	450
10	940	730
20	1135	840
50	1390	970
100	1580	
500	2030	
1000	2220	

**Tableau 27 : Débits caractéristiques du Fier à Vallières**

A partir des données à Motz, et des données à la station de Vallières jusqu'à 2010, une réactualisation des débits de pointe a été faite sur le Fier. Les débits de pointe ont été revus à la baisse par rapport aux débits estimés dans l'EGR, ce qui s'explique par le fait qu'aucune forte crue du Fier n'a été enregistrée depuis janvier 1994.

Les informations présentées dans le tableau ci-dessous sont issues de l'étude de l'EGR. Le Fier est rarement en crue lors des événements cévenols et méditerranéens.

	Crue océaniques	Crues méditerranées	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	53%	14%	9%	39%
Concomitance faible/moyenne	37%	21%	4%	30%
Pas de crue de l'affluent	11%	66%	87%	30%

**Tableau 28 : Concomitance Fier/Rhône (EGR)**

### Crués océaniques

Sur l'ensemble des crués étudiées dans l'EGR, le Fier est en crue 9 fois sur 10 lorsque survient une crue du Rhône.

L'impact du Fier sur le Rhône en amont de la confluence avec l'Ain est important. Lorsqu'il n'y a pas concomitance entre le Fier et le Rhône, le Fier est généralement en avance (EGR).

Le risque d'occurrence de deux fortes crués simultanées sur l'Arve et le Fier est de l'ordre de 1 sur 3.

Dans le cadre de cette étude, nous disposons des données de la crue océanique de février 1990 pour laquelle on observe une avance du Fier par rapport au Rhône de 6h (données à Vallières) avec un débit du Fier supérieur au débit cinquantennal.

### Crués méditerranéennes

Le Fier contribue peu aux crués méditerranéennes et n'a pas d'impact sur les crués à l'aval.

### Crués cévenoles

Le Fier ne contribue pas aux crués cévenoles.

### Crués généralisées

Le Fier réagit essentiellement pour des pluies à caractère océanique, qui auront effectivement lieu lors d'un épisode généralisé. Si l'averse océanique arrive avant l'averse méditerranéenne, le Fier peut jouer un rôle aggravant pour les crués du Rhône amont. Compte tenu des forts débits du Fier, l'impact sur les crués généralisées peut être non négligeable.

Dans le cadre de cette étude, nous disposons des données pour les épisodes généralisés d'octobre 1993 et de janvier 1994.

Pour l'épisode d'octobre 1993, le Fier n'est pas en crue, mais on observe cependant une forte concomitance avec le Rhône. Le décalage avec le Rhône est de l'ordre de 3h.

Pour l'épisode de janvier 1994, le Fier est en crue moyenne (période de retour 5ans) avec une avance de 3h par rapport au Rhône. Il faut cependant noter que le pic de crue du Rhône amont se produit 8 jours avant le pic de crue à l'aval.

Un tableau d'analyse de l'impact du Fier sur les crués historiques du Rhône est disponible en annexe 2.

### **Conclusion :**

Le bassin versant du Fier est fortement soumis aux épisodes océaniques ainsi qu'aux épisodes généralisés. Pour les crués océaniques, l'avance moyenne du Fier par rapport au Rhône a été fixée à 5h, et à 2h dans le cas des crués généralisées.

Les débits caractéristiques du Fier sont très élevés, et une crue du Fier peut se ressentir fortement au-delà de Lagnieu. Du fait de son fort apport, une crue de période de retour deux ans du Fier ( $450\text{m}^3/\text{s}$ ), associée à une crue de période de retour deux ans de l'Arve et de la Valserine, crée une crue du Rhône à Brens supérieure à la crue biennale. La concomitance du Fier même pour de faibles périodes de retour peut s'avérer fortement impactante pour le Rhône. Le Fier peut créer quasiment à lui seul une crue du Rhône amont.

Pour les simulations des événements généralisés, on obtient pour le scénario pour lequel le Fier est en crue centennale, une crue exceptionnelle du Rhône à Brens et Lagnieu due à l'apport du Fier.

### 3.4.2 Impact des aménagements

Les tableaux suivants, présentant les impacts des aménagements du Fier sur les crues du Rhône, ne tiennent compte que des résultats pour lesquels les débits du Rhône sont supérieurs au débit de crue dix ans.

#### Crues océaniques

Les impacts liés aux aménagements sur le Fier sont forts lors de crues océaniques. Pour un aménagement visant à retarder de 2 à 6h la pointe de crue on obtient un impact à Brens supérieur à 5 cm et pouvant atteindre 10 cm. Cet impact aggravant diminue nettement jusqu'à Beaucaire. Les aménagements accélérant la vitesse d'écoulement sont neutres ou à impact bénéfique.

	Impact (cm) des aménagements du Fier sur le Rhône pour les scénarios océaniques							
	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-22	-14	-8	-8	-5	-4	-1	-4
Avance 8h	-18	-12	-6	-6	-4	-3	-1	-4
Avance 6h	-13	-9	-5	-5	-3	-2	-1	-3
Avance 4h	-9	-6	-3	-3	-2	-2	-1	-2
Avance 2h	-4	-3	-2	-2	-1	-1	0	-1
Retard 2h	5	4	4	4	2	2	1	1
Retard 4 h	10	8	7	8	4	3	1	1
Retard 6h	6	5	4	4	1	1	0	-3
Retard 8h	-7	-6	-5	-5	-5	-5	-1	-7
Retard 10h	-18	-17	-12	-12	-9	-8	-3	-11
Retard 12h	-30	-28	-20	-17	-12	-10	-4	-15
Retard 14h	-42	-38	-28	-23	-15	-13	-5	-17
Retard 16h	-54	-47	-31	-28	-18	-14	-5	-17
Retard 18h	-63	-52	-31	-29	-18	-14	-5	-17
Retard 20h	-67	-52	-31	-29	-18	-14	-5	-17

**Tableau 29 : Fier – Impact des aménagements sur les crues océaniques**



### Crues généralisées

Pour les crues généralisées, on observe un impact aggravant fort à Brens et Lagnieu en cas d'aménagement retardant la crue de 2 heures. Sur l'aval du Rhône, à partir de Valence, ce même aménagement devient neutre voire bénéfique. Les aménagements provoquant un retard supérieur à 4h ont tous un impact neutre ou bénéfique.

Les aménagements visant à avancer la pointe de crue peuvent avoir une tendance à augmenter les débits à partir de Valence, du fait de la tendance à augmenter la concomitance avec les affluents à l'aval de Valence.

	Impact (cm) des aménagements du Fier sur le Rhône pour les scénarios généralisés							
	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-7	-6	-4	-3	0	1	2	3
Avance 8h	-6	-5	-3	-3	0	2	3	4
Avance 6h	-4	-4	-2	-2	1	2	3	5
Avance 4h	-3	-2	-1	-1	2	3	2	4
Avance 2h	-1	-1	-1	-1	3	3	2	2
Retard 2h	6	5	0	1	-1	-1	0	0
Retard 4 h	-3	-2	-4	-4	-3	-1	-1	0
Retard 6h	-7	-6	-6	-6	-4	-2	-1	0
Retard 8h	-11	-10	-8	-8	-5	-3	-2	0
Retard 10h	-15	-13	-11	-10	-7	-3	-2	0
Retard 12h	-20	-17	-13	-12	-7	-3	-2	0
Retard 14h	-24	-21	-13	-12	-7	-3	-2	0
Retard 16h	-24	-21	-13	-12	-7	-3	-2	0
Retard 18h	-24	-21	-13	-12	-7	-3	-2	0
Retard 20h	-24	-21	-13	-12	-7	-3	-2	0

**Tableau 30 : Fier – Impact des aménagements sur les crues généralisées**

Compte tenu du fort apport du Fier dans les crues du Rhône amont, des tests ont été réalisés sur le Fier avec deux décalages temporels supplémentaires, de façon à avoir une analyse approfondie des impacts liés aux aménagements.

Le décalage temporel initial du Fier dont les résultats sont présentés dans les tableaux précédents est de 5h d'avance pour les crues de type océanique et de 2h d'avance pour les crues de type généralisé. Les nouveaux décalages temporels testés sont une avance de 10h et la concomitance avec le Rhône.

Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants, en ne tenant compte des impacts sur le Rhône pour un débit supérieur au débit de crue décennal.

Impact (cm) des aménagements du Fier sur le Rhône pour les scénarios océaniques décalage temporel de 10h								
	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-19	-14	-8	-8	-5	-4	-1	-4
Avance 8h	-18	-12	-6	-6	-4	-3	-1	-4
Avance 6h	-13	-9	-5	-5	-3	-2	-1	-3
Avance 4h	-9	-6	-3	-3	-2	-2	-1	-2
Avance 2h	-4	-3	-2	-2	-1	-1	0	-1
Retard 2h	5	4	4	4	2	2	1	1
Retard 4 h	10	9	7	8	5	4	1	3
Retard 6h	15	13	11	12	7	6	2	4
Retard 8h	20	17	15	16	10	8	2	6
Retard 10h	24	21	18	20	10	9	3	3
Retard 12h	11	10	8	9	4	3	1	-1
Retard 14h	-1	-2	-1	-2	-3	-2	-1	-5
Retard 16h	-13	-13	-9	-10	-8	-7	-2	-9
Retard 18h	-25	-24	-17	-16	-11	-10	-4	-14
Retard 20h	-37	-35	-25	-21	-14	-12	-4	-15

**Tableau 31 : Fier – Impact des aménagements sur les crues océaniques –décalage de 10h**

Impact (cm) des aménagements du Fier sur le Rhône pour les scénarios océaniques concomitance								
	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-22	-12	-1	-1	-1	-1	0	-1
Avance 8h	-17	-9	0	0	0	0	0	0
Avance 6h	-13	-6	2	2	1	1	0	1
Avance 4h	-9	-3	4	4	2	2	1	2
Avance 2h	-4	0	5	5	3	3	1	3
Retard 2h	-11	-9	-5	-5	-3	-2	-1	-3
Retard 4 h	-23	-19	-10	-10	-6	-5	-2	-6
Retard 6h	-35	-28	-16	-15	-10	-7	-3	-9
Retard 8h	-47	-38	-21	-20	-13	-10	-3	-12
Retard 10h	-59	-47	-26	-25	-16	-12	-4	-14
Retard 12h	-71	-57	-26	-25	-16	-12	-4	-14
Retard 14h	-76	-57	-26	-25	-16	-12	-4	-14
Retard 16h	-78	-57	-26	-25	-16	-12	-4	-14
Retard 18h	-78	-57	-26	-25	-16	-12	-4	-14
Retard 20h	-78	-57	-26	-25	-16	-12	-4	-14

**Tableau 32 : Fier – Impact des aménagements sur les crues océaniques – concomitance**

La variation du décalage temporel du Fier à un impact non négligeable sur les impacts des aménagements. On remarque que pour un décalage temporel de 10h, les aménagements ayant un impact négatif sur les crues du Rhône sont les aménagements retardant la pointe de crue jusqu'à 12h contre 6h pour le décalage temporel initial. De même pour la concomitance avec le Rhône, on observe que les aménagements ayant tendance à augmenter le débit du Rhône sont les aménagements qui avancent la pointe de crue jusqu'à 6h.

De même, les tableaux ci-dessous présentent les impacts des aménagements pour les crues de type généralisé avec les deux nouveaux décalages testés.

Impact (cm) des aménagements du Fier sur le Rhône pour les scénarios généralisés décalage temporel 10h								
	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-1	0
Avance 8h	-6	-5	-3	-3	-2	-1	-1	0
Avance 6h	-4	-4	-2	-2	-1	-1	0	0
Avance 4h	-3	-3	-1	-1	-1	0	0	0
Avance 2h	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0
Retard 2h	6	6	3	3	2	2	1	1
Retard 4 h	13	11	7	7	5	3	2	2
Retard 6h	19	17	10	10	7	5	2	1
Retard 8h	25	22	14	13	10	7	0	0
Retard 10h	31	27	8	10	6	2	-1	0
Retard 12h	21	17	1	2	-1	-1	-1	0
Retard 14h	10	7	-3	-3	-2	-2	-2	0
Retard 16h	0	-4	-6	-5	-4	-3	-2	0
Retard 18h	-10	-8	-8	-7	-5	-3	-2	0
Retard 20h	-14	-12	-10	-9	-6	-3	-2	0

**Tableau 33 : Fier – Impact des aménagements sur les crues généralisées –décalage 10h**

Impact (cm) des aménagements du Fier sur le Rhône pour les scénarios généralisés - concomitance								
	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-7	-6	-1	-1	0	1	2	3
Avance 8h	-6	-5	0	0	0	2	3	4
Avance 6h	-4	-4	1	1	1	2	3	5
Avance 4h	-3	-2	2	2	2	3	2	4
Avance 2h	-1	-1	5	4	4	5	2	2
Retard 2h	-4	-4	-2	-2	-1	-1	0	0
Retard 4 h	-8	-7	-4	-4	-3	-1	-1	0
Retard 6h	-13	-11	-6	-6	-4	-2	-1	0
Retard 8h	-17	-15	-9	-8	-5	-3	-1	0
Retard 10h	-21	-18	-11	-10	-7	-3	-1	0
Retard 12h	-25	-22	-11	-10	-7	-3	-1	0
Retard 14h	-25	-22	-11	-10	-7	-3	-1	0
Retard 16h	-25	-22	-11	-10	-7	-3	-1	0
Retard 18h	-25	-22	-11	-10	-7	-3	-1	0
Retard 20h	-25	-22	-11	-10	-7	-3	-1	0

**Tableau 34 : Fier – Impact des aménagements sur les crues généralisées –concomitance**

On observe une similarité entre le décalage temporel initial et la concomitance avec un impact négatif pour les aménagements avançant la pointe de crue, et ce essentiellement pour le Rhône en aval de Perrache.

Au contraire, lorsque le Fier est en avance de 10h par rapport au Rhône, les aménagements ayant un impact négatif sont les aménagements retardant la pointe de crue. Avec ce décalage temporel, les impacts sur le Rhône se manifestent très fortement à partir de Brens avec des augmentations de débits supérieurs à 150m<sup>3</sup>/s.

**Conclusion :**

En tenant compte de ces trois décalages, il en ressort que seuls les aménagements retardant la pointe de crue de plus de 16h auront un impact positif sur le Rhône pour l'ensemble des type de crues.

Les décalages temporels étant variables en fonction de l'évènement pluvieux, il est difficile d'établir avec exactitude les aménagements ayant ou n'ayant pas d'impact aggravant sur le Rhône, mais une tendance peut cependant être dégagée. **Pour tout aménagement, il sera donc nécessaire d'effectuer une étude spécifique sur l'affluent.**

## 3.5 Le Guiers

### 3.5.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le Guiers est un affluent rive gauche du Rhône divisé dans le massif de la Chartreuse entre Guiers Vif et Guiers Mort. La partie amont du bassin versant se caractérise par des reliefs élevés. Les deux Guiers (Vif et Mort) confluent à Entre-deux-Guiers pour former le Guiers.

Le Guiers se jette dans le Rhône à l'aval immédiat de St Genix sur Guiers, après un parcours de 50 km environ pour un bassin versant total de 600 km<sup>2</sup>. La station hydrologique étudiée est la station de Belmont située à environ 7km de la confluence avec le Rhône.

Les débits de caractéristiques du Guiers ont été calculés avec la méthode de Gumbel pour des données disponibles depuis 1990.

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	200
5	300
10	360
20	430

**Tableau 35: Débit caractéristiques du Guiers à Belmont**

Ce bassin versant est fortement exposé aux perturbations océaniques. Le Guiers possède un régime hydrologique pluvio-nival avec un étiage estival au mois d'Août et un étiage hivernal moins marqué. Les périodes de hautes eaux se situent aux mois d'avril/mai (fonte des neiges).

Le Guiers est l'affluent principal du Rhône entre les stations de Brens et Lagnieu.

Le décalage de la crue du Guiers par rapport à la crue du Rhône est variable. Sur les crues étudiées, il est soit en avance et soit en retard.

#### Crues océaniques

Compte tenu de son positionnement géographique, cet affluent est soumis aux événements de type océanique. Aucune donnée n'est disponible pour des fortes crues océaniques du Rhône.

#### Crues méditerranéennes

Le bassin versant du Guiers est peu soumis aux crues méditerranéennes.

Les crues de décembre 2003 et de novembre 1994 sont les deux crues méditerranéennes dont les données sont disponibles sur le bassin versant. Pour ces deux événements, le Guiers n'est pas en crue (période de retour inférieure à deux ans).

#### Crues cévenoles

Les crues cévenoles atteignent rarement le cours d'eau du Guiers.

La crue de Novembre 1996 est la seule dont les données sont disponibles.

Avec un débit de 170 m<sup>3</sup>/s, cette crue a une période de retour inférieure à deux ans.

### Crues généralisées

Très peu de données sont disponibles. Aucune crue n'est répertoriée comme généralisée sur le bassin versant du Guiers. Cependant, le Guiers sera soumis aux crues généralisées.

Un tableau d'analyse de l'impact du Guiers sur les crues historiques du Rhône est disponible en annexe 2.

#### **Conclusion :**

Le bassin versant du Guiers est essentiellement soumis aux épisodes océaniques et dans une moindre mesure aux épisodes généralisés. Cet affluent est généralement en légère avance sur le Rhône. Pour les simulations, le décalage moyen a été fixé à 2h d'avance par rapport au Rhône.

Bien que le bassin versant du Guiers soit relativement petit, son impact sur les crues du Rhône amont est non négligeable. On observe en effet pour les scénarios 5 et 6 des événements océaniques, qu'une forte crue du Guiers (scénario 5) va créer une crue de période de retour 10 ans à Lagnieu.

### **3.5.2 Impact des aménagements**

#### Crues océaniques

Les aménagements sur le Guiers lors de crues océaniques génèrent des impacts majoritairement bénéfiques.

Un retard de la pointe de crue de 2 h pourrait augmenter faiblement le niveau du Rhône de Lagnieu à Ternay, de Valence à Beaucaire ce même aménagement provoquerait un impact neutre.

	Impact (cm) des aménagements du Guiers sur le Rhône pour les scénarios océaniques						
	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-5	-4	-4	-2	-2	-1	-4
Avance 8h	-4	-2	-2	-1	-1	-1	-2
Avance 6h	-3	-1	-1	-1	0	0	-1
Avance 4h	-2	1	1	1	1	0	1
Avance 2h	-1	4	4	2	2	1	2
Retard 2h	2	1	2	-1	-1	0	-1
Retard 4 h	0	0	0	-1	-1	0	-3
Retard 6h	-2	-1	-1	-2	-2	-1	-4
Retard 8h	-3	-2	-3	-3	-2	-1	-5
Retard 10h	-4	-4	-4	-4	-3	-1	-7
Retard 12h	-5	-5	-5	-4	-4	-1	-8
Retard 14h	-7	-6	-6	-5	-4	-1	-9
Retard 16h	-8	-7	-7	-6	-5	-1	-11
Retard 18h	-9	-8	-9	-7	-5	-2	-12
Retard 20h	-10	-9	-10	-7	-6	-2	-13

**Tableau 36 : Guiers – Impact des aménagements sur les crues océaniques**

#### Crues généralisées

Les aménagements sur le Guiers pour les crues de type généralisé ont un impact essentiellement pour les aménagements avançant le pic de crue. L'impact se fait ressentir à partir de Viviers, avec une faible augmentation de la ligne d'eau ( maximum +2 cm à Beaucaire).

L'avance du Guiers par rapport à son décalage moyen aura en effet tendance à accentuer la concomitance avec les affluents à l'aval.

Impact (cm) des aménagements du Guiers sur le Rhône pour les scénarios généralisés							
	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-6	-4	-4	-2	-1	1	1
Avance 8h	-5	-3	-3	-1	0	1	2
Avance 6h	-4	-2	-2	-1	1	1	2
Avance 4h	-2	-2	-2	0	1	1	2
Avance 2h	-1	-1	-1	1	1	1	1
Retard 2h	3	-1	1	-1	0	0	0
Retard 4 h	0	-2	-1	-1	-1	0	0
Retard 6h	-2	-3	-3	-2	-1	-1	0
Retard 8h	-4	-4	-4	-3	-2	-1	0
Retard 10h	-5	-5	-5	-4	-2	-1	0
Retard 12h	-7	-6	-6	-4	-3	-1	0
Retard 14h	-8	-7	-7	-5	-4	-2	0
Retard 16h	-10	-8	-8	-6	-4	-2	-1
Retard 18h	-12	-9	-9	-7	-5	-2	-1
Retard 20h	-13	-10	-10	-7	-5	-2	-1

**Tableau 37 : Guiers- impact des aménagements pour les crues généralisées**

**Conclusion :**

Les impacts liés à des aménagements sur le Guiers restent faibles sur les crues du Rhône. De nouveaux tests ont été effectués de façon à analyser l'impact d'aménagements simultanés sur le Guiers et la Bourbre, sachant que la Bourbre à elle seule n'a aucun impact sur le Rhône.

Les résultats présentés dans les tableaux suivants montrent que même associés entre eux, le Guiers et la Bourbre n'ont pas d'impact très fort. Il n'y a guère de différence entre les impacts du Guiers seul et les impacts du Guiers et de la Bourbre combinés.

Impact des aménagements (cm) de la Bourbre sur le Rhône pour les scénarios océaniques							
	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-5	-4	-4	-2	-2	-1	-4
Avance 8h	-4	-2	-2	-1	-1	-1	-2
Avance 6h	-3	-1	-1	0	0	0	-1
Avance 4h	-2	1	1	1	1	0	1
Avance 2h	-1	4	4	2	2	1	2
Retard 2h	2	1	1	-1	-1	0	-1
Retard 4 h	0	0	0	-2	-1	0	-3
Retard 6h	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-4
Retard 8h	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-5
Retard 10h	-4	-4	-4	-4	-3	-1	-7
Retard 12h	-5	-5	-5	-5	-4	-1	-8
Retard 14h	-7	-6	-7	-5	-4	-1	-10
Retard 16h	-8	-7	-8	-6	-5	-2	-11
Retard 18h	-9	-8	-9	-7	-6	-2	-12
Retard 20h	-10	-10	-10	-8	-6	-2	-14

**Tableau 38 : Guiers/Bourbre- impact des aménagements pour les crues océaniques**

Impact des aménagements (cm) de la Bourbre sur le Rhône pour les scénarios généralisés							
	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-6	-4	-4	-2	-1	1	1
Avance 8h	-5	-3	-3	-1	0	1	2
Avance 6h	-4	-2	-2	0	1	1	2
Avance 4h	-2	-2	-2	0	1	1	2
Avance 2h	-1	-1	-1	1	1	1	1
Retard 2h	3	-1	0	-1	-1	0	0
Retard 4 h	0	-2	-1	-2	-1	-1	0
Retard 6h	-2	-3	-3	-2	-2	-1	0
Retard 8h	-4	-4	-4	-3	-2	-1	0
Retard 10h	-5	-5	-5	-4	-3	-1	0
Retard 12h	-7	-6	-6	-5	-3	-2	0
Retard 14h	-8	-7	-7	-5	-4	-2	-1
Retard 16h	-10	-8	-8	-6	-4	-2	-1
Retard 18h	-12	-9	-9	-7	-5	-2	-1
Retard 20h	-13	-10	-10	-8	-5	-3	-1

**Tableau 39 : Guiers/Bourbre- impact des aménagements pour les crues généralisés**

### Conclusion :

Les impacts liés à des aménagements sur le Guiers et la Bourbre simultanément restent faibles par rapport aux crues du Rhône. Tout aménagement retardant de plus de 2h la pointe de crue sera bénéfique sur les crues du Rhône.



## 3.6 La Bourbre

### 3.6.1 Analyse des crues historiques du Rhône

La Bourbre est un affluent rive gauche du Rhône. Avec un bassin versant de 727 km<sup>2</sup> la Bourbre parcourt 72 km avant de se jeter dans le Rhône à proximité de la commune de Chavanoz. La vallée de la Bourbre constituée par une succession de bassins autrefois marécageux se caractérise par des crues très étalées et longues. La station exploitable pour le bassin versant est celle de Jamezieu, située à l'aval du bassin versant. Les crues mesurées à cette station sont fortement écrêtées par les zones d'expansion situées plus à l'amont.

Le bassin versant de la Bourbre est atypique et hétérogène car les débits de crues de la Bourbre sont partiellement amortis lors de la traversée de certains marais. La Bourbre rassemble en effet des cours d'eau de type montagnoux avec un temps de réponse rapide sans aucun amortissement et des cours d'eau totalement amortis.

La station hydrométrique étudiée est la station de Jamézieu située à moins de 2 km du Rhône.

Les débits caractéristiques sont issus de l'étude de la Banque hydro :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	30
5	40
10	47

**Tableau 40 : Débits caractéristiques de la Bourbre à Jamézieu**

Cet affluent a été retenu en raison de la superficie de son bassin versant, mais présente un très faible débit spécifique.

Les dernières crues importantes de la Bourbre sont les suivantes :

- Octobre 1988
- Novembre 2002 avec un débit de 29 m<sup>3</sup>/s
- Octobre 1993 avec un débit de 42 m<sup>3</sup>/s

Il existe deux périodes pluvieuses sur le bassin versant de la Bourbre, le mois de mai et l'automne. En hiver un manteau neigeux peut s'installer, la fonte brutale de celui-ci peut être équivalente à de fortes et brèves précipitations.

#### Crues océaniques

Les données sont disponibles sur la crue océanique de février 1990. Cette crue est de faible intensité avec un débit à Jamezieu de 22 m<sup>3</sup>/s.

Avec un apport de la Bourbre de 2.28% entre les deux stations amont et aval du Rhône (Lagnieu et Perrache) cette crue a peu d'influence sur le débit du Rhône mesuré. De plus, la confluence de la Bourbre se situe à proximité de celle de la rivière de l'Ain avec un débit de pointe de 1540 m<sup>3</sup>/s. L'impact de la Bourbre est donc complètement masqué par les apports importants de l'Ain.

### Crues méditerranéennes

Deux crues de type méditerranéennes sont répertoriées sur le bassin versant de la Bourbre (Nov 1994 et décembre 2003). Ces deux crues sont de faible intensité. La crue de décembre 2003 se caractérise par un retard sur le Rhône de 23h. Pour la crue de 1994, la Bourbre arrive 4h en avance par rapport au Rhône. La Bourbre est faiblement affectée par les crues méditerranéennes.

### Crues cévenoles

Peu de crues de type cévenol affectent la Bourbre. Une seule crue a été répertoriée, celle de Novembre 1996 avec un débit de pointe de 34 m<sup>3</sup>/s mesuré à Jameyzieu. Cette crue est de faible intensité et se caractérise par une avance de 12h sur le Rhône.

### Crues générales

Une des crues les plus violentes enregistrée sur le bassin versant de la Bourbre pour ces dernières années est celle d'octobre 1993 avec un débit de pointe de 84.5 m<sup>3</sup>/s. Cette crue est une crue généralisée du Rhône.

La Bourbre est pour cette crue légèrement en retard par rapport au Rhône avec un décalage de 1h.

### **Conclusion :**

La Bourbre reste un bassin versant de superficie importante mais avec des débits caractéristiques très faibles (le débit de période de retour dix ans est de 50m<sup>3</sup>/s à Jameyzieu), donc n'ayant que peu d'impact sur les crues du Rhône. Son rôle sur les crues du Rhône reste donc négligeable, notamment en comparaison avec l'Ain dont la confluence est très proche.

Pour cet affluent, le décalage moyen pris en compte est nul (concomitance avec les crues du Rhône).

### **3.6.2 Impact des aménagements**

La totalité des aménagements testés n'a pas d'impact significatif sur l'ensemble des tronçons du Rhône.

L'apport de cet affluent étant très limité en terme de volume et de débit de pointe, aucun aménagement n'a d'impact à lui seul sur les crues du Rhône.

Les aménagements de la Bourbre en simultané avec les aménagements du Guiers, ne présentent pas d'impact négatif plus importants que sans la Bourbre. Cet affluent a des caractéristiques trop faibles pour vraiment influencer le Rhône.

## 3.7 L'Ain

### 3.7.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant de l'Ain a une surface d'environ 3760km<sup>2</sup> et une longueur de 200km avant de rejoindre le Rhône en rive droite. L'Ain prend sa source en Franche Comté à environ 700 mètres d'altitude. Dans sa partie amont, la rivière traverse des gorges profondes (relief karstique) en passant successivement dans 5 retenues artificielles. Le barrage de Vouglans en début de chaîne est le 3<sup>e</sup> réservoir artificiel français. Il conditionne tout le fonctionnement hydrologique de l'Ain.

La station hydrologique choisie pour cette étude est celle de Chazey située à environ 17 km de la confluence avec le Rhône.

Les débits caractéristiques sont issus de l'EGR, calculés avec la méthode du Gradex :

Période de retour (années)	Débits de pointe « Crue moyenne annuelle » (m <sup>3</sup> /s)
2	924
10	1410
20	1593
50	2030
100	2360
500	3110
1000	3440

**Tableau 41: Débits caractéristiques de l'Ain à Chazey**

Les informations présentées dans le tableau ci-dessous sont issues de l'étude de l'EGR. L'Ain est très rarement en crue lors des événements cévenols.

	Crue océaniques	Crues méditerranéennes	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	42%	23%	10%	53%
Concomitance faible/moyenne	58%	55%	20%	42%
Pas de crue de l'affluent	0%	23%	70%	5%

**Tableau 42 : Concomitance Ain/Rhône (EGR)**

#### Crues océaniques

Cet affluent subit des crues rapides qui parviennent généralement au Rhône avant la pointe de crue du Rhône amont. Cependant, il existe des cas de concomitance induisant une aggravation significative de la crue.

Pour la crue de février 1990, l'influence de l'Ain est très importante. La rivière de l'Ain participe fortement à l'accroissement du débit du Rhône entre Pont de Lagnieu et Perrache. L'Ain est a priori en avance par rapport au Rhône, mais les données sont des données journalières qui ne permettent pas plus de précision.

Pour les crues de 1899 et 1910, les apports de l'Ain sont importants, la crue de l'Ain étant supérieure à la crue de période vingt ans dans les deux exemples.

#### Crues méditerranéennes

Pour les crues méditerranéennes étudiées, l'Ain n'est pas en crue. A priori l'impact de l'Ain est faible sur les crues méditerranéennes, car les pluies méditerranéennes uniquement ne remontent pas jusqu'à son bassin versant.

Cependant, pour des épisodes méditerranéens extensifs, l'Ain est en crue 7 fois sur 10, probablement sous une influence océanique simultanée plus que sous influence méditerranéenne.

#### Crues cévenoles

Compte tenu de son positionnement géographique, le bassin versant de l'Ain n'est pas soumis aux événements cévenols.

#### Crues généralisées

Lors de crues généralisées du bassin versant du Rhône, l'Ain est en crue 9 fois sur 10 selon l'EGR avec un risque de concomitance. En effet lorsqu'on regarde les crues d'octobre 1993 et Janvier 1994 on remarque une légère avance de 2h et 3h et un apport de l'Ain très important.

### **Conclusion**

Le rôle de l'Ain dans les crues du Rhône amont est important : cet affluent peut à lui seul former la crue du Rhône (épisodes méditerranéens extensifs), ou entretenir celle-ci (épisode océanique avec réponse du trio Arve-Fier-Ain) ou l'amplifier considérablement si sa crue est forte.

La conjonction de crues centennales de l'Ain et de la Saône crée une crue centennale du Rhône avec un impact que l'on ressent jusqu'à Beaucaire.

Le décalage temporel moyen utilisé pour la modélisation des aménagements est une avance de 2h pour les événements océaniques et généralisés, et une concomitance pour les crues méditerranéennes extensives, qui sont généralement formées par l'Ain.

#### **3.7.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues océaniques

Les aménagements accélérant l'écoulement sont neutres ou bénéfiques pour les crues océaniques.

Par contre, un retard de la pointe de crue de 2 à 4h lors de crues océaniques a pour effet d'augmenter le niveau du Rhône de Perrache à Beaucaire, avec une élévation atteignant 7cm à Ternay.

Impact (cm) des aménagements de l'Ain sur le Rhône pour les scénarios océaniques						
	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beucaire
Avance 10h	-10	-11	-7	-5	-2	-10
Avance 8h	-8	-9	-5	-4	-1	-8
Avance 6h	-6	-7	-4	-3	-1	-5
Avance 4h	-4	-5	-2	-2	-1	-2
Avance 2h	-2	-2	-1	-1	0	-1
Retard 2h	5	7	2	2	0	1
Retard 4 h	4	7	2	2	-1	-2
Retard 6h	-4	1	-2	-2	-1	-8
Retard 8h	-10	-5	-6	-5	-2	-14
Retard 10h	-15	-10	-10	-9	-3	-18
Retard 12h	-19	-16	-14	-12	-4	-22
Retard 14h	-23	-21	-17	-14	-4	-27
Retard 16h	-27	-27	-20	-16	-5	-31
Retard 18h	-32	-29	-22	-19	-6	-35
Retard 20h	-36	-30	-25	-21	-6	-39

**Tableau 43 : Ain – Impact des aménagements sur les crues océaniques**

### Crues méditerranéennes

En ce qui concerne les crues méditerranéennes, l'ensemble des aménagements visant à accélérer la pointe de crue a tendance à augmenter le niveau du Rhône de Valence jusqu'à Beaucaire, la concomitance entre le pic de crue de l'Ain et celui des affluents méditerranéens étant plus forte.

Impact (cm) des aménagements de l'Ain sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens						
	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beucaire
Avance 10h	0	0	0	1	2	5
Avance 8h	0	0	0	2	2	6
Avance 6h	0	0	0	4	2	7
Avance 4h	0	0	0	5	2	5
Avance 2h	0	0	0	2	1	2
Retard 2h	0	0	0	0	0	0
Retard 4 h	0	0	0	0	0	0
Retard 6h	0	0	0	0	0	0
Retard 8h	0	0	0	0	0	0
Retard 10h	0	0	0	0	0	0
Retard 12h	0	0	0	0	0	0
Retard 14h	0	0	0	0	0	0
Retard 16h	0	0	0	0	0	0
Retard 18h	0	0	0	0	0	0
Retard 20h	0	0	0	0	0	0

**Tableau 44 : Ain – Impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

## Crues généralisées

Pour les crues généralisées, un aménagement ayant pour effet de ralentir la pointe de crue de 2 à 4h impacte directement les stations de Perrache et de Ternay. Cet impact n'apparaît plus pour les stations en aval, à partir de Viviers.

Pour les aménagements avançant la pointe de crue on remarque un impact fortement bénéfique de Perrache à Valence et à partir de Viviers une faible aggravation du débit du Rhône, ces situations correspondant à une influence des bassins versants aval, avec une concomitance légèrement aggravée.

	Impact des aménagements (cm) de l'Ain sur le Rhône pour les scénarios généralisés					
	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-25	-21	-11	-6	0	0
Avance 8h	-20	-17	-9	-4	1	2
Avance 6h	-15	-13	-7	-2	2	4
Avance 4h	-10	-8	-4	1	3	5
Avance 2h	-5	-4	-1	3	3	3
Retard 2h	5	5	2	-1	-1	0
Retard 4 h	5	6	-1	-4	-2	-1
Retard 6h	-3	2	-4	-7	-3	-1
Retard 8h	-11	-1	-8	-10	-4	-1
Retard 10h	-19	-5	-12	-13	-5	-2
Retard 12h	-27	-9	-16	-16	-6	-2
Retard 14h	-35	-12	-19	-19	-7	-3
Retard 16h	-44	-16	-23	-22	-8	-3
Retard 18h	-49	-17	-27	-25	-9	-4
Retard 20h	-53	-18	-30	-28	-10	-5

**Tableau 45 : Ain – Impact des décalages sur les crues généralisées**

### Conclusion :

Les aménagements de ralentissement sont dans l'ensemble bénéfiques, mis à part ceux ralentissant de 2 à 4h la pointe de crue.

Les aménagements avançant la pointe de crue ne sont bénéfiques que pour les crues océaniques, pour les autres types de crue ils peuvent conduire à des aggravations sur la partie aval du Rhône.

## 3.8 La Saône

### 3.8.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant de la Saône s'étend sur une surface supérieure à 29900km<sup>2</sup> avec une longueur de 482km jusqu'à sa confluence avec le Rhône à Lyon. La Saône prend sa source à Vioménil, dans les Vosges et se conforte progressivement par l'apport de nombreux cours d'eau, notamment le Doubs, un de ses affluents principaux. Les courants humides d'Ouest-Sud-Ouest, abattant des précipitations sur les Vosges et le Jura, produisent des crues océaniques, légèrement renforcées en période de fonte des neiges. Les pluies diluviennes affectent les rivières du sud du bassin sous influence méditerranéenne extensive.

Pour réaliser l'étude, la station de Couzon a été sélectionnée. Cette station se situe à environ 17km de la confluence.

Les débits caractéristiques sont issus de l'étude de l'EGR, calculés avec la méthode du Gradex :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	1640
10	2200
20	2590
50	2950
100	3355
500	4285
1000	4690

**Tableau 46 : Débits caractéristiques de la Saône à Couzon**

Le régime des crues de la Saône est caractérisé par des fortes et nombreuses crues en janvier, février et mars et par l'absence totale de crue entre juillet et octobre.

	Crue océaniques	Crues méditerranées	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	10%	6%	10%	3%
Concomitance faible/moyenne	75%	40%	16%	74%
Pas de crue de l'affluent	15%	55%	74%	23%

**Tableau 47 : Concomitance Saône/Rhône (EGR)**

### Crues océaniques

La Saône réagit fortement aux pluies océaniques longues mais avec un temps de réponse supérieur à celui du Rhône, pouvant conduire à un retard allant jusqu'à 10 jours à Lyon.

D'après l'EGR, 9 fois sur 10, la Saône est en crue lorsque le Rhône l'est aussi, et elle est en retard sur le Rhône 8 fois sur 10.

Pour les crues de Novembre 1944 et Février 1990, la Saône est en retard par rapport au Rhône. Les crues océaniques qui frappent le bassin versant de la Saône peuvent être faibles jusqu'à fortes.

Le retard de la Saône est dû aux caractéristiques de son bassin versant, qui est allongé et avec une pente faible.

### Crues méditerranéennes

Pour des épisodes méditerranéens, la Saône est en crue moins de 4 fois sur 10 lorsque le Rhône est en crue. L'apparition des crues méditerranéennes sur le bassin versant de la Saône est principalement due aux crues méditerranéennes extensives.

Il est à noter que lorsque le bassin versant de la Saône est affecté par des pluies méditerranéennes, ces pluies se produisent soit en même temps, soit après les pluies affectant les secteurs méridionaux, et par conséquent les affluents du sud ont déjà répondu lorsque la crue de la Saône arrive sur Valence.

A partir des données des crues historiques, on constate que pour les épisodes méditerranéens les crues de la Saône sont généralement faibles. Pour les événements dont les données sont complètes, les débits de pointe de la Saône sont inférieurs à la période de retour deux ans.

### Crues cévenoles

Le bassin versant de la Saône ne participe pas aux crues cévenoles.

### Crues générales

La Saône joue un rôle essentiel dans la formation des crues généralisées. En effet, ses crues souvent longues favorisent les risques de concomitance avec le Rhône. La Saône est cependant 9 fois sur 10 en retard sur le Rhône.

## **Conclusion :**

Un des caractères essentiels des crues de la Saône est leur remarquable lenteur. La taille du bassin versant implique que les crues les plus exceptionnelles ne se produisent qu'après des pluies longues et répétées (de plusieurs jours à plusieurs semaines). L'eau monte alors à une vitesse relativement faible, et n'atteint des niveaux importants qu'après une longue période de pluie (5 à 7 jours). L'exceptionnelle platitude de la rivière à l'aval de la confluence avec le Doubs ralentit encore les crues, qui mettent entre 3 et 4 jours pour se propager.

Compte tenu de la taille de son bassin versant, la Saône joue évidemment un rôle prépondérant dans les crues océaniques et généralisées. La conjonction de la Saône avec l'Ain crée des crues fortes sur le Rhône. De même lors de crues généralisées, une conjonction Ain/Saône/Isère /Durance est catastrophique pour les crues du Rhône à Beaucaire.

Le décalage temporel initial a été fixé à un retard de 57h dans le cas des crues océaniques et à un retard de 21h dans le cas des crues méditerranéennes et généralisées.



### 3.8.2 Impact des aménagements

Les aménagements sur la Saône ont été testés sur les crues océaniques et généralisées. Pour ces deux types de crues les impacts sont similaires. Les effets sont bien partagés entre ceux liés à l'avance de la pointe de crue et ceux liés à un retard de celle-ci.

L'ensemble des aménagements qui accélèrent les crues de la Saône a un impact aggravant de Ternay et jusqu'à Beaucaire.

L'avance de 10h de la pointe de crue est le cas testé où l'impact est le plus aggravant avec une augmentation du niveau du Rhône d'environ 10 cm à Ternay.

Les aménagements ralentissant la pointe de crue atténuent la crue de manière significative.

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

	Impact (cm) des aménagements de la Saône sur le Rhône pour les scénarios océaniques				
	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	9	5	5	1	4
Avance 8h	7	4	4	1	3
Avance 6h	5	3	3	1	3
Avance 4h	4	2	2	1	2
Avance 2h	2	1	1	0	1
Retard 2h	-1	-1	0	0	-1
Retard 4 h	-2	-1	-1	0	-1
Retard 6h	-2	-2	-1	0	-2
Retard 8h	-3	-2	-2	-1	-3
Retard 10h	-4	-3	-2	-1	-3
Retard 12h	-5	-3	-2	-1	-4
Retard 14h	-6	-4	-3	-1	-5
Retard 16h	-7	-4	-3	-1	-5
Retard 18h	-7	-5	-4	-1	-6
Retard 20h	-8	-5	-4	-1	-7

**Tableau 48 : Saône – Impact des aménagements sur les crues océaniques**

Impact des aménagements (cm) de la Saône sur le Rhône pour les scénarios généralisés					
	Ternay	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	7	5	3	2	2
Avance 8h	6	4	3	1	2
Avance 6h	4	3	2	1	1
Avance 4h	3	2	1	1	1
Avance 2h	1	1	1	0	0
Retard 2h	-1	-1	0	0	0
Retard 4 h	-2	-1	-1	0	0
Retard 6h	-3	-2	-1	0	0
Retard 8h	-4	-2	-2	-1	0
Retard 10h	-5	-3	-2	-1	0
Retard 12h	-6	-4	-3	-1	0
Retard 14h	-8	-4	-3	-1	0
Retard 16h	-9	-5	-4	-1	0
Retard 18h	-10	-5	-4	-1	0
Retard 20h	-11	-6	-5	-2	0

**Tableau 49 : Saône – Impact des aménagements sur les crues généralisées**

**Conclusion :**

Les impacts des aménagements sur la Saône étaient prévisibles compte tenu de son retard systématique par rapport aux crues du Rhône. Tout aménagement augmentant la vitesse d'écoulement de la Saône sera logiquement aggravant pour le Rhône à l'aval de Ternay. Malgré un retard assez conséquent en règle générale, on observe qu'un décalage avançant la pointe de crue de quelques heures peut avoir un impact assez fort sur les lignes d'eau, notamment au droit de secteurs urbanisés à enjeux.

## 3.9 Le Gier

### 3.9.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant du Gier s'étend sur une surface d'environ 410 km<sup>2</sup> pour une longueur de 44km. Il prend sa source sur les contreforts du Pilat à la Jasserie à l'altitude de 1299 m. Après avoir traversé Rive de Gier, Il se jette dans la vallée du Rhône au niveau de Givors à une altitude de 155 m, à une quinzaine de kilomètres au sud de Lyon.

Son cours a donné lieu depuis un siècle au moins à des aménagements qui avaient pour but d'utiliser son énergie et son eau et de limiter ses débordements, sa vallée ayant eu une activité industrielle très intense.

On observe ainsi, jusqu'à très en amont dans son bassin :

- Des ouvrages de chute qui permettaient de prélever une partie des eaux de son cours ou d'utiliser son énergie (une partie de ces ouvrages n'est plus en service et certains sont partiellement détruits).
- Des murs ou endiguements bordant son cours et lui évitant toute divagation.
- Des secteurs entièrement couverts qui ont permis d'accroître l'urbanisation et de protéger les agglomérations.

La construction de l'autoroute A47 reliant Givors et Saint-Etienne a également contribué à limiter ses divagations.

Les débits caractéristiques du Gier calculés à Givors dans le cadre de l'étude hydraulique de la rivière le Gier et de ses affluents réalisée par Sogreah en 2009 sont les suivants :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	62
10	209
20	292
50	400
100	480

**Tableau 50 : Débits caractéristiques du Gier à Givors**

Sur les 21 crues étudiées dans le cadre de cette étude, les données sont disponibles sur seulement 6 crues, à partir de 1993.

#### Crues océaniques

Nous n'avons pas de données concernant ce type de crue. Cependant, compte tenu de la position géographique du bassin du Gier, ce bassin versant n'est pas soumis fortement aux pluies de type océanique. En effet les pluies océaniques sont concentrées sur la partie médiane-est du bassin versant.

#### Crues méditerranéennes

Les épisodes méditerranéens affectent avant tout la partie du bassin du Rhône située en aval de Valence, mais les zones situées plus au nord peuvent recevoir une pluviométrie abondante. De plus, il existe un caractère extensif des pluies méditerranéennes qui peut se faire ressentir jusque dans la plaine de la Saône. Le Gier peut donc être soumis aux événements

méditerranéens extensifs, comme cela a été le cas en décembre 2003 où le débit de pointe est supérieur au débit de période de retour vingt ans.

Le Gier est pour les crues de 1994 et 2003 en avance respectivement de 3 et 7 heures par rapport au Rhône.

#### Crues cévenoles

Le Gier fait partie des bassins versants dit de type « cévenol ». Sur les isohyètes des crues de 1907 et 1958, on remarque que les cumuls importants de pluies remontent jusque sur le bassin versant du Gier (isohyètes issues de l'EGR).

Pour la crue de 1996, le débit du Gier est quinquennal. Cet affluent seul n'aura pas d'impact sur les crues du Rhône, cependant il peut jouer un rôle non négligeable lorsqu'il est concomitant avec d'autres affluents secondaires. Pour la crue de 1996, le Gier est en avance d'environ 8h par rapport au Rhône.

#### Crues généralisées

Compte tenu de la grande variété de situations hydro-météorologiques à l'origine des crues généralisées, le Gier est soumis à ce type de crue.

Cet affluent seul n'aura pas d'impact sur les crues du Rhône, cependant il peut jouer un rôle non négligeable lorsqu'il est concomitant avec d'autres affluents secondaires.

Pour les crues généralisées d'octobre 1993 et janvier 1994, le débit de pointe estimé correspond à un débit de période de retour 5 ans pour les deux crues. Le risque de concomitance reste faible avec une avance respective de 4h et 6h pour les deux crues.

### **Conclusion**

Le bassin versant du Gier est soumis aux crues cévenoles et dans une moindre mesure aux crues méditerranéennes et généralisées. Le Gier, avec la Cance et le Doux, sont les premiers affluents à participer à la crue du Rhône lors d'évènements cévenols. Leur impact reste cependant négligeable s'ils ne sont pas en conjonction avec d'autres affluents cévenols.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 6h d'avance par rapport au Rhône.

### **3.9.2 Impact des aménagements**

Le bassin versant du Gier peut être touché en cas de crues méditerranéennes, cévenoles et généralisées. Ces trois types d'évènements ont donc été testés afin d'estimer l'impact des aménagements sur le Rhône.

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes

Pour les crues méditerranéennes, on observe que les aménagements entraînant une avance du pic de crue auront tendance à augmenter le niveau du Rhône mais de façon très limitée compte tenu du faible volume apporté par le Gier.

Pour tout aménagement retardant le pic de crue, on observe un impact neutre ou un abaissement de la ligne d'eau.

Impact (cm) des aménagements du Gier sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens				
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0	0	1
Avance 8h	0	0	0	1
Avance 6h	0	0	0	1
Avance 4h	0	0	0	1
Avance 2h	0	0	1	1
Retard 2h	0	0	0	0
Retard 4 h	0	0	0	-1
Retard 6h	0	0	0	-1
Retard 8h	0	-1	0	-1
Retard 10h	0	-1	0	-1
Retard 12h	0	-1	0	-1
Retard 14h	0	-2	0	-1
Retard 16h	0	-2	0	-1
Retard 18h	0	-2	0	-1
Retard 20h	0	-2	0	-1

**Tableau 51 : Gier – Impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

#### Crues cévenoles

Lors d'événements cévenols, on retrouve une tendance similaire à celle des évènements méditerranéens. Les impacts sont relativement faibles, avec un impact maximal de 2cm sur la ligne d'eau à Beaucaire pour les avances de 2 et 4h.

Pour les aménagements entraînant un ralentissement des crues, les impacts sont soit neutres soit bénéfiques.

Impact des aménagements (cm) du Gier sur le Rhône pour les scénarios cévenols				
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0	0	1
Avance 8h	0	0	1	1
Avance 6h	0	0	1	1
Avance 4h	0	0	1	2
Avance 2h	0	0	1	2
Retard 2h	0	0	0	0
Retard 4 h	0	0	0	0
Retard 6h	0	0	0	-1
Retard 8h	0	0	0	-1
Retard 10h	0	0	0	-1
Retard 12h	0	0	0	-1
Retard 14h	0	0	0	-1
Retard 16h	0	0	0	-1
Retard 18h	0	0	0	-1
Retard 20h	0	0	0	-1

**Tableau 52 : Gier – Impact des aménagements sur les crues cévenoles**

### Crues généralisées

Pour les crues généralisées, l'effet d'une l'avance de la pointe de crue de 2 à 10h est neutre sur la totalité du Rhône ; un retard de la pointe de crue de 2 à 6h peut provoquer une augmentation du niveau du Rhône depuis la station de Valence jusqu'à la station de Chusclan. Cet impact reste cependant limité.

	Impact des aménagements (cm) du Gier sur le Rhône pour les scénarios généralisés			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beucaire
Avance 10h	0	0	0	0
Avance 8h	0	0	0	0
Avance 6h	0	0	0	0
Avance 4h	0	0	0	0
Avance 2h	0	0	0	0
Retard 2h	1	0	0	0
Retard 4 h	1	1	1	0
Retard 6h	2	0	0	0
Retard 8h	0	0	0	0
Retard 10h	0	0	0	0
Retard 12h	0	0	0	0
Retard 14h	0	0	0	0
Retard 16h	0	0	0	0
Retard 18h	0	0	-1	0
Retard 20h	0	0	-1	0

**Tableau 53 : Gier – Impact des aménagements sur les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Au global, l'impact des aménagements sur le Gier reste relativement faible du fait de l'apport limité de cet affluent. Cependant, il ne faut pas négliger l'impact des aménagements sur cet affluent si ils sont réalisés en simultanée sur d'autres affluents comme la Cance ou le Doux.

## 3.10 La Cance

### 3.10.1 Analyse des crues historiques du Rhône

La Cance est un affluent Nord Ardéchois en rive droite du Rhône. Son bassin versant a une surface de 380 km<sup>2</sup>. La Cance parcourt 41 km avant de rejoindre le Rhône à Sarras.

Elle prend sa source au col des Baraques. Dans sa partie supérieure, la Cance présente de très fortes pentes voisines de 10%. Ces pentes diminuent en aval de Saint Julien Vocance pour atteindre 2%.

La station hydrométrique étudiée est la station de Sarras dont les données sont disponibles depuis 1996.

Les débits de pointe sont issus de la banque hydro à la station de Sarras.

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	82
5	150
10	190
20	230
50	290

**Tableau 54 : Débits caractéristiques de la Cance à Sarras**

#### Crues historiques de la Cance

- 3 Aout 1963 : Q=130 m<sup>3</sup>/s à Annonay T=10 ans
- 13 Novembre 1996 : Q= 137 m<sup>3</sup>/s à Annonay T= 12 ans
- 2 décembre 2003 : Q=129 m<sup>3</sup>/s à Annonay T= 10 ans

#### Crues océaniques

De par son positionnement géographique, le bassin versant de la Cance n'est pas soumis aux crues océaniques.

#### Crues méditerranéennes

Les épisodes méditerranéens affectent avant tout la partie du bassin versant du Rhône située en aval de Valence, mais les zones situées plus au nord peuvent recevoir une pluviométrie abondante. De plus, il existe un caractère extensif des pluies méditerranéennes qui peut se faire ressentir jusque dans la plaine de la Saône. La Cance peut donc être soumise aux évènements méditerranéens extensifs, comme cela a été le cas en décembre 2003.

La crue méditerranéenne extensive de 2003 est une crue importante de la Cance. Le débit mesuré à la station de Sarras est de 417 m<sup>3</sup>/s, soit une crue exceptionnelle. L'avance de la Cance sur le Rhône est de 9h.

#### Crues cévenoles

La Cance fait partie des affluents dit de type « cévenol ». Lors de la crue de Novembre 1996, le débit de pointe de la Cance est exceptionnel et s'élève à 322 m<sup>3</sup>/s. Le pic de crue est observé 8h avant celui du Rhône.

### Crues généralisées

Compte tenu de la grande variété de situations hydro-météorologiques à l'origine de crues généralisées, la Cance est soumise à ce type de crue.

Cet affluent seul n'aura pas d'impact sur les crues du Rhône, cependant il peut jouer un rôle non négligeable lorsqu'il est concomitant avec d'autres affluents secondaires.

### **Conclusion**

Le bassin versant de la Cance est soumis aux crues cévenoles et dans une moindre mesure aux crues méditerranéennes et généralisées. La Cance, avec le Gier et le Doux sont les premiers affluents à générer une crue du Rhône lors d'évènements cévenols. Leur impact reste cependant négligeable s'ils ne sont pas en conjonction avec d'autres affluents cévenols.

Le décalage temporel moyen de la Cance a été fixé à 8h d'avance par rapport au Rhône.

### **3.10.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes

Pour les crues méditerranéennes, on observe pour un retard de la pointe de crue de 4h une très légère augmentation du niveau d'eau à Viviers seulement.

Une avance de 4 et 6h crée un léger impact négatif avec une augmentation de l'ordre de 1cm à Beaucaire.

	Impact (cm) des aménagements de la Cance sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	-1	0	0
Avance 8h	0	0	0	0
Avance 6h	0	0	0	1
Avance 4h	0	0	0	1
Avance 2h	0	0	0	0
Retard 2h	0	0	0	0
Retard 4 h	0	1	0	0
Retard 6h	0	0	0	-1
Retard 8h	0	0	0	-1
Retard 10h	0	-1	0	-1
Retard 12h	0	-1	0	-2
Retard 14h	0	-2	-1	-2
Retard 16h	0	-2	-1	-2
Retard 18h	0	-2	-1	-2
Retard 20h	0	-2	-1	-2

**Tableau 55 : Cance – Impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**



### Crues cévenoles

Pour les crues cévenoles, les aménagements n'ont quasiment pas d'impact.

	Impact des aménagements (cm) de la Cance sur le Rhône pour les scénarios cévenols			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0	0	0
Avance 8h	0	0	0	0
Avance 6h	0	0	0	0
Avance 4h	0	0	0	0
Avance 2h	0	0	0	0
Retard 2h	0	0	0	0
Retard 4 h	0	0	0	-1
Retard 6h	0	0	0	-1
Retard 8h	0	0	-1	-1
Retard 10h	0	0	-1	-1
Retard 12h	0	0	-1	-2
Retard 14h	0	0	-1	-2
Retard 16h	0	0	-1	-2
Retard 18h	0	0	-1	-2
Retard 20h	0	0	-1	-2

**Tableau 56 : Cance – Impact des aménagements sur les crues cévenoles**

### Crues généralisées

On observe pour les crues généralisées, un impact lié aux aménagements aux seules stations de Valence et Viviers. A l'aval aucun impact n'est ressenti. Ces impacts sont négatifs pour des retards de 4 à 8h.

	Impact des aménagements (cm) de la Cance sur le Rhône pour les scénarios généralisés			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-1	0	0	0
Avance 8h	0	0	0	0
Avance 6h	0	0	0	0
Avance 4h	0	0	0	0
Avance 2h	0	0	0	0
Retard 2h	0	0	0	0
Retard 4 h	1	1	0	0
Retard 6h	1	1	0	0
Retard 8h	1	0	0	0
Retard 10h	0	0	0	0
Retard 12h	0	0	0	0
Retard 14h	-1	-1	0	0
Retard 16h	-1	-1	0	0
Retard 18h	-2	-1	-1	0
Retard 20h	-2	-2	-1	0

**Tableau 57 : Cance – Impact des aménagements sur les crues généralisées**

### Conclusion :

Dans l'ensemble, les aménagements sur la Cance ont un impact négligeable.

## 3.11 Le Doux

### 3.11.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant du Doux a une surface d'environ 630km<sup>2</sup> et une longueur de 70.2km.

Dans le cadre de cette étude la station de référence est la station de Colombier. A la station de Colombier, le bassin versant intercepté est d'environ 60% du bassin versant total. La station se situe à environ 12.5km du Rhône.

Les débits caractéristiques du Doux sont issus de la Banque hydro :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s) - EGR	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s) – Banque hydro
2	120	130
5	180	200
10	225	250
50		360

**Tableau 58 : Débits caractéristiques du Doux à la station de Colombier**

Des informations concernant les crues historiques du Doux ont été récupérées dans le PPRI de Lamastre réalisé en 2006. Colombier se situe entre Lamastre et Tournon.

Date de la crue	Période de retour	ville	Débit (m <sup>3</sup> /s)
automne 1787	plus forte crue connue	Tournon	3400
03 octobre 1841		Tournon	3050
10 septembre 1857		Tournon	2720
03 août 1963	Q100	Tournon	1120
	Q100	Lamastre	980
04 avril 1987	Q10	Lamastre	150
	Q5	Colombier	205
15 janvier 1988	Q2	Lamastre	120
22 septembre 1992	Q10	Lamastre	160
	Q5	Colombier	193
06 octobre 1993	Q2	Lamastre	125
	Q2	Colombier	144
05 octobre 1995	Q1	Lamastre	115
	Q5	Colombier	169
05 octobre 1995	Q2	Tournon	295
13 novembre 1996	Q15	Lamastre	200
	Q10	Tournon	635
14 octobre 2000	Q1	Tournon	220
13 novembre 2000	Q3	Tournon	365
25 novembre 2002	Q8	Lamastre	140
	Q10	Colombier	242
	Q8	Tournon	575
02 décembre 2003	Q15	Lamastre	205
	>Q50	Colombier	424
	Q50	Tournon	940

**Tableau 59 : Crues historiques du Doux**

Les débits de estimés pour les crues de 1787, 1841, 1857 et 1963, paraissent très élevés par rapport aux crues observées plus récemment. Depuis, des retenues ouvrages collinaires et

ouvrages de stockage ont été construits permettant de diminuer les débits de pointe des crues « courantes ». Cependant ces ouvrages n'auraient probablement que peu d'effet sur des crues exceptionnelles.

#### Crues océaniques

Compte tenu de son positionnement géographique, le bassin versant du Doux n'est que très rarement touché par des crues de type océanique.

#### Crues méditerranéennes

Le bassin versant du Doux n'a pas été étudié dans l'étude de l'EGR. Nous ne disposons pour cette étude que des données du Doux sur la période 1990 à 2006. Au cours de cette période le Doux a réagi aux événements méditerranéens étudiés, notamment pour la crue de 2003 pour laquelle le débit de pointe a une période de retour supérieure à cinquante ans.

Pour 2003, la crue du Doux est en avance de 8h par rapport à la crue du Rhône.

#### Crues cévenoles

Sur les données disponibles, un seul événement cévenol est exploitable, la crue de novembre 1996, pour laquelle le débit à Colombier est décennal.

Pour cet événement on note une faible concomitance du Doux avec le Rhône avec une avance d'environ 5 h par rapport au Rhône.

#### Crues généralisées

Sur les données disponibles, deux événements généralisés ont pu être étudiés : octobre 1993 et janvier 1994. Pour ces deux événements, le Doux est en crue moyenne.

Il existe pour ces deux crues une forte similarité des hydrogrammes du Gier, du Doux et de l'Eyrieux.

Les trois affluents sont en avance sur le Rhône.

On remarque que l'apport du Doux est relativement faible. Il faut cependant noter que la station de Colombier n'est représentative qu'à 60% du bassin versant du Doux. Les données à Tournon, lorsqu'elles sont disponibles montrent que le débit de pointe est plus que doublé à la confluence avec le Rhône.

### **Conclusion**

Le bassin versant du Doux est soumis aux crues cévenoles et dans une moindre mesure aux crues méditerranéennes et généralisées. Le Doux, avec la Cance et le Gier, sont les premiers affluents à contribuer à la crue du Rhône lors d'événements cévenols. Leur impact reste cependant négligeable s'ils ne sont pas en conjonction avec d'autres affluents cévenols.

Le décalage temporel moyen du Doux a été fixé à 4h d'avance par rapport au Rhône.

#### **3.11.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

### Crues méditerranéennes

Pour les crues méditerranéennes on obtient un effet aggravant des aménagements qui conduiraient à accélérer les écoulements.. Ces impacts se font ressentir à partir de Chusclan mais restent faibles avec des augmentations maximales du niveau d'eau de 3 cm à Beaucaire.

Impact (cm) des aménagements du Doux sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens				
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	-2	0	3
Avance 8h	0	-1	1	3
Avance 6h	0	-1	1	3
Avance 4h	0	-1	1	3
Avance 2h	0	1	1	1
Retard 2h	0	0	0	-1
Retard 4 h	0	-1	0	-1
Retard 6h	0	-2	-1	-2
Retard 8h	0	-2	-1	-3
Retard 10h	0	-3	-1	-3
Retard 12h	0	-4	-1	-4
Retard 14h	0	-4	-1	-5
Retard 16h	0	-5	-2	-5
Retard 18h	0	-6	-2	-5
Retard 20h	0	-6	-2	-5

**Tableau 60 : Doux – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

### Crues cévenoles

Pour les crues cévenoles, la tendance est similaire à celle obtenue pour les crues méditerranéennes, avec une augmentation du niveau d'eau de Valence à Beaucaire pour toute avance du pic de crue. L'augmentation de la ligne d'eau peut aller jusqu'à 6cm à Beaucaire.

Impact des aménagements (cm) du Doux sur le Rhône pour les scénarios cévenols				
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0	1	2
Avance 8h	0	0	2	3
Avance 6h	0	0	2	4
Avance 4h	0	0	2	6
Avance 2h	0	0	1	3
Retard 2h	0	0	0	0
Retard 4 h	0	0	0	-1
Retard 6h	0	0	-1	-1
Retard 8h	0	0	-1	-2
Retard 10h	0	0	-1	-2
Retard 12h	0	0	-1	-3
Retard 14h	0	0	-1	-3
Retard 16h	0	0	-1	-3
Retard 18h	0	0	-1	-3
Retard 20h	0	0	-1	-3

**Tableau 61 : Doux – impact des aménagements sur les crues cévenoles**

### Crues généralisées

En ce qui concerne les événements généralisés, on obtient un faible impact des aménagements sur le débit du Rhône. A Valence et Viviers seuls les aménagements retardant la pointe de crue de 2h à 4h entraînent une surélévation du niveau maximum de 1 à 3 cm. Pour les autres aménagements testés, les impacts sont positifs sur le niveau d'eau.

	Impact des aménagements (cm) du Doux sur le Rhône pour les scénarios généralisés			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-2	-1	-1	0
Avance 8h	-2	-1	0	0
Avance 6h	-1	-1	0	0
Avance 4h	-1	-1	0	0
Avance 2h	0	0	1	1
Retard 2h	1	1	0	0
Retard 4 h	3	1	0	0
Retard 6h	0	0	0	0
Retard 8h	-1	-1	0	0
Retard 10h	-2	-1	-1	-1
Retard 12h	-2	-2	-1	-1
Retard 14h	-3	-2	-1	-1
Retard 16h	-4	-3	-1	-1
Retard 18h	-5	-3	-2	-1
Retard 20h	-6	-4	-2	-1

**Tableau 62 : Doux – impact des aménagements sur les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Les aménagements les plus impactants testés sur le Doux sont ceux provoquant une avance de la pointe de crue, cependant l'impact reste relativement faible, avec une augmentation allant jusqu'à 6cm à Beaucaire pour le scénario 2 de type cévenol correspondant au scénario où le Doux est en crue centennale.

Pour des retards de la pointe de crue au-delà de 4h, il n'y a pas d'impact aggravant sur les différents tronçons du Rhône, et l'on obtient même un gain substantiel pour des retards supérieurs à 8h.

## 3.12 L'Isère

### 3.12.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant de l'Isère a une surface d'environ 11870km<sup>2</sup> et une longueur de cours d'eau de 286km. L'Isère prend sa source au glacier des sources de l'Isère sous la Grande Aiguille Rousse, et se jette dans le Rhône à quelques kilomètres au nord de Valence.

La station hydrologique étudiée est la station de Beaumont-Montoux existante depuis 1956. Les données hydrologiques sont issues de l'étude de l'EGR.

Les débits de pointe issus de l'EGR ont été calculés avec la méthode du Gradex :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	1170
10	1600
20	1760
50	2773
10	3530
500	5290
1000	6050

**Tableau 63 : Débits caractéristiques de l'Isère à Beaumont-Montoux**

L'impact de l'Isère sur le Rhône a été étudié sur 24 crues, depuis la crue de 1840. Cependant les données des limnigraphes ne sont disponibles qu'à partir de 1958. Pour les crues antérieures à cette date, les informations sont issues de l'EGR d'après l'étude bibliographique.

L'analyse hydrologique réalisée dans l'étude de l'EGR donne les indications suivantes :

- faible occurrence des crues de janvier à avril du fait de la rétention nivale,
- crues annuelles nombreuses en mai et juin,
- crues courantes pendant l'automne.

	Crue océaniques	Crues méditerranées	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	3%	17%	4%	5%
Concomitance faible/moyenne	66%	58%	21%	48%
Pas de crue de l'affluent	32%	25%	75%	48%

**Tableau 64 : tableau de la concomitance Isère/Rhône (EGR)**

### Crués océaniques

L'Isère est affectée par les pluies océaniques. Elle est, d'après l'étude de l'EGR, pratiquement toujours en avance sur la crue du Rhône.

Sur les 5 crués océaniques étudiées dans la présente étude, seules les données de Février 1990 sont disponibles. Cependant les données sont journalières et ne permettent donc pas d'estimer le décalage temporel exact avec la Rhône. L'Isère est cependant largement en avance.

### Crués méditerranéennes

Pour des épisodes méditerranéens, l'Isère est en crue 7 fois sur 10 et généralement en avance (EGR).

Sur les 6 crués méditerranéennes étudiées dans la présente étude, seules les données de Novembre 1994 et Décembre 2003 sont disponibles :

- Pour la crue de novembre 1994, l'apport de l'Isère représente 80% de l'accroissement du débit et du volume du Rhône entre Ternay et Valence.
- Pour la crue de décembre 2003, l'apport de l'Isère représente 45% de l'accroissement du débit et du volume du Rhône entre Ternay et Valence.

Les crués du Rhône et de l'Isère sont quasiment simultanées dans ces deux cas avec un retard de l'Isère de 1h.

### Crués cévenoles

L'Isère n'est généralement pas en crue quand survient un épisode cévenol.

### Crués généralisées

En cas de crue généralisée, l'Isère est en crue 1 fois sur 2 (EGR) avec généralement une avance de l'Isère sur le Rhône.

Dans la présente étude, sur les 6 épisodes généralisés étudiés, seuls les épisodes d'octobre 1993 et janvier 1994 ont des données sur l'Isère, l'analyse n'est donc faite que sur ces deux épisodes dans la présente étude.

Pour la crue de 1993, l'Isère est en concomitance avec le Rhône et pour la crue de 1994, l'Isère est en avance de 3 heures.

## **Conclusion**

Le bassin versant de l'Isère est fortement soumis aux crués méditerranéennes. Il peut également jouer un rôle non négligeable dans les crués océaniques, constituant la limite sud d'influence de ce type d'évènement.

Dans les scénarios simulés, on observe qu'une conjonction Isère/Drôme conduira à une crue exceptionnelle du Rhône. L'Isère est le premier affluent soumis aux épisodes méditerranéens et va donc former les crués du Rhône pour ce type d'évènement qui seront par la suite alimentées par les autres affluents. L'Isère seule ne crée pas de crue du Rhône, mais contribue fortement aux crués du Rhône lors de conjonction avec d'autres affluents.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 3h d'avance par rapport au Rhône.

### 3.12.2 Impact des aménagements

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues océaniques

L'analyse des aménagements lors de crues océaniques met en évidence l'influence négative des aménagements ralentissant les écoulements de 2 à 6h. L'augmentation du niveau d'eau atteint jusqu'à 4cm à Beaucaire.

	Impact (cm) des aménagements de l'Isère sur le Rhône pour les scénarios océaniques			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-5	-4	-4	-15
Avance 8h	-4	-3	-3	-12
Avance 6h	-3	-3	-3	-9
Avance 4h	-2	-2	-2	-6
Avance 2h	-1	-1	-1	-3
Retard 2h	4	3	1	3
Retard 4 h	4	4	1	4
Retard 6h	2	2	1	2
Retard 8h	0	0	0	-1
Retard 10h	-2	-2	0	-4
Retard 12h	-3	-2	-1	-7
Retard 14h	-4	-3	-2	-10
Retard 16h	-5	-4	-2	-13
Retard 18h	-6	-5	-3	-16
Retard 20h	-7	-6	-3	-18

**Tableau 65 : Isère – impact des aménagements sur les océaniques**



### Crues méditerranéennes

Concernant les crues méditerranéennes, on observe une forte élévation du niveau d'eau, jusqu'à 10 cm à Beaucaire pour tout aménagement avançant le pic de crue.

Cet impact semble logique dans la mesure où l'Isère est le premier affluent de type méditerranéen. Toute avance de cet affluent va avoir tendance à augmenter la concomitance des affluents avals qui sont de manière générale en avance par rapport au Rhône.

Les aménagements de type stockage (retard de 2 à 6 h) sont bénéfiques jusqu'à Beaucaire.

	Impact (cm) des aménagements (cm) de l'Isère sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	-10	0	9
Avance 8h	0	-7	2	10
Avance 6h	0	-4	4	7
Avance 4h	0	1	4	6
Avance 2h	0	7	3	3
Retard 2h	0	-1	-1	-1
Retard 4 h	0	-3	-2	-3
Retard 6h	0	-6	-2	-4
Retard 8h	0	-9	-3	-6
Retard 10h	0	-12	-4	-7
Retard 12h	0	-14	-5	-9
Retard 14h	0	-16	-6	-10
Retard 16h	0	-19	-6	-12
Retard 18h	0	-21	-7	-13
Retard 20h	0	-23	-8	-15

**Tableau 66 : Isère – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

### Crues généralisées

Contrairement aux crues méditerranéennes, les aménagements testés lors de crues généralisées sont peu aggravants dans le cas d'aménagements accélérateurs sauf pour les aménagements accélérant de 2 à 4 h le pic de crue pour lesquels on observe une faible augmentation du niveau d'eau à Beaucaire (maximum 2cm).

Les aménagements ralentissant les crues de 2 à 8 h sont aggravants à Valence avec une augmentation du niveau d'eau jusqu'à 5cm. A Beaucaire les effets pour ce type d'aménagements sont nuls.

	Impact des décalages (cm) de l'Isère sur le Rhône pour les scénarios généralisés			
	Valence	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-5	-3	-2	-1
Avance 8h	-4	-3	-1	0
Avance 6h	-3	-2	-1	0
Avance 4h	-2	-1	0	2
Avance 2h	-1	-1	1	2
Retard 2h	5	2	1	0
Retard 4 h	5	2	1	-1
Retard 6h	3	0	0	-1
Retard 8h	1	-1	0	-1
Retard 10h	-1	-1	-1	-1
Retard 12h	-3	-2	-1	-2
Retard 14h	-4	-3	-1	-2
Retard 16h	-5	-3	-2	-2
Retard 18h	-6	-4	-2	-3
Retard 20h	-7	-5	-2	-3

**Tableau 67 : Isère – impact des aménagements sur les crues généralisées**

### **Conclusion :**

En résumé, les aménagements avançant le pic de crue peuvent avoir un impact fort, notamment pour les crues méditerranéennes.

Les aménagements retardant les crues peuvent avoir un impact négatif pour des retards allant jusqu'à 8h, et ce, essentiellement lors de crues généralisées. Cependant le potentiel de l'Isère pour ce type d'aménagement est limité car c'est un affluent très aménagé pour l'hydroélectricité et dont le bassin versant comporte déjà un grand nombre d'ouvrages de stockage.

Pour tout aménagement retardant de plus de 8h la pointe de crue, l'impact sur le Rhône sera bénéfique.

## 3.13 L'Eyrieux

### 3.13.1 Analyse des crues historiques du Rhône

L'Eyrieux est un affluent rive droite du Rhône, situé dans le département de l'Ardèche, il est l'un des principaux affluents cévenols qui vient grossir le Rhône entre Valence et Viviers.

Son bassin versant est de 860 km<sup>2</sup>. La position centrale de ce bassin dans le département de l'Ardèche lui confère une certaine exposition aux régimes hydrométéorologiques méditerranéens. Le régime de crues sur l'Eyrieux est à rapprocher des cours d'eau de type cévenol. Cette rivière est réputée pour la rapidité de la montée des eaux suite à des chutes de pluies abondantes sur le rebord oriental du massif central.

Les débits de pointe de l'Eyrieux ont été calculés dans l'étude de l'EGR et sont présentés dans le tableau suivant :

Période de retour (années)	Débits de pointe « Crue moyenne annuelle » (m <sup>3</sup> /s)
2	370
10	920
20	1635
50	1740
100	2090
500	2890
1000	3230

**Tableau 68 : débits caractéristiques de l'Eyrieux à la station des Ollières**

Les crues historiques de l'Eyrieux à la station des Ollières sont listées dans le tableau suivant:

Dates	Débits (DDE)	Période de retour
10 Septembre 1857	>4000	Exceptionnelle
03 Aout 1963	1600	28 ans
22 Septembre 1992	1140	15 ans

**Tableau 69 : Crues historiques de l'Eyrieux**

L'analyse hydrologique réalisée dans l'étude de l'EGR fournit les indications suivantes :

	Crue océaniques	Crues méditerranées	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	0%	0%	10%	0%
Concomitance faible/moyenne	0%	0%	20%	0%
Pas de crue de l'affluent	100%	100%	70%	100%

**Tableau 70 : Concomitance Eyrieux/Rhône**

#### Crues océaniques

L'Eyrieux n'est quasiment pas concerné par les crues océaniques. Elles sont de caractère faible voire inexistantes. Les seules données disponibles sur les crues historiques sont les données de la crue de février 1990. Pour cette crue du Rhône, l'Eyrieux n'est pas en crue avec un débit maximal enregistré de 30m<sup>3</sup>/s.

#### Crues méditerranéennes

Les crues méditerranéennes sur le bassin versant de l'Eyrieux peuvent être caractérisées de faible à moyenne. La crue de Novembre 1951 a cependant été exceptionnelle pour le bassin versant de l'Eyrieux, et la crue de 2003 est une crue de période de retour dix ans pour cet affluent, donc non négligeable.

Les crues de l'Eyrieux sont généralement légèrement en avance sur le Rhône avec des concomitances faibles à moyennes (concomitance selon le terme EGR – cf. p.47).

#### Crues cévenoles

Les crues cévenoles sont des crues très fortes à exceptionnelles sur l'Eyrieux. Entre les deux stations de Valence et Viviers l'apport de l'Eyrieux est très important. L'Eyrieux est le premier affluent cévenol rencontré par le Rhône qui parvient à introduire une composante cévenole dans le régime du fleuve. Les crues sont rapides et quasi simultanées avec le Rhône. Pour la crue de novembre 1996, le débit de pointe est estimé à 1000m<sup>3</sup>/s, soit de période de retour supérieure à 10ans. Pour cet évènement l'Eyrieux est légèrement en retard par rapport au Rhône (1h).

#### Crues généralisées

Les crues généralisées qui affectent l'Eyrieux sont d'intensité moyenne à très forte. Elles sont en avance de plusieurs heures par rapport à la crue du Rhône. L'apport de l'Eyrieux en terme de débit de pointe est relativement faible, 34% pour la crue de 1993 et 14% pour celle de janvier 1994. Pour ces deux crues, la période de retour de l'Eyrieux est de l'ordre de deux ans. Pour la crue de 1993, on observe une simultanéité des deux pics de crues et pour la crue de 1994, on observe une avance de l'Eyrieux de 3h.

### **Conclusion**

Le bassin versant de l'Eyrieux est fortement soumis aux évènements cévenols et dans une moindre mesure aux évènements méditerranéens et généralisés. L'Eyrieux est le premier bassin versant cévenol avec des débits caractéristiques forts (Q10=1200m<sup>3</sup>/s à la confluence). Une crue forte de l'Eyrieux associée à une crue moyenne de l'Ardèche et la Cèze crée une crue exceptionnelle du Rhône à Beaucaire.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 2h d'avance par rapport au Rhône.

### 3.13.2 Impact des aménagements

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes

Les aménagements testés accélérant la vitesse des écoulements lors d'événements méditerranéens ont un impact négatif essentiellement à la station de Beaucaire. L'impact négatif est le plus fort pour les aménagements avançant la pointe de crue de 6 à 8h avec une augmentation du niveau d'eau jusqu'à 7cm.

Malgré la faible importance de l'Eyrieux lors de crues méditerranéennes, les impacts liés aux aménagements montrent que le rôle de cet affluent n'est pas négligeable.

	Impact (cm) des aménagements de l'Eyrieux sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-10	-3	4
Avance 8h	-8	-2	6
Avance 6h	-6	0	7
Avance 4h	-4	2	4
Avance 2h	-2	2	4
Retard 2h	2	-1	-2
Retard 4 h	-1	-1	-4
Retard 6h	-3	-2	-6
Retard 8h	-5	-2	-8
Retard 10h	-7	-3	-10
Retard 12h	-9	-3	-12
Retard 14h	-11	-4	-13
Retard 16h	-13	-5	-14
Retard 18h	-15	-5	-14
Retard 20h	-18	-6	-14

**Tableau 71 : Eyrieux – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

## Crues cévenoles

Lors de crues cévenoles on observe un fort impact à Beaucaire avec une augmentation du niveau de plus de 10 cm pour une avance de la pointe de crue de l'Eyrieux de 2 à 4h.

Les autres aménagements testés conduisent à des impacts bénéfiques.

	Impact des aménagements (cm) de l'Eyrieux sur le Rhône pour les scénarios cévenols		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	-4	-5
Avance 8h	0	-2	-2
Avance 6h	0	0	1
Avance 4h	0	5	10
Avance 2h	0	5	10
Retard 2h	0	-2	-2
Retard 4 h	0	-4	-5
Retard 6h	0	-6	-7
Retard 8h	0	-8	-9
Retard 10h	0	-10	-12
Retard 12h	0	-12	-14
Retard 14h	0	-14	-17
Retard 16h	0	-16	-19
Retard 18h	0	-16	-19
Retard 20h	0	-16	-19

**Tableau 72 : Eyrieux – impact des aménagements sur les crues cévenoles**

### Crues généralisées

Pour les crues généralisées on remarque que les impacts des aménagements retardant la pointe de crue de 2 à 4 heures apparaissent dès la station de Viviers avec un niveau du Rhône augmenté de quasiment 5cm.

La totalité des aménagements testés visant à accélérer l'écoulement aggravent la situation du niveau du Rhône à Beaucaire.

	Impact des décalages (cm) de l'Eyrieux sur le Rhône pour les scénarios généralisés		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-8	-3	1
Avance 8h	-6	-3	3
Avance 6h	-5	-2	4
Avance 4h	-3	0	6
Avance 2h	-2	2	6
Retard 2h	5	1	3
Retard 4 h	3	0	1
Retard 6h	-1	-1	-1
Retard 8h	-3	-1	-2
Retard 10h	-5	-2	-2
Retard 12h	-6	-3	-3
Retard 14h	-8	-4	-3
Retard 16h	-9	-4	-4
Retard 18h	-11	-5	-4
Retard 20h	-12	-6	-4

**Tableau 73 : Eyrieux – impact des aménagements sur les crues généralisées**

### Conclusion :

Les impacts les plus forts sont observés à Beaucaire.

La mise en place d'aménagement de stockage retardant la pointe de crue de plus de 6h pourrait atténuer les crues du Rhône.

## 3.14 Drôme

### 3.14.1 Analyse des crues historiques du Rhône

La rivière Drôme est un affluent rive gauche du Rhône, qui prend sa source dans le Diois, sur la commune de la Bâtie des Fonds, à une altitude de 1030 m et s'écoule sur environ 106 km. La Drôme draine un bassin versant d'environ 1650 km<sup>2</sup> qui se situe dans une zone de transition entre un milieu montagnard au nord et une dominante méditerranéenne au sud.

La Drôme et ses affluents sont des cours d'eau de type torrentiel, très irréguliers et imprévisibles. Les débits marquent un minimum durant les mois d'août et septembre avec des étiages parfois très sévères. Les débits maximum se produisent en hiver et au printemps avec des crues pouvant être subites et violentes, entretenant un transport solide important et une forte dynamique du lit.

Les débits de pointe de la Drôme ont été calculés dans l'étude de l'EGR à la station de Loriol et sont présentés dans le tableau suivant :

Période de retour (années)	Débits de pointe « Crue moyenne annuelle » (m <sup>3</sup> /s)
2	120
10	310
50	700
100	870
500	1260
1000	1430

**Tableau 74 : Débits caractéristiques de la Drôme à Loriol**

L'analyse hydrologique réalisée dans l'étude de l'EGR fournit les indications suivantes :

	Crue océaniques	Crues méditerranées	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	0%	12%	7%	0%
Concomitance faible/moyenne	17%	59%	7%	0%
Pas de crue de l'affluent	83%	29%	87%	100%

**Tableau 75 : Concomitance Drôme/Rhône**



### Crués océaniques

Pas de crues majeures répertoriées comme océaniques sur le bassin versant de la Drôme.

### Crués méditerranéennes

Les crues méditerranéennes sont présentes sur la Drôme avec une rivière en crue dans 7 cas sur 10 (données EGR). D'intensité moyenne à exceptionnelle, elles peuvent atteindre des débits entre 500 et 900m<sup>3</sup>/s.

L'apport de la Drôme entre les deux stations du Rhône est d'environ 35% ce qui met en évidence une influence relative de la Drôme sur le débit du Rhône.

Lors de crues méditerranéennes, la Drôme est généralement en avance, avec par exemple un décalage temporel de 4h pour la crue de novembre 1994 et de 1h pour celle de décembre 2003.

### Crués cévenoles

Les crues de type cévenol affectent peu la Drôme. Selon l'EGR, la Drôme est en crue dans moins de 20% des cas quand survient un épisode cévenol. Seule la crue de 1996 présente une intensité forte (débit de 439 m<sup>3</sup>/s) avec une concomitance assez forte (avance de 1h).

### Crués générales

Lors de crues généralisées du Rhône, le comportement de la Drôme est très contrasté. Il est difficile de mettre en évidence les caractéristiques de celles-ci. Trois crues sont potentiellement exploitables (1856, 1993 et janvier 1994) et elles ont des comportements très différents.

## **Conclusion**

Le bassin versant de la Drôme est fortement soumis aux événements méditerranéens et dans une moindre mesure aux événements cévenols et généralisés. Lors de crues méditerranéennes, les conjonctions Drôme/Ouvèze et Drôme/Isère provoquent des crues exceptionnelles à Beaucaire.

Pour les crues généralisées, la Drôme peut jouer un rôle important lorsqu'elle est associée avec une crue de l'amont.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 2h d'avance par rapport au Rhône.

### **3.14.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crués méditerranéennes:

Les aménagements testés lors de crues méditerranéennes sont ceux provoquant le plus d'impact. Pour des aménagements avançant la pointe de crue, la surélévation du niveau du Rhône à Beaucaire peut atteindre 8cm.

	Impact (cm) des aménagements de la Drôme sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-5	-1	5
Avance 8h	-4	-1	7
Avance 6h	-3	0	8
Avance 4h	-2	1	5
Avance 2h	-1	1	3
Retard 2h	0	0	-1
Retard 4 h	-2	-1	-2
Retard 6h	-3	-1	-3
Retard 8h	-5	-2	-4
Retard 10h	-7	-2	-5
Retard 12h	-8	-3	-6
Retard 14h	-10	-3	-7
Retard 16h	-12	-4	-8
Retard 18h	-13	-4	-9
Retard 20h	-15	-5	-10

**Tableau 76 : Drôme – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

#### Crues cévenoles

Les impacts obtenus pour les épisodes cévenols sont neutres ou très faibles. Les aménagements d'accélération ou de ralentissement de l'écoulement sont neutres ou bénéfiques mis à part un faible impact aggravant relevé à Beaucaire lors de l'avance de la pointe de crue de 2 à 4h

	Impact des aménagements (cm) de la Drôme sur le Rhône pour les scénarios cévenols		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0	0
Avance 8h	0	0	0
Avance 6h	0	0	0
Avance 4h	0	0	1
Avance 2h	0	0	1
Retard 2h	0	0	0
Retard 4 h	0	0	-1
Retard 6h	0	0	-1
Retard 8h	0	-1	-1
Retard 10h	0	-1	-1
Retard 12h	0	-1	-2
Retard 14h	0	-1	-2
Retard 16h	0	-1	-2
Retard 18h	0	-1	-3
Retard 20h	0	-2	-3

**Tableau 77 : Drôme – impact des aménagements sur les crues cévenoles**

### Crues généralisées

Lors de crues généralisées, l'aménagement retardant la pointe de crue de 2h provoque une augmentation du niveau du Rhône de Viviers à Chusclan. Les retards supérieurs à 2h sont neutres ou bénéfiques.

Un faible impact peut être observé à Beaucaire en cas d'avance de la crue de 2h à 4h.

	Impact des aménagements (cm) de la Drôme sur le Rhône pour les scénarios généralisés		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-1	-1	0
Avance 8h	-1	0	0
Avance 6h	-1	0	0
Avance 4h	0	0	1
Avance 2h	0	0	1
Retard 2h	2	1	0
Retard 4 h	0	0	0
Retard 6h	0	0	0
Retard 8h	-1	0	0
Retard 10h	-1	-1	0
Retard 12h	-2	-1	0
Retard 14h	-2	-1	-1
Retard 16h	-2	-1	-1
Retard 18h	-3	-1	-1
Retard 20h	-3	-2	-1

**Tableau 78 : Drôme – impact des aménagements sur les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Les aménagements avançant la pointe de crue de la Drôme entraînent pour l'ensemble des crues une augmentation du débit. Les aménagements retardant la pointe de crue ont un impact généralement bénéfique, ou un impact négatif très faible pour quelques cas seulement.

## 3.15 Le Roubion

### 3.15.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le Roubion est un affluent rive gauche du Rhône qui se compose d'un bassin versant de 610km<sup>2</sup>. Cette rivière parcourt 66 km avant de rejoindre le Rhône à proximité de Montélimar. Le Roubion est un cours d'eau à caractère torrentiel de régime méditerranéen de montagne.

La station hydrométrique étudiée est la station de Montélimar dont les données sont disponibles depuis 1996.

Les débits de pointe du Roubion à Montélimar ont été calculés avec la méthode de Gumbel sur les maxima annuels:

Période de retour (années)	Débits de pointe « Crue moyenne annuelle » (m <sup>3</sup> /s)
2	180
10	520
20	650

**Tableau 79 : Débits caractéristique du Roubion à Montélimar**

#### Crues océaniques

La situation géographique du bassin versant du Roubion engendre une faible exposition de celui-ci au régime océanique.

#### Crues méditerranéennes

Le Roubion est soumis au régime méditerranéen. La crue de 2003 a eu un fort impact sur le bassin versant du Roubion. Le débit mesuré est de 140 m<sup>3</sup>/s à la station de Soyans et a atteint 700m<sup>3</sup>/s à Montélimar soit un débit correspondant à une crue de période de retour vingt ans. La pointe de crue est observée 9h en avance par rapport au Rhône.

#### Crues cévenoles

Compte tenu de sa situation géographique, le bassin versant du Roubion est peu exposé aux évènements cévenols. Cependant lors de l'évènement de 1996, le Roubion était en crue de période de retour cinq ans, avec un retard de 3h par rapport au Rhône.

#### Crues généralisées

Les données historiques disponibles sur le Roubion ne permettent pas d'analyser d'évènements généralisés. Le Roubion sera soumis aux évènements généralisés.

### **Conclusion :**

Le bassin versant du Roubion est fortement soumis aux évènements méditerranéens et dans une moindre mesure aux évènements cévenols et généralisés. La conjonction du Roubion avec la Drôme peut provoquer lors d'évènements méditerranéens des crues exceptionnelles du Rhône.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 3h d'avance par rapport au Rhône dans le cas des crues cévenoles et généralisées et à 9h dans le cas des crues méditerranéennes.

### 3.15.2 Impact des aménagements

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes

Pour les crues méditerranéennes, on observe un impact assez fort pour des aménagements du Roubion retardant de 2 à 10h le pic de crue.

L'impact le plus aggravant est observé à Viviers juste en aval de la confluence et dépasse le seuil de 5 cm d'augmentation de la hauteur d'eau correspondant à environ 100m<sup>3</sup>/s.

On observe que pour un aménagement retardant le pic de crue de 10h, il existe un impact aggravant à Viviers qui disparaît en aval pour devenir bénéfique à Beaucaire. Ce phénomène s'observe pour l'ensemble des scénarios méditerranéens. Le Roubion, situé juste en amont de Viviers, va retarder légèrement le pic de crue à Viviers mais les affluents à l'aval étant plus contributeurs, vont rétablir l'heure initiale du pic de crue avec un apport du Roubion par conséquent plus faible car l'hydrogramme de celui-ci sera dans sa descente. Ce phénomène ne se retrouve pas lorsque les aménagements retardent la crue du Roubion de moins de 10h, le décalage temporel initial du Roubion pour les crues méditerranéennes étant une avance de 9h.

	Impact (cm) des aménagements du Roubion sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
-Avance 10h	-6	-2	-4
-Avance 8h	-5	-2	-3
-Avance 6h	-4	-1	-2
-Avance 4h	-2	-1	-2
-Avance 2h	-1	0	-1
Retard 2h	2	1	1
Retard 4 h	4	1	2
Retard 6h	5	2	2
Retard 8h	6	1	0
Retard 10h	3	0	-3
Retard 12h	0	-1	-6
Retard 14h	-4	-2	-8
Retard 16h	-7	-3	-10
Retard 18h	-11	-4	-12
Retard 20h	-14	-5	-13

**Tableau 80 : Roubion – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

#### Crues cévenoles

Compte tenu de sa faible exposition aux crues cévenoles, les aménagements sur le Roubion n'auront que très peu d'impact sur le Rhône lors de l'apparition de ce type de crues.

	Impact des aménagements (cm) du Roubion sur le Rhône pour les scénarios cévenols		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0	0
Avance 8h	0	0	0
Avance 6h	0	0	0
Avance 4h	0	0	1
Avance 2h	0	0	1
Retard 2h	0	0	-1
Retard 4 h	0	-1	-1
Retard 6h	0	-1	-2
Retard 8h	0	-1	-2
Retard 10h	0	-2	-3
Retard 12h	0	-2	-4
Retard 14h	0	-2	-4
Retard 16h	0	-2	-4
Retard 18h	0	-2	-4
Retard 20h	0	-2	-4

**Tableau 81 : Roubion – impact des aménagements sur les crues cévenoles**

#### Crues généralisées

Les aménagements sur le Roubion pour les crues de type généralisé ont également peu d'impact. L'impact de l'avance de 2 à 4h de la pointe de crue se fait ressentir essentiellement à Beaucaire, avec une faible augmentation de la ligne d'eau (2 cm) à Beaucaire.

Le retard de 2h de la pointe de crue provoque une légère augmentation du niveau du Rhône mais uniquement observable à Viviers.

	Impact des aménagements (cm) du Roubion sur le Rhône pour les scénarios généralisés		
	Viviers	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-1	-1	0
Avance 8h	-1	-1	0
Avance 6h	-1	0	0
Avance 4h	-1	0	1
Avance 2h	0	0	2
Retard 2h	1	0	0
Retard 4 h	0	0	0
Retard 6h	-1	0	0
Retard 8h	-1	-1	-1
Retard 10h	-2	-1	-1
Retard 12h	-3	-1	-1
Retard 14h	-4	-2	-1
Retard 16h	-5	-2	-1
Retard 18h	-5	-2	-1
Retard 20h	-5	-2	-1

**Tableau 82 : Roubion – impact des aménagements sur les crues généralisées**

#### Conclusion :

Les aménagements retardant le pic de crue de 2 à 10h ont un impact négatif sur la ligne d'eau. De même, les aménagements avançant le pic de crue de 2h ou 4h augmentent la ligne d'eau à Beaucaire. Les autres aménagements testés ont un impact soit neutre, soit bénéfique.

## 3.16 Ardèche

### 3.16.1 Analyse des crues historiques du Rhône

L'Ardèche prend sa source, à 1 467 m d'altitude, dans le Vivarais, près du col de la Chavade, dans la forêt de Mazan sur la commune d'Astet. Après Aubenas et Ruoms, elle reçoit le Chassezac et La Beaume, puis s'enfonce à partir de Vallon-Pont-D'arc dans les célèbres gorges qu'elle a elle-même creusées. Elle rejoint le Rhône en amont de Pont-Saint-Esprit.

L'ensemble du bassin représente une surface de 2430 km<sup>2</sup>. Les sous-bassins amont de l'Ardèche sont de type moyenne montagne, avec des profils de vallées assez encaissés. A proximité de la confluence on retrouve une configuration de plaine. Ce bassin est caractérisé par des temps de réaction très courts et des débits de référence très élevés.

Les débits de pointe de l'Ardèche sont issus de l'étude de l'EGR :

Période de retour (années)	Débits de pointe « Crue moyenne annuelle » (m <sup>3</sup> /s)
2	1834
10	3390
20	4367
50	5400
100	6260
500	8220
1000	9030

**Tableau 83: Débits de pointe de l'Ardèche à la station de la sauze**

La rivière présente des fluctuations saisonnières de débits typiques du régime cévenol, avec des hautes eaux d'automne et d'hiver. S'ensuit une baisse rapide des débits, se terminant en une période d'étiage en juillet-août.

L'étude hydrologique réalisée dans l'EGR a permis d'établir les informations suivantes :

	Crue océanique	Crue méditerranée	Crue cévenole	Crue généralisée
Concomitance Forte	3%	21%	29%	9%
Concomitance faible/moyenne	9%	67%	71%	59%
Pas de crue de l'affluent	89%	13%	0%	32%

**Tableau 84 : Concomitance Ardèche/Rhône (EGR)**

### Crués océaniques

Les crues océaniques n'affectent que très peu le bassin versant de l'Ardèche. Le risque d'avoir une crue de l'Ardèche lorsqu'il y a crue océanique du Rhône est de moins de 15% (EGR). L'EGR précise que l'Ardèche est quasiment toujours en avance lors de crues océaniques.

### Crués méditerranéennes

Les crues méditerranéennes atteignent la rivière de l'Ardèche avec des crues d'intensité faible à moyenne. L'Ardèche est en crue 9 fois sur 10 en cas de crue méditerranéenne. Pour la crue de 1994, l'avance de l'Ardèche est d'environ 14h.

### Crués cévenoles

Les crues cévenoles sur le bassin de l'Ardèche sont fortes à exceptionnelles. Comme pour les crues méditerranéennes, l'Ardèche est en crue 9 fois sur 10 en cas de crues cévenoles (EGR). L'Ardèche est généralement en avance de quelques heures sur le Rhône.

Pour les crues de novembre 1996 et septembre 2002, nous observons une concomitance pour la crue de 1996 et un retard pour la crue de 2002. Il est à noter que l'Ardèche n'est pas en crue en 2002. L'apport de l'Ardèche sur le Rhône est important.

### Crués généralisées

Les crues généralisées sur l'Ardèche sont de faible à moyenne intensité.

### **Conclusion :**

Le bassin versant de l'Ardèche est fortement soumis aux événements cévenols. Cet affluent est prépondérant dans ce type de crue avec des débits très forts et une réponse rapide du bassin versant. Une crue forte de l'Ardèche associée à une crue moyenne de la Cèze et du Gard peut créer une crue exceptionnelle à Beaucaire.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 3h d'avance par rapport au Rhône pour l'ensemble des événements simulés.

### **3.16.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

### Crués méditerranéennes

Pour les événements de type méditerranéen, les aménagements testés sur l'Ardèche accélérant la vitesse des écoulements ont un impact aggravant important pouvant augmenter le niveau d'eau jusqu'à 25 cm à Beaucaire, soit une augmentation de plus de 500m<sup>3</sup>/s du débit du Rhône. L'avance de la pointe de crue de l'Ardèche dans le cas des crues méditerranéennes va avoir tendance à accentuer la concomitance des affluents méditerranéens aval, à savoir, le Lez, l'Aygues, le Roubion et la Durance.

Pour les aménagements dits de ralentissement on observe un impact négatif à Chusclan pour un retard de la pointe de crue de 2 à 6h qui devient négligeable voire bénéfique à Beaucaire.



	Impact (cm) des aménagements de l'Ardèche sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens	
	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-10	8
Avance 8h	-8	14
Avance 6h	-6	20
Avance 4h	-4	26
Avance 2h	-2	13
Retard 2h	5	4
Retard 4 h	7	-1
Retard 6h	4	-10
Retard 8h	0	-25
Retard 10h	-5	-40
Retard 12h	-8	-53
Retard 14h	-10	-57
Retard 16h	-12	-57
Retard 18h	-14	-57
Retard 20h	-16	-57

**Tableau 85 : Ardèche – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

#### Crues cévenoles

Les aménagements accélérant l'écoulement sont bénéfiques pour les crues cévenoles.

Un retard de la pointe de crue sur l'Ardèche de 2 à 4h aurait pour effet d'augmenter la hauteur du Rhône de Chusclan à Beaucaire de plus de 5 cm et jusqu'à 10cm.

L'aménagement retardant de 6h la pointe de crue provoque un impact négatif à Chusclan non observable à Beaucaire.

	Impact des aménagements (cm) de l'Ardèche sur le Rhône pour les scénarios cévenols	
	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-22	-32
Avance 8h	-18	-25
Avance 6h	-14	-19
Avance 4h	-9	-12
Avance 2h	-4	-6
Retard 2h	6	10
Retard 4 h	7	4
Retard 6h	4	-16
Retard 8h	0	-38
Retard 10h	-4	-62
Retard 12h	-7	-83
Retard 14h	-10	-92
Retard 16h	-12	-92
Retard 18h	-14	-92
Retard 20h	-15	-92

**Tableau 86 : Ardèche – impact des aménagements sur les crues cévenoles**

### Crues généralisées

La simulation des aménagements sur l'Ardèche lors d'épisodes généralisés montre un impact important à Chusclan qui a tendance à s'atténuer ensuite. Une augmentation de 9cm à Chusclan correspond à environ 400m<sup>3</sup>/s en terme de débit sur le Rhône.

	Impact des aménagements (cm) de l'Ardèche sur le Rhône pour les scénarios généralisés	
	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	-7	-5
Avance 8h	-6	-4
Avance 6h	-4	-2
Avance 4h	-3	-1
Avance 2h	-1	0
Retard 2h	9	4
Retard 4 h	9	-1
Retard 6h	5	-3
Retard 8h	-1	-6
Retard 10h	-7	-11
Retard 12h	-11	-17
Retard 14h	-15	-24
Retard 16h	-17	-28
Retard 18h	-17	-28
Retard 20h	-17	-28

**Tableau 87 : Ardèche – impact des aménagements sur les crues généralisées**

#### **Conclusion :**

Les aménagements dits de stockage, c'est-à-dire retardant la pointe de crue de l'Ardèche de plus de 6h sont neutres à bénéfiques pour les crues du Rhône.

Les autres aménagements auront un impact négatif à Chusclan et Beaucaire.

## 3.17 Le Lez

### 3.17.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le Lez prend sa source dans la montagne de la Lance, à une altitude d'environ 1000 mètres. Il draine un bassin versant de l'ordre de 460 km<sup>2</sup>. Le Lez est sous influence méditerranéenne.

La station hydrologique étudiée est la station de Bollène située à proximité de la confluence.

Les débits de pointe ont été calculés avec la méthode de Gumbel avec des données de 1996 à 2009 :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
10	300
50	575
100	700
1000	1000

**Tableau 88 : Débits caractéristiques du Lez à Bollène**

#### Crues océaniques

Compte tenu de sa position géographique, le Lez n'est pas soumis aux évènements océaniques.

#### Crues méditerranéennes

Le bassin versant du Lez est soumis au régime méditerranéen. Les données disponibles à Bollène ne permettent d'étudier que la crue méditerranéenne de 2003. Cette crue est une crue de période de retour comprise entre dix et vingt ans. Le débit enregistré à Bollène s'élève à 360m<sup>3</sup>/s.

La pointe de crue du Lez observée le 2 décembre à 19h à Bollène est en avance de 13h par rapport à la crue du Rhône.

On peut rapprocher les caractéristiques de réponse du Lez à celles de l'Ouvèze et de l'Aygues qui possèdent un hydrogramme de crue similaire.

Le Lez est généralement en avance par rapport au Rhône.

#### Crues Cévenoles

Compte tenu de sa position géographique, le bassin versant du Lez est peu soumis aux évènements cévenols.

La seule crue disponible est l'évènement de 1996, pour laquelle le débit de Lez est faible, 80m<sup>3</sup>/s à Bollène. L'impact du Lez pour cette crue est négligeable.

#### Crues généralisées

Aucune donnée disponible ne permet d'étudier les évènements généralisés. Le Lez sera soumis à ce type d'évènement, avec cependant un impact assez faible sur les crues du Rhône.

## Conclusion :

Le bassin versant du Lez est soumis au régime méditerranéen. Compte tenu de la taille de son bassin versant, l'impact du Lez seul ne crée pas une crue forte du Rhône. Cependant, associé à d'autres petits affluents comme l'Aygues, l'impact peut se faire ressentir jusqu'à Beaucaire. Le scénario 6 pour les épisodes méditerranéens, où le Lez, l'Aygues et l'Ouvèze sont en crue centennale conduit à une crue exceptionnelle du Rhône à Beaucaire.

Le décalage moyen a été fixé à 6h d'avance par rapport au Rhône pour l'ensemble des types d'évènements.

### 3.17.2 Impact des aménagements

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes

Concernant les crues méditerranéennes, un stockage de volume d'eau sur le Lez ayant pour effet de retarder la pointe de crue de 4 à 6h provoque une faible augmentation de la ligne d'eau à Chusclan, négligeable à Beaucaire.

Les aménagements dits d'accélération sont neutres sur l'ensemble des tronçons du Rhône en aval du Lez.

	Impact des aménagements (cm) du Lez sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens	
	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	-1
Avance 8h	0	-1
Avance 6h	0	0
Avance 4h	0	0
Avance 2h	0	0
Retard 2h	0	1
Retard 4 h	1	0
Retard 6h	1	0
Retard 8h	0	-1
Retard 10h	0	-1
Retard 12h	0	-2
Retard 14h	0	-2
Retard 16h	-1	-3
Retard 18h	-1	-3
Retard 20h	-1	-3

**Tableau 89 : Lez – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

### Crues cévenoles

Les aménagements sur le Lez lors de crues cévenoles n'ont quasiment pas d'impact sur le Rhône.

	Impact des décalages (cm) du Lez sur le Rhône pour les scénarios cévenols	
	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0
Avance 8h	0	0
Avance 6h	0	0
Avance 4h	0	0
Avance 2h	0	0
Retard 2h	0	0
Retard 4 h	0	1
Retard 6h	0	0
Retard 8h	0	0
Retard 10h	0	-1
Retard 12h	0	-1
Retard 14h	-1	-1
Retard 16h	-1	-2
Retard 18h	-1	-2
Retard 20h	-1	-2

**Tableau 90 : Lez – impact des aménagements sur les crues cévenoles**

### Crues généralisées

Lors de crues généralisées, l'impact aggravant s'observe pour les aménagements de stockage retardant le pic de crue de 4 à 6h, mais reste cependant très faible.

	Impact des décalages (cm) du Lez sur le Rhône pour les scénarios généralisés	
	Chusclan	Beaucaire
Avance 10h	0	0
Avance 8h	0	0
Avance 6h	0	0
Avance 4h	0	0
Avance 2h	0	0
Retard 2h	0	0
Retard 4 h	1	1
Retard 6h	1	0
Retard 8h	0	0
Retard 10h	0	0
Retard 12h	0	0
Retard 14h	0	0
Retard 16h	-1	0
Retard 18h	-1	-1
Retard 20h	-1	-1

**Tableau 91 : Lez – impact des aménagements sur les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Les aménagements sur le Lez ont peu d'impact sur le Rhône compte tenu de la taille de son bassin versant.

## 3.18 La Cèze

### 3.18.1 Analyse des crues historiques du Rhône

La Cèze, affluent rive droite du Rhône, présente un bassin versant d'environ 1350 km<sup>2</sup>. Elle parcourt 128 km avant de rejoindre le Rhône. Elle est marquée par une forte amplitude des débits entre les périodes pluvieuses et sèches. Les épisodes pluvieux extrêmes, associés à la nature des sols, sont à l'origine de la puissance des crues cévenoles.

Suite aux inondations de 1958, a été construit le barrage de Sénéchas pour écrêter les crues.

La station hydrologique étudiée est la station de Bagnols/Cèze située à proximité de la confluence.

Les débits de pointe sont issus de l'EGR et ont été calculés avec la méthode du Gradex :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	541
10	1110
20	1552
50	2129
100	2560
500	3560
1000	3900

**Tableau 92 : Débits caractéristiques de la Cèze à Bagnols/Cèze**

La rivière connaît des crues violentes au printemps et à l'automne et des périodes de très basses eaux en été.

L'analyse hydrologique réalisée dans l'étude de l'EGR fournit les indications suivantes :

- Crues courantes de janvier à juin
- Crues fortes durant la saison automnale
- Inexistence de crue durant la saison estivale

	Crues océaniques	Crues méditerranéennes	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	0%	6%	32%	6%
Concomitance faible/moyenne	3%	56%	53%	25%
Pas de crue de l'affluent	97%	39%	16%	69%

**Tableau 93 : Concomitance Cèze/Rhône (EGR)**

#### Crues océaniques

Compte tenu de son positionnement géographique, la Cèze n'est quasiment jamais affectée par des crues océaniques.

### Crues méditerranéennes

Les crues méditerranéennes sont assez présentes sur la Cèze, avec un risque de 60% d'occurrence d'une crue de la Cèze lors d'une crue de type méditerranéen. Ce sont des crues moyennes à fortes.

Lors de l'évènement de novembre 1994, le débit enregistré à la station de Bagnols sur Cèze est de 390m<sup>3</sup>/s, soit de période de retour inférieure à deux ans.

Lors de l'évènement de 2003, le débit enregistré était de 740 m<sup>3</sup>/s soit une période de retour comprise entre deux et dix ans.

Pour les deux crues, on note une avance significative de la Cèze par rapport au Rhône, respectivement de 9 et 15 heures.

Les crues méditerranéennes sont pour la quasi majorité en avance sur le Rhône.

### Crues Cévenoles

Les crues cévenoles sont les crues les plus présentes sur le bassin versant de la Cèze avec une occurrence de 80%. Elles sont selon l'EGR, en avance sur le Rhône dans 7 cas sur 10. Ce sont des crues à caractère exceptionnel, le débit enregistré à Bagnols sur Cèze a atteint 1200 m<sup>3</sup>/s en 1958. Cette crue à caractère exceptionnel était en forte concomitance avec le Rhône (EGR).

Pour les trois crues cévenoles étudiées, la Cèze est en crue moyenne à exceptionnelle. Le débit de pointe varie de 500m<sup>3</sup>/s à plus de 3000m<sup>3</sup>/s. La Cèze est généralement en avance sur le Rhône mais peut également être en retard comme pour les crues de 1996 et 2002 pour lesquelles la Cèze est en retard respectivement de 7 et 2h.

### Crues généralisées :

Les crues généralisées du bassin versant de la Cèze sont d'intensité faible à moyenne avec cependant une exception pour la crue de novembre 1840 qui fut répertoriée comme une crue très forte. Selon l'EGR la Cèze est peu affectée par des crues généralisées (30% des crues de ce type).

La crue de janvier 1994 est une crue de faible intensité avec une forte concomitance. Le décalage est de 2h par rapport au Rhône.

## **Conclusion**

Le bassin versant de la Cèze est fortement soumis aux évènements cévenols mais peut également jouer un rôle important dans les crues méditerranéennes et généralisées. Lors de l'évènement de 2002, seuls la Cèze et le Gard étaient en crue très forte, créant ainsi une crue très forte sur le Rhône aval. La Cèze en conjonction avec le Gard peut donc être dévastatrice pour le Rhône aval.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 7h d'avance par rapport au Rhône pour les évènements méditerranéens, à 4h pour les évènements généralisés et en concomitance pour les crues cévenoles.

### **3.18.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes

En ce qui concerne les crues méditerranéennes, l'ensemble des aménagements visant à retarder de 2 à 10 h la pointe de crue de la Cèze aggrave le niveau du Rhône à Beaucaire jusqu'à 8cm.

L'avance de la pointe de crue de la Cèze ne provoque pas d'impact significatif sur le Rhône.

Impact des aménagements (cm) de la Cèze sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens	
Beaucaire	
Avance 10h	0
Avance 8h	0
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	3
Retard 4 h	5
Retard 6h	8
Retard 8h	6
Retard 10h	1
Retard 12h	0
Retard 14h	0
Retard 16h	0
Retard 18h	0
Retard 20h	0

**Tableau 94 : Cèze – impact des aménagements sur les crues méditerranéennes**

Crues cévenoles

Contrairement aux crues méditerranéennes, la mise en place d'aménagements avançant la pointe de crue de 2 à 6h pour des évènements cévenols augmenterait le niveau du Rhône de 2 à 6 cm à Beaucaire.

Le retard de la pointe de crue entraîne un effet fortement bénéfique sur la crue du Rhône.

Impact des aménagements (cm) de la Cèze sur le Rhône pour les scénarios cévenols	
Beaucaire	
Avance 10h	-4
Avance 8h	-1
Avance 6h	2
Avance 4h	6
Avance 2h	6
Retard 2h	-7
Retard 4 h	-14
Retard 6h	-22
Retard 8h	-29
Retard 10h	-36
Retard 12h	-36
Retard 14h	-36
Retard 16h	-36
Retard 18h	-36
Retard 20h	-36

**Tableau 95 : Cèze – impact des aménagements sur les crues cévenoles**



### Crues généralisées

En ce qui concerne les crues généralisées, la simulation met en avant le faible impact de la mise en place d'aménagements sur la Cèze. Seul l'aménagement retardant la pointe de crue de la Cèze de 2 à 4h provoque un faible impact d'environ 2 cm à Beaucaire.

	<b>Impact des aménagements (cm) de la Cèze sur le Rhône pour les scénarios généralisés</b>
	<b>Beaucaire</b>
Avance 10h	0
Avance 8h	0
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	2
Retard 4 h	2
Retard 6h	0
Retard 8h	0
Retard 10h	0
Retard 12h	0
Retard 14h	0
Retard 16h	0
Retard 18h	0
Retard 20h	0

**Tableau 96 : Cèze – impact des aménagements sur les crues généralisées**

#### **Conclusion :**

Sur l'ensemble des crues simulées, la mise en place d'aménagements n'aurait pas d'impact négatif lors d'un ralentissement de la pointe de crue de plus de 10h ni pour des avances de plus de 6h.

Pour les crues cévenoles, l'impact est très bénéfique pour les aménagements retardant la pointe de crue.

## 3.19 L'Aygues

### 3.19.1 Analyse des crues historiques du Rhône

L'Aygues est une rivière qui coule dans les départements de la Drôme, des Hautes-Alpes, et du Vaucluse. Son bassin versant s'étend sur 1090km<sup>2</sup> pour une longueur de 114km. Elle prend sa source au pied du sommet de Peyle, situé dans le massif des Baronnies, entre la Drôme et les Hautes-Alpes, avant de se jeter dans le Rhône tout près d'Orange.

La station hydrologique étudiée est la station d'Orange située à proximité de la confluence, dont les données sont disponibles à partir de 1993.

Plusieurs études fournissent des estimations des débits caractéristiques de crue de l'Aygues à Orange. Le tableau suivant présente les débits estimés dans l'étude hydraulique Sogreah-siee de 1997 ainsi que les débits caractéristiques recalculés avec la méthode de Gumbel :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s) – sogreah-siee	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s) - Gumbel
2		200
5		340
10	370	430
50		630
100	950	

**Tableau 97 : Débits caractéristiques de l'Aygues à Orange**

Nous retiendrons dans le cadre de cette étude, les débits calculés avec la méthode de Gumbel, prenant ainsi en compte l'évènement de 2003.

#### Crues océaniques

Les pluies de type océanique n'ont aucun impact sur le bassin versant de l'Aygues.

#### Crues méditerranéennes

Les pluies méditerranéennes sont assez présentes sur l'Aygues générant ainsi des crues d'intensité importante à Orange. Pour les deux crues méditerranéennes dont les données sont disponibles (1994 et 2003), les débits à Orange sont supérieurs au débit décennal.

L'apport relatif reste cependant faible par rapport aux apports des affluents principaux (respectivement 8 et 14% pour les deux crues étudiées). Pour ces deux crues l'Aygues est en avance sur le Rhône, avec une avance de 8h et 17h.

#### Crues cévenoles

L'Aygues n'est pas un affluent de type cévenol. Il n'est en effet que peu touché par les évènements de ce type. Pour les deux évènements dont les données sont disponibles, on note d'ailleurs que le débit de l'Aygues est faible et en avance de plus de 10h dans les deux cas.

#### Crues généralisées

Cet affluent va réagir aux évènements généralisés. Lors de la crue généralisée de janvier 1994, le débit enregistré à Orange s'élève à 530m<sup>3</sup>/s, ce qui correspond à un débit de période de retour supérieure à dix ans.

L'Aygues est en avance sur le Rhône avec pour cette crue un décalage temporel de 9h par rapport au Rhône.

## Conclusion :

Le bassin versant de l'Aygues joue un rôle important lors des évènements méditerranéens.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 16h d'avance par rapport au Rhône pour l'ensemble des types d'évènements.

### 3.19.2 Impact des aménagements

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes

Les aménagements simulés lors de crues méditerranéennes mettent en relief un fort impact aggravant en cas d'aménagements de ralentissement de l'écoulement. Les aménagements retardant de 2 à 18h la pointe de crue augmentent le niveau du Rhône de 1 à 8cm à Beaucaire.

Impact des aménagements (cm) de l'Aygues sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens	
Beaucaire	
Avance 10h	-1
Avance 8h	-1
Avance 6h	-1
Avance 4h	-1
Avance 2h	0
Retard 2h	1
Retard 4 h	2
Retard 6h	3
Retard 8h	4
Retard 10h	5
Retard 12h	6
Retard 14h	7
Retard 16h	8
Retard 18h	4
Retard 20h	0

**Tableau 98 : Aygues – Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes**

### Crues cévenoles et généralisées

On retrouve une situation identique pour les crues cévenoles et généralisées, avec des aménagements de ralentissement entraînant un accroissement du niveau du Rhône à Beaucaire jusqu'à 4cm.

	Impact des aménagements (cm) de l'Aygues sur le Rhône pour les scénarios cévenols
	Beaucaire
Avance 10h	0
Avance 8h	0
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	1
Retard 4 h	1
Retard 6h	2
Retard 8h	2
Retard 10h	3
Retard 12h	3
Retard 14h	4
Retard 16h	4
Retard 18h	1
Retard 20h	0

**Tableau 99 : Aygues – Impact des aménagements pour les crues cévenoles**

	Impact des aménagements (cm) de l'Aygues sur le Rhône pour les scénarios généralisés
	Beaucaire
Avance 10h	0
Avance 8h	0
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	1
Retard 4 h	1
Retard 6h	2
Retard 8h	2
Retard 10h	3
Retard 12h	3
Retard 14h	4
Retard 16h	3
Retard 18h	1
Retard 20h	0

**Tableau 100 : Aygues – Impact des aménagements pour les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Les aménagements retardant la pointe de crue de l'Aygues ont un impact négatif sur les crues du Rhône. Les aménagements avançant la pointe de crue ont un impact neutre ou faiblement bénéfique.

## 3.20 L'Ouvèze

### 3.20.1 Analyse des crues historiques du Rhône

L'Ouvèze est un affluent rive gauche du Rhône dont le bassin versant de plus de 1900 km<sup>2</sup> se compose de deux entités (l'Ouvèze et les Sorgues). Cette rivière se jette à la hauteur de l'île de la Barthelasse sur la commune de Sorgues dans le Vaucluse.

Le bassin de l'Ouvèze connaît un climat subméditerranéen avec des étés secs et des automnes orageux. La partie amont du bassin est de type moyenne montagne.

La station hydrologique étudiée est la station de Vaison-la-Romaine située à environ 40km de la confluence.

Les débits caractéristiques à la station de Vaison-la-Romaine sont issus de la banque hydro :

Période de retour (années)	Débits de pointe Banque hydro
2	160
5	260
10	320
20	390
50	470

**Tableau 101 : Débits caractéristiques de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine**

Les crues historiques de l'Ouvèze sont les suivantes :

- 21 Août 1616
- Automne 1802
- Octobre-Novembre 1886
- 1907
- Novembre 1935
- Novembre 1951 Q Bédarrides 515 m<sup>3</sup>/s
- Septembre 1992 Débit de pointe 1300 m<sup>3</sup>/s (T= 600 ans)
- Septembre 2002

Cet affluent n'a pas été étudié dans l'EGR. Dans le cadre de cette étude, l'affluent est étudié pour les 24 crues historiques du Rhône, en fonction des données disponibles à la station de Vaison. Les données avant 1998 ne sont pas disponibles à cette station donc pour les crues de 1994 à 1998, les données sont issues de la station d'Entrechaux, située à environ 8km en amont de Vaison.

Il est à noter que la station de Vaison-la-Romaine, bien que la plus proche de la confluence ne représente que 32% du bassin versant de l'Ouvèze.

#### Crues océaniques

L'Ouvèze ne contribue pas aux crues océaniques.

### Crues méditerranéennes

Le bassin versant de l'Ouvèze est soumis au climat subméditerranéen. Pour ce bassin on dispose des données de deux crues significatives de l'Ouvèze, la crue de 2003 et celle de novembre 1994. La crue méditerranéenne historique est la crue de 1907 avec un débit de pointe enregistré à  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ , les données sont cependant insuffisantes pour exploiter cette crue.

L'épisode de Novembre 1994 se caractérise par une avance de l'Ouvèze de 16h par rapport au Rhône. Le temps de montée de l'Ouvèze pour l'évènement de Novembre 1994 est très rapide. Le débit de pointe enregistré à Vaison-la-Romaine est de  $254 \text{ m}^3/\text{s}$ , ce qui correspond à une crue de période de retour cinq ans. Sachant que le bassin versant à la station de Vaison-la-Romaine ne représente que 30% du bassin total, le débit à la confluence peut facilement atteindre  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En ce qui concerne la crue de 2003, le débit relevé à la station de Vaison est de  $215 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit un peu inférieur au débit de période de retour 5 ans. L'avance de l'Ouvèze par rapport au Rhône est d'environ 22h pour cette crue.

### Crues cévenoles

De par son positionnement géographique, le bassin versant de l'Ouvèze n'est pas fortement soumis aux évènements cévenols. Les pluies cévenoles peuvent cependant se décaler vers l'Est du territoire et affecter le bassin versant de l'Ouvèze.

Lors de l'épisode de Novembre 1996, on observe une crue de l'Ouvèze d'intensité moyenne (période de retour 5 ans) avec un débit à Vaison la Romaine de  $260 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le temps de montée est inférieur à 5h et l'avance par rapport au Rhône est de l'ordre de 30h.

### Crues généralisées

Les crues généralisées de l'Ouvèze sont peu fréquentes. Une seule crue peut être exploitée, celle de janvier 1994 qui a affecté l'ensemble du bassin versant du Rhône. Le débit mesuré à Vaison-la-Romaine est de  $380 \text{ m}^3/\text{s}$  ce qui correspond à une crue de période de retour supérieure à vingt ans. Le temps de montée est rapide à l'identique des crues méditerranéennes. Cette crue se distingue par ses deux pointes de crues de forte et faible intensité. La réponse du Rhône est semblable à celle de l'Ouvèze. On constate une avance de 13h de l'affluent par rapport au Rhône.

## **Conclusion**

Le bassin versant de l'Ouvèze est soumis aux crues méditerranéennes et représente un apport important avec un débit centennal de l'ordre de  $1750 \text{ m}^3/\text{s}$  à la confluence avec le Rhône, supérieur à celui de la Drôme. Une crue forte de l'Ouvèze associée avec des crues fortes du Lez et de l'Aygues aura un fort impact sur le Rhône aval jusqu'à Beaucaire, pouvant générer une crue exceptionnelle (scénario 6).

Le décalage temporel moyen a été fixé à 20h d'avance par rapport au Rhône pour l'ensemble des types d'évènements.

### **3.20.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crues méditerranéennes et cévenoles

Les résultats des tests d'aménagements sur l'Ouvèze sont similaires pour les crues méditerranéennes et cévenoles. On remarque un impact très fortement aggravant pour les aménagements ayant pour effet de retarder la pointe de crue de 2h à 20h avec une augmentation du niveau d'eau jusqu'à 33 cm à Beaucaire. Cette augmentation du niveau d'eau correspond à une augmentation du débit de l'ordre de  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pour ce qui concerne les aménagements dits d'accélération, ils sont neutres à bénéfiques.

Impact des aménagements (cm) de l'Ouvèze sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens	
Beaucaire	
Avance 10h	-3
Avance 8h	-2
Avance 6h	-2
Avance 4h	-1
Avance 2h	-1
Retard 2h	4
Retard 4 h	7
Retard 6h	11
Retard 8h	15
Retard 10h	18
Retard 12h	22
Retard 14h	25
Retard 16h	29
Retard 18h	32
Retard 20h	33

**Tableau 102 : Ouvèze - Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes**

Impact des aménagements (cm) de l'Ouvèze sur le Rhône pour les scénarios cévenols	
Beaucaire	
Avance 10h	-1
Avance 8h	-1
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	2
Retard 4 h	4
Retard 6h	6
Retard 8h	8
Retard 10h	10
Retard 12h	12
Retard 14h	14
Retard 16h	16
Retard 18h	18
Retard 20h	19

**Tableau 103 : Ouvèze - Impact des aménagements pour les crues cévenoles**

### Crues généralisées

Lors des crues généralisées on obtient un impact négatif jusqu'à 5cm pour des aménagements de stockage retardant la pointe de crue de 2 à 8h. Pour un retard de plus de 8h, les aménagements sur l'Ouvèze sont neutres.

L'avance de la pointe de crue de 2 à 10h sur l'Ouvèze n'a pas d'impacts significatifs.

Impact des aménagements (cm) de l'Ouvèze sur le Rhône pour les scénarios généralisés	
Beaucaire	
Avance 10h	0
Avance 8h	0
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	3
Retard 4 h	5
Retard 6h	5
Retard 8h	2
Retard 10h	0
Retard 12h	0
Retard 14h	0
Retard 16h	0
Retard 18h	0
Retard 20h	0

**Tableau 104 : Ouvèze - Impact des aménagements pour les crues généralisées**

**Conclusion :**

L'ensemble des aménagements dits accélérateurs sont neutres ou bénéfiques pour l'Ouvèze contrairement aux aménagements dits de ralentissement qui aggravent fortement la crue du Rhône.

Les impacts négatifs sur le Rhône sont ici très importants avec une élévation pouvant aller jusqu'à 15cm pour un aménagement retardant de 8h la pointe de crue.



## 3.21 Durance

### 3.21.1 Analyse des crues historiques du Rhône

La Durance est le plus grand affluent du Rhône aval, avec un bassin versant de 14 300 km<sup>2</sup>. C'est une rivière alpine en pays méditerranéen. L'influence méditerranéenne l'emporte dans la formation des crues dont les plus fortes ont généralement lieu à l'automne.

Cet affluent parcourt 320 km avant de se jeter dans le Rhône à proximité d'Avignon. Sur le plan hydrologique, ce bassin comprend de nombreux affluents majeurs, dont la plupart se situent dans le secteur amont et moyen du bassin. Le régime des crues de la Durance est différencié des autres bassins du bas Rhône : l'Ardèche et le Gard qui présentent des crues plus rapides.

Le caractère exceptionnel et redouté des crues de la Durance est dû principalement à la puissance de la rivière, avec des débits pouvant atteindre 5 000 m<sup>3</sup>/s en basse Durance.

La station hydrologique étudiée est la station de Bonpas située à environ 10km de la confluence.

Les débits de pointes à la station Bonpas sont issus de l'étude de l'EGR :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	1377
10	2390
20	3159
50	4157
10	5000
500	6640
1000	7400

**Tableau 105 : Débits caractéristiques de la Durance à Bonpas**

La répartition des crues de la Durance se caractérise par quatre périodes distinctes :

- Janvier à mars avec des crues courantes mais faibles,
- Septembre à décembre avec des crues courantes et fortes (influence méditerranéenne),
- Avril à juin avec de nombreuses crues qui peuvent devenir fortes dans 4 cas sur 10,
- La période estivale avec aucune crue.

Le tableau suivant est issu de l'étude statistique de l'EGR sur 180 crues :

	Crues océaniques	Crues méditerranéennes	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	8%	20%	15%	3%
Concomitance faible/moyenne	22%	72%	37%	65%
Pas de crue de l'affluent	69%	9%	48%	32%

**Tableau 106 : Concomitance Durance/Rhône (EGR)**

### Crues océaniques

Les crues océaniques sont très peu fréquentes sur le bassin versant de la Durance. Si elles sont présentes, ce sont des crues de faible intensité avec des débits compris entre 200 et 600 m<sup>3</sup>/s.

### Crues méditerranéennes

Les crues méditerranéennes sont les crues les plus présentes sur la Durance avec des intensités pouvant être très fortes. La Durance peut être considérée comme l'affluent le plus dangereux pour ce type d'épisode. La Durance a la faculté de provoquer une forte crue du Rhône à elle seule.

Lors de crues méditerranéennes, la Durance peut être indifféremment en retard ou en avance.

Sur les deux dernières crues méditerranéennes, novembre 1994 et décembre 2003, la Durance était en retard de 5 et 3h par rapport au Rhône.

Lors de la crue de 1994, le débit à Bonpas a atteint 3250m<sup>3</sup>/s, soit une période de retour supérieure à vingt ans.

### Crues cévenoles

La Durance est en crue 1 fois sur 2 lors qu'il y a un épisode cévenol. Ce sont des crues de faible à moyenne intensité. Les pluies cévenoles peuvent déborder sur la partie Sud Est de la France et impacter le bassin versant de la Durance. Une seule crue forte a été constatée sur les 5 crues cévenoles étudiées, la crue de 1890 avec un débit mesuré à 2100 m<sup>3</sup>/s.

### Crues généralisées

Dans 7 cas sur 10 la Durance est en crue durant les crues généralisées. Ces crues généralisées qui touchent le bassin versant de la Durance sont en général des crues moyennes à fortes. L'apport de la Durance dans le Rhône lors de ces crues est important.

Selon l'EGR la Durance est en avance dans 60% des cas. Au cours des crues d'octobre 1993 et de janvier 1994, la Durance était respectivement en avance de 19h et 2h. On notera la variabilité du décalage de la Durance. Pour la crue de Janvier 1994, le débit de la Durance a une période de retour supérieure à vingt ans. Le débit enregistré à Beaucaire est proche du débit de période de retour cent ans.

## **Conclusion**

Lors de crues majeures du Rhône, il n'y a pas de réaction « type » de la Durance.

La Durance est cependant le plus souvent en avance sur le Rhône.

Le bassin versant de la Durance est soumis aux crues méditerranéennes et généralisées et dans une moindre mesure aux crues cévenoles. Le bassin versant de la Durance est un très grand bassin versant et cet affluent peut créer à lui seul une crue du Rhône aval.

Le décalage temporel moyen a été fixé à 4h d'avance par rapport au Rhône pour l'ensemble des types d'évènements.

### 3.21.2 Impact des aménagements

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

#### Crue méditerranéennes

Les aménagements simulés sur la Durance lors de crues méditerranéennes mettent en relief un fort impact aggravant pour des aménagements de ralentissement de l'écoulement. Les aménagements retardant de 2 à 10h la pointe de crue, augmentent le niveau du Rhône de 4 à 20 cm environ à Beaucaire, soit une augmentation du débit jusqu'à 500m<sup>3</sup>/s.

Impact des aménagements (cm) de la Durance sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens	
Beaucaire	
Avance 10h	-10
Avance 8h	-8
Avance 6h	-6
Avance 4h	-4
Avance 2h	-2
Retard 2h	12
Retard 4 h	23
Retard 6h	21
Retard 8h	16
Retard 10h	4
Retard 12h	-7
Retard 14h	-12
Retard 16h	-16
Retard 18h	-18
Retard 20h	-20

**Tableau 107 : Durance – Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes**

### Crues cévenoles

La situation est similaire pour les tests effectués sur les crues cévenoles avec cependant un impact plus faible jusqu'à 7 cm du fait de la moindre importance des crues de la Durance lors d'évènements cévenols. L'aménagement testé le plus aggravant est celui ayant pour effet de ralentir la pointe de crue de 4h.

	<b>Impact des aménagements (cm) de la Durance sur le Rhône pour les scénarios cévenols</b>
	<b>Beaucaire</b>
Avance 10h	-9
Avance 8h	-8
Avance 6h	-7
Avance 4h	-5
Avance 2h	-2
Retard 2h	4
Retard 4 h	7
Retard 6h	5
Retard 8h	2
Retard 10h	-1
Retard 12h	-2
Retard 14h	-4
Retard 16h	-6
Retard 18h	-8
Retard 20h	-10

**Tableau 108 : Durance – Impact des aménagements pour les crues cévenoles**

### Crues généralisées

En ce qui concerne les crues généralisées, la plage d'impact est faible, seuls trois aménagements aggravent la ligne d'eau à Beaucaire.

Un retard de 2 à 6h de la pointe de crue est fortement aggravant avec une augmentation de la ligne d'eau à Beaucaire supérieure à 10 cm, soit un débit de 200m<sup>3</sup>/s.

L'ensemble des aménagements d'accélération conduit à un impact bénéfique sur le Rhône au niveau de Beaucaire.

Impact des aménagements (cm) de la Durance sur le Rhône pour les scénarios généralisés	
	Beaucaire
Avance 10h	-5
Avance 8h	-4
Avance 6h	-3
Avance 4h	-1
Avance 2h	-1
Retard 2h	8
Retard 4 h	11
Retard 6h	6
Retard 8h	-1
Retard 10h	-2
Retard 12h	-4
Retard 14h	-6
Retard 16h	-7
Retard 18h	-9
Retard 20h	-10

**Tableau 109 : Durance – Impact des aménagements pour les crues généralisées**

### **Conclusion :**

Les aménagements testés sur la Durance sont aggravants lorsqu'ils retardent la pointe de crue de 2 à 10h. Les autres tests d'aménagements effectués sur la Durance c'est-à-dire le retard de la pointe de crue et l'avance de plus de 10 h n'impactent pas le Rhône à Beaucaire. Ils peuvent même dans l'ensemble atténuer la crue du Rhône.

## 3.22 Le Gard

### 3.22.1 Analyse des crues historiques du Rhône

Le bassin versant du Gard ou Gardon a une surface d'environ 2100km<sup>2</sup> et une longueur de cours d'eau de 127.4km. C'est le dernier affluent rive droite du Rhône.

Le bassin versant est composé de 2 sous bassins amont majeurs :

- Le Gardon d'Alès de 630km<sup>2</sup>
- Le Gardon d'Anduze de 450km<sup>2</sup>

L'ensemble du bassin versant est générateur de crues très rapides avec des débits très élevés.

La station hydrologique étudiée est la station de Remoulins.

Les débits de pointe ont été calculés dans l'étude de l'EGR avec la méthode du Gradex :

Période de retour (années)	Débits de pointe (m <sup>3</sup> /s)
2	860
10	1800
20	2865
50	3170
100	3745
500	5075
1000	5655

**Tableau 110 : Débits caractéristiques du Gard à Remoulins**

Les informations présentées dans le tableau ci-dessous sont issues de l'étude de l'EGR.

Le Gard n'est jamais en crue lors d'évènements océaniques et très rarement lors d'épisodes généralisés.

	Crue océaniques	Crues méditerranées	Crues cévenoles	Crues généralisées
Concomitance Forte	0%	0%	25%	0%
Concomitance faible/moyenne	0%	71%	63%	20%
Pas de crue de l'affluent	100%	29%	13%	80%

**Tableau 111 : Concomitance Gard/Rhône (EGR)**

#### Crues océaniques

Le Gard ne contribue pas aux crues océaniques du Rhône.

### Crués méditerranéennes

Les pluies méditerranéennes affectent couramment les bassins cévenols, dont le bassin du Gard. Le Gard est en crue dans 60 à 70% des cas lors d'épisodes méditerranéens, mais reste en avance par rapport au Rhône. Lors des événements de 1907 et 1951, le Gard était en crue ce qui a considérablement renforcé le débit du Rhône.

Sur les 24 crues étudiées, les données pour le Gard sont disponibles pour seulement deux événements méditerranéens, 1994 et 2003. Pour ces deux événements, le Gard est en crue moyenne, avec une période de retour comprise entre deux et dix ans.

Pour ces crues le Gard est respectivement en avance de 20h et 3h

### Crués cévenoles

Les pluies cévenoles génèrent 8 fois sur 10 des crues sur le Gard et 7 fois sur 10 le Gard est en avance sur le Rhône.

Sur les 24 crues étudiées, les données pour le Gard sont disponibles pour les événements de novembre 1996 et novembre 2002. Pour la crue de 1996, le Gard est en crue moyenne, avec une période de retour comprise entre deux et dix ans et a une avance sur le Rhône d'environ 5h. La concomitance reste par conséquent assez faible. On remarque que l'hydrogramme de l'Ardèche est pour cet événement très similaire à celui du Gard.

Pour la crue de 2002, le Gard est en crue exceptionnelle, et crée avec la Cèze une crue très forte du Rhône. Pour la crue de 2002, le Gard est en avance de 2h sur le Rhône.

### Crués généralisées :

Le Gard est très peu sollicité par les épisodes généralisés, en moyenne 2 fois sur 10 avec un risque de concomitance assez faible et une avance par rapport au Rhône.

Pour les crues généralisées étudiées, les données pour le Gard sont disponibles pour seulement deux crues (1993 -1994). Pour ces deux événements, le Gard n'est pas en crue.

## **Conclusion**

Le bassin versant du Gard est fortement soumis aux événements cévenols mais peut également jouer un rôle important dans les crues méditerranéennes et généralisées. Lors de l'événement de 2002, seuls la Cèze et le Gard étaient en crue très forte, créant ainsi une crue très forte sur le Rhône aval. Le décalage temporel moyen a été fixé à 6h d'avance par rapport au Rhône pour l'ensemble des événements.

### **3.22.2 Impact des aménagements**

Les résultats présentés dans les tableaux suivants, ne tiennent compte que des impacts pour lesquels le Rhône a un débit supérieur au débit de crue décennale.

Les tests d'aménagements sur le Gard ont été effectués pour les crues méditerranéennes, cévenoles et généralisées. Les résultats obtenus sont similaires sur les trois types de crues.

On remarque que pour un retard de 2h à 10h de la pointe de crue l'impact est aggravant, et ce plus particulièrement pour un retard de 6h. Les impacts observés sont très forts lors d'épisodes cévenols avec une augmentation de la ligne d'eau à Beaucaire supérieure à 40cm correspondant à environ 1000m<sup>3</sup>/s d'augmentation du débit. Pour les épisodes méditerranéens et généralisés les impacts sont plus faibles mais restent forts avec pour les crues méditerranéennes une augmentation du niveau à Beaucaire pouvant être supérieure à 10cm.

Les aménagements avançant la pointe de crue ont un impact neutre ou bénéfique.

<b>Impact des aménagements (cm) du Gard sur le Rhône pour les scénarios méditerranéens</b>	
<b>Beaucaire</b>	
Avance 10h	0
Avance 8h	0
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	4
Retard 4 h	8
Retard 6h	12
Retard 8h	7
Retard 10h	1
Retard 12h	0
Retard 14h	0
Retard 16h	0
Retard 18h	0
Retard 20h	0

**Tableau 112 : Gard – Impact des aménagements pour les crues méditerranéennes**

<b>Impact des aménagements (cm) du Gard sur le Rhône pour les scénarios cévenols</b>	
<b>Beaucaire</b>	
Avance 10h	-21
Avance 8h	-19
Avance 6h	-14
Avance 4h	-10
Avance 2h	-5
Retard 2h	16
Retard 4 h	31
Retard 6h	46
Retard 8h	33
Retard 10h	16
Retard 12h	-4
Retard 14h	-13
Retard 16h	-20
Retard 18h	-28
Retard 20h	-35

**Tableau 113 : Gard – Impact des aménagements pour les crues cévenoles**



Impact des aménagements (cm) du Gard sur le Rhône pour les scénarios généralisés	
Beaucaire	
Avance 10h	0
Avance 8h	0
Avance 6h	0
Avance 4h	0
Avance 2h	0
Retard 2h	3
Retard 4 h	5
Retard 6h	5
Retard 8h	2
Retard 10h	0
Retard 12h	0
Retard 14h	0
Retard 16h	0
Retard 18h	0
Retard 20h	0

**Tableau 114 : Gard – Impact des aménagements pour les crues généralisées**

**Conclusion :**

La totalité des aménagements testés sur le Gard visant à retarder la pointe de crue de 2 à 10h sont aggravants car on augmente la concomitance avec les affluents amont. La situation pour les épisodes cévenols est catastrophique.

Un retard de plus de 10h de la pointe de crue pourrait probablement atténuer la ligne d'eau à Beaucaire.

Les aménagements type accélération sont neutres ou bénéfiques pour tous les types d'événements.

## 3.23 Conclusions

L'objet de cette étude est l'analyse de la concomitance des affluents sur le Rhône et l'impact que des aménagements sur un affluent donné pourraient avoir sur le Rhône.

Des tests sur les aménagements conduisant à une accélération ou un ralentissement des écoulements, et donc une modification de l'heure du pic de crue à la confluence avec le Rhône ont été réalisés et permettent d'établir une grille d'analyse en fonction des aménagements réalisés et du type de crue.

Cette grille d'analyse a cependant été construite à partir d'un décalage temporel initial établi en fonction de l'étude des crues historiques, avec des données sur les crues historiques limitées et faisant apparaître pour de nombreux affluents une variabilité de ce décalage pour un même type de crue.

Les tests sur la Durance et sur le Fier, pour lesquels différents décalages temporels de référence ont été étudiés montrent que les impacts d'aménagements peuvent varier sensiblement selon le décalage initial retenu. Ces décalages ont été choisis en fonction des données disponibles et sont donc représentatifs de situations observées, mais ne prennent pas en compte l'ensemble des événements météorologiques possibles.

Les résultats issus de cette étude permettent donc d'évaluer pour un affluent donné et un aménagement donné son incidence sur la modification de la concomitance avec le Rhône, pour les conditions hydrologiques les plus courantes rencontrées. Mais tout projet d'aménagement important nécessitera une étude complémentaire plus complète prenant en compte l'ensemble des décalages temporels observés au cours des crues historiques. Cette analyse sera d'autant plus importante que les décalages observés pour les crues historiques sont variables.

Cette étude constitue une analyse globale qui permet d'apprécier en première approche l'impact de ces projets et propose des éléments méthodologiques et des hypothèses à prendre en compte pour une étude d'évaluation des impacts sur les crues du Rhône.

L'exemple sur la Durance montre l'analyse qui pourrait être faite pour un aménagement défini.



### Maitre d'œuvre

Siège social  
78, allée John Napier  
CS 89017  
34965 - Montpellier Cedex 2

Tél. : 04 67 99 22 00  
Fax : 04 67 65 03 18  
montpellier.egis-eau@egis.fr  
<http://www.egis-eau.fr>



### Maitre d'ouvrage

DREAL Rhône-Alpes  
Mission Rhône  
69 509 Lyon cedex

Tel : 04 37 48 36 22  
Fax : 04 37 48 36 02

### FINANCEURS :

