

PPRI de l'Isère en Combe de Savoie

2^{ème} partie

Présentation technique

Juin 2008

Sommaire

1. Données générales 1

1.1. Présentation de la zone d'étude.....	1
1.1.1. Cadre géographique	1
1.1.2. Climat.....	1
1.1.3. Contexte géologique	1
1.1.4. Réseau hydrographique.....	2
1.1.5. Contexte économique et humain.....	4
1.2. Historique des crues et des aménagements en Combe de Savoie	4
1.2.1. Principaux épisodes de crue.....	4
1.2.2. Travaux d'aménagement de l'Isère en Combe de Savoie.....	7
1.2.3. Phénomènes de crues et évolution de la Combe de Savoie	9
1.3. Etude hydromorphodynamique – Prise en compte de l'évolution du lit dans le PPRI	10
1.3.1. Evolution morphologique de l'Isère	10
1.3.2. Evolution des bancs	11
1.3.3. Bilan sédimentaire	12
1.3.4. Evolution prévisible du lit de l'Isère.....	14

2. Hydrologie des crues de l'Isère et de ses affluents 15

2.1. Régime hydrologique	15
2.2. Fonctionnement des aménagements hydroélectriques en crue	15
2.3. Crues caractéristiques de l'Isère	16
2.4. Scenarii pour la crue de projet de l'Isère	16
2.5. Crue centennale des affluents de l'Isère en Combe de Savoie	17

3. Etude des zones inondables et des aléas 19

3.1. Inondation par débordement de l'Isère	19
3.1.1. Modèle hydraulique réalisé.....	19
3.1.2. Zones d'échange entre le lit mineur et le lit majeur en crue centennale	20
3.1.3. Zones inondables par débordement de l'Isère	21
3.1.4. Durée de submersion	24
3.1.5. Laminage des crues.....	25
3.1.6. Cartographie des hauteurs d'eau.....	25
3.1.7. Cartographie des écoulements	25
3.1.8. Cartographie de l'aléa inondation par débordement de l'Isère....	26
3.2. Inondation par rupture de digues	26
3.2.1. Diagnostic des digues – identification des zones à risque	26
3.2.2. Impact hydraulique des ruptures de digues.....	28

3.2.3.	Cartographie de l'aléa inondation par rupture de digue.....	29
3.3.	Inondation par les affluents.....	29
3.3.1.	Etude hydraulique et modélisation	29
3.3.2.	Description des phénomènes d'inondation	30
3.3.3.	Cartographie des hauteurs de submersion.....	30
3.3.4.	Cartographie des vitesses d'écoulement	30
3.3.5.	Cartographie de l'aléa inondation par débordement des affluents	31
3.4.	Détermination de l'aléa résiduel	31
3.4.1.	Définition	31
3.4.2.	Zones concernées.....	32

1. Données générales

1.1. Présentation de la zone d'étude

1.1.1. Cadre géographique

Le territoire de la Combe de Savoie correspond à la plaine de l'Isère entre sa confluence avec l'Arly à Albertville et la frontière entre les départements de la Savoie et de l'Isère. La Combe de Savoie est une plaine alluviale de 2 à 3 kilomètres de large en moyenne, vestige des dernières glaciations. Elle est orientée du Nord - Est vers le Sud-Ouest et s'étend sur un linéaire de 40 kilomètres environ.

La zone de prescription du PPRI concerne les 29 communes implantées dans la Combe de Savoie proprement dite, d'Albertville à la limite du département de l'Isère en aval. Les études techniques ont toutefois été développées sur un territoire plus large, du barrage d'Aigueblanche à la limite avec le département de l'Isère pour les aspects hydromorphodynamiques et sur l'ensemble du bassin versant amont de l'Isère et de ses affluents pour les aspects hydrologiques.

1.1.2. Climat

Le climat de la Savoie est de type tempéré à tendance continentale. Comme dans toute zone montagneuse, l'influence du relief est importante et intervient fortement dans la modulation du climat, que ce soit pour l'intensité ou pour la répartition des précipitations. Les précipitations connaissent un maximum estival et prennent souvent un caractère orageux, parfois violent en montagne.

La neige est une composante essentielle du paysage hivernal savoyard. La restitution d'une bonne partie des précipitations hivernales est donc différée dans le temps, ce qui explique le régime d'étiage hivernal et de hautes eaux estivales des cours d'eau.

Les flux de sud génèrent des vents violents (föhn, lombarde) qui peuvent provoquer une accélération de la fonte des neiges et donc des crues.

1.1.3. Contexte géologique

La plaine alluviale de la Combe de Savoie sépare les massifs des Bauges (pré-alpes calcaires) et de Belledonne (massif cristallin externe) et s'insère dans le sillon alpin. La morphologie générale de la vallée en « U » est issue des différentes glaciations quaternaires. Le comblement progressif des lacs de fonte, puis l'apport torrentiel des matériaux issus de l'érosion ont contribué à créer la plaine alluviale.

Les terrains rencontrés dans les vallées sont ainsi constitués d'alluvions quaternaires, pouvant atteindre une épaisseur supérieure à 100 m. Le niveau de sismicité de la

Combe de Savoie est qualifié de faible mais des effets de site peuvent venir amplifier l'impact des séismes.

1.1.4. Réseau hydrographique

Le bassin versant de l'Isère au niveau de la Combe de Savoie couvre une superficie voisine de 4970 km². Il draine les eaux des massifs de la Tarentaise à l'Est, du Beaufortain et du Val d'Arly au Nord-Est, des contreforts sud des Bauges au Nord-Ouest et de la Maurienne et du Val Gelon au Sud.

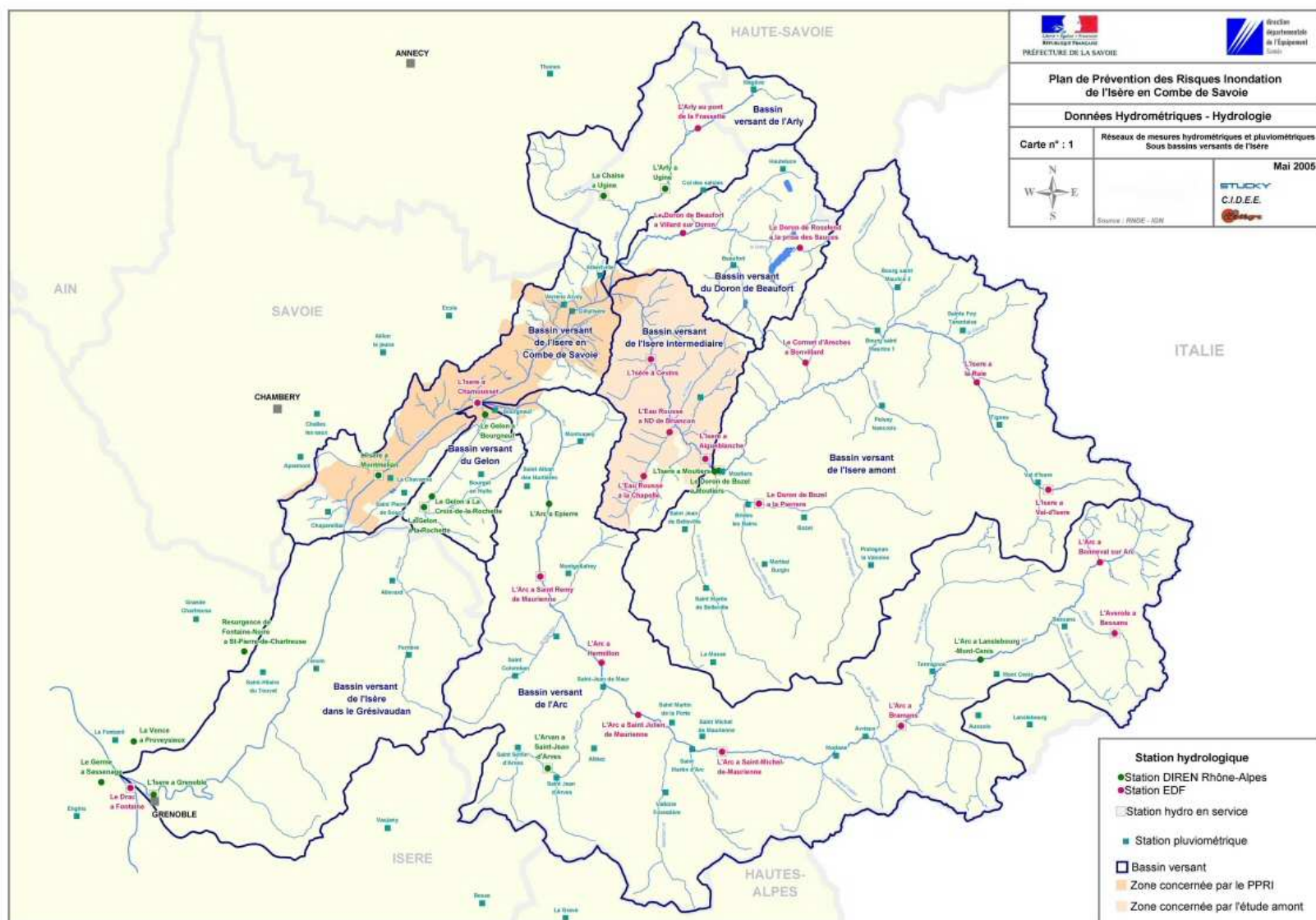
Le relief du bassin s'élève du Nord-Ouest vers le Sud-Est. Plus de la moitié du bassin de l'Isère est située au-dessus de 2000 mètres d'altitude.

En Combe de Savoie, l'Isère reçoit les apports de deux sous-bassins versants majeurs : l'Arly à Albertville (650 km²) et l'Arc à Chamousset (1960 km²). Elle reçoit également des apports mineurs en provenance de petits torrents, dont les crues peuvent toutefois se révéler violentes à l'occasion d'orages.

Les bassins versants de l'Isère et de l'Arc à l'amont de la Combe de Savoie sont équipés d'un grand nombre d'aménagements hydroélectriques ayant une influence sur le régime hydraulique, notamment:

- le barrage des Echelles d'Hannibal à Aigueblanche dévie jusqu'à 100 m³/s de l'Isère vers l'Arc à Randens.
- L'usine de la Bâthie, turbine les eaux du barrage de Roselend et rejette jusqu'à 50 m³/s dans l'Isère à l'amont d'Albertville.
- Les eaux de l'Arc sont prélevées à Saint Jean de Maurienne pour être turbinées à l'usine du Cheylas à Pontcharra puis rejetées à l'Isère (jusqu'à 80 m³/s).

Figure 1-1 : Carte du bassin versant de l'Isère



1.1.5. Contexte économique et humain

L'occupation des sols de la plaine de l'Isère en Combe de Savoie reste essentiellement agricole, les cœurs de village étant généralement implantés sur les piémonts, à l'exception de l'agglomération d'Albertville qui occupe largement la plaine rive droite en amont de la vallée.

Néanmoins, au cours des dernières décennies, et en l'absence d'événement de crue majeur, la croissance démographique et économique de la vallée a poussé certaines communes, faute de place adaptée ailleurs, à étendre l'urbanisation aux zones de plaine et de nombreuses zones d'habitat et d'activités se sont développées au pied des villages :

- Développement de l'habitat en zone de plaine, principalement à l'amont de la vallée, à Albertville, Grignon, Gilly...
- Zones d'activités à Albertville, Gilly, Notre-Dame des Millièrès, Tournon, Frontenex, Ste-Hélène-sur-Isère, Chamousset, St-Pierre d'Albigny, Coise, Cruet, Arbin, Montmélian, Francin.

La population des 29 communes (source INSEE) a connu l'évolution suivante lors des trois derniers recensements :

- 1982 : 39 544 habitants
- 1990 : 43 427 habitants
- 1999 : 46 719 habitants

Les deux principales communes sont Albertville (environ 17 000 habitants) et Montmélian (environ 4 000 habitants)

1.2. Historique des crues et des aménagements en Combe de Savoie

1.2.1. Principaux épisodes de crue

Aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle, le nombre de crues de l'Isère que l'on qualifierait aujourd'hui d'exceptionnelles a été particulièrement important. Cette répétition de crues aux très forts débits est liée à une période climatique qualifiée de « petit âge glaciaire » ayant entraîné une augmentation des précipitations, notamment sous forme de neige alimentant ensuite massivement les rivières lors de la fonte au printemps.

Les principaux événements dont on trouve un descriptif dans les documents d'archive sont les crues du 30/09/1732, du 14/09/1733 et du 26/10/1778, dues à des

pluies prolongées liées à un phénomène de fœhn faisant fondre la neige fraîche: elles ont ravagé les vallées de Tarentaise (notamment Moutiers et les salins de Conflans) et de Maurienne.

Concernant la Combe de Savoie, peu de récits sont disponibles car aucune urbanisation ne s'était encore développée à l'époque dans la plaine, du fait de l'insalubrité des lieux liée à la fréquence des crues et aux marais créés par les divagations du lit. La plaine a toutefois dû être largement inondée lors des différents épisodes de crues du XVIII^{ème} siècle, puisque la crue de 1778 a été l'un des facteurs déterminants dans la décision de mettre en œuvre l'endiguement de l'Isère et a servi de référence pour la délimitation de l'imposition (correspondant aux limites du Syndicat Arc-Isère).

Dès lors que les endiguements sont mis en place, de 1824 à 1854, la Combe de Savoie ne connaît plus d'inondations systématiques. Néanmoins, certaines crues majeures provoquent des brèches localisées, notamment dans les secteurs où les aménagements ne sont pas définitivement consolidés, comme c'est le cas en 1833 à Francin, en 1837 à Tournon, Gilly et Frontenex, en 1847 à Aiton, en 1851 à Planaise et en 1856 sur l'Arc à Bourgneuf.

Le 1^{er} novembre 1859 se produit la crue qui reste dans les mémoires comme la crue de référence de l'Isère depuis l'endiguement (1561 m³/s à l'aval de la confluence Arc-Isère). Comme les autres crues d'automne, elle est liée à des précipitations prolongées et à une fonte des premières neiges due à un flux de sud.

Elle se caractérise par de larges débordements dans la plaine, aussi bien en rive gauche qu'en rive droite, provoqués notamment par des surverses et des ruptures de la digue en plusieurs endroits. Seules les communes de la Chavanne, Sainte Hélène du Lac et Laissaud semblent avoir été épargnées.

Suite à la crue de 1859, de lourdes dépenses sont engagées pour réparer, consolider et exhausser les digues. Depuis cette époque, aucun dégât important n'a été recensé.

La plus forte crue recensée depuis le début du XX^{ème} siècle est celle du 15 septembre 1940 qui a provoqué des surverses en rive droite à l'amont de Montmélian. Depuis, et jusqu'en janvier 2004, aucun événement débordant n'est survenu, mais on retiendra l'influence des extractions dans le lit entre 1960 et 1980 qui ont contribué à une augmentation de la capacité du lit (mais aussi à l'endommagement des ponts et des digues).

Depuis peu, conséquence de l'arrêt des extractions, la capacité du lit semble se réduire et la crue du 14 janvier 2004, pourtant moyenne (641 m³/s à Montmélian), a généré quelques débordements au-dessus des digues aux environs de Grésy.

Tableau 1-1 : Synthèse de la chronologie des crues de l'Isère

date	débit	événements
14/11/1651	2500 m³/s à Grenoble (6,5 m)	Crue exceptionnelle – pas de référence exploitable
30/11/1651	2500 m³/s à Grenoble (6,5 m)	Crue exceptionnelle – pas de référence exploitable
30/09/1732		neige précoce+redoux+pluie. tous les ponts sur l'Isère emportés de Tignes à Grenoble sauf celui d'Aigueblanche (crue violente sur le haut bassin de l'Isère, Arbonne atteint le 2ème étage à Bourg st Maurice). Inondation totale du bourg de la Léchère
14/09/1733	1900 m³/s à Grenoble (5,57 m)	Crue exceptionnelle : pluie forte et prolongée en Tarentaise - A Moutiers crue supérieure d'une coudée à celle de 1732 - gros dégâts à Moutiers, rdch prison inondé, tous les ponts sont emportés - durée 1er pic: 9h à Moutiers puis 2ème pic - durée inondations:8 jours
21/12/1740	1980 m³/s (5,7 m) à Grenoble	Crue exceptionnelle – pas de référence exploitable
26/10/1778	1820 m³/s à Grenoble (5,4 m)	Crue exceptionnelle : pluies continues depuis le début du mois avec accentuation sur les quelques jours précédant la crue - destruction des ponts de Conflans et des Chèvres, Salins inondés
1832		endommagement de la digue rive droite à Francin
06/1837		Surverse sur la digue en rive droite entre Gilly et Frontenex
17/05/1847		brèches en 2 endroits en rive gauche, inondation de la plaine d'Aiton et submersion de la route provinciale d'Albertville
01/08/1851	2,5 m à Grenoble	rupture de la digue rive gauche à hauteur de Planaise, inondation de toute la plaine jusqu'à la frontière française, coupure de la route de Turin sur 200 m. Entre Montmélian et la Chavanne, 300 m de largeur pour 2 m de profondeur.
14/08/1852	3 m à Grenoble	destruction du pont de service de la carrière en bas de Cruet, destruction du pont du Bourget au pied du fort de Miolans
06/1855		rupture de digue sur le territoire de Planaise
31/05/1856	1120 m³/s (3,8 m) à Grenoble	Forte crue : inondation de 9000 ha en Combe de Savoie, surtout à l'aval du confluent de l'Arc. Rupture de la digue de l'Arc rive gauche, destruction du remblai de chemin de fer et de la digue vers la confluence du Gélon
01/11/1859	800 m³/s amont confluence Arc – 1560 m³/s aval confluence Arc – 1800 m³/s à Grenoble (5,35 m)	Crue exceptionnelle
01/11/1870		deux travées du CC69 emportées au pont de Frontenex
15/07/1879		débordement à Francin et Montmélian, peu de dégâts
1895		débordement sur 800 m de long en aval du pont de Grésy
27/06/1910	900 m³/s à Grenoble	débordement entre le pont de Frontenex et le pont de Grésy
1920		débordement à proximité du pont des Anglais
1928		Forte crue : dégâts dans le secteur du pont Albertin
10/06/1937	3.2 m à Grenoble	débordement sur 200 m de long à Cruet
1940		Forte crue : surverse sur 14 km entre Pont Royal et Montmélian avec des hauteurs pouvant atteindre 60 cm par endroits
30/09/1960		digue endommagée à Frontenex sur le ruisseau, affouillements à l'arrière des digues du ruisseau le Gargot, engravement du Gélon
11/10/1981		Destruction du pont Mollard, affouillement du pont Morens
14/05/1999	1067 m³/s à Pont Royal ? - 655 m³/s à Montmélian	Période de retour évaluée à 10 ans – aucune surverse au-dessus des digues mais débordements des affluents dus au niveau élevé de l'Isère et remontée de l'Isère par les ouvrages traversants.
22/03/2001	762 m³/s à Montmélian	Evénement figurant dans la bibliographie mais sans détail
14/01/2004	641 m³/s à Montmélian	Limite de débordement en rive droite à l'aval du pont de Grésy – débordements limités en rive gauche de part et d'autre du pont de Grésy

1.2.2. Travaux d'aménagement de l'Isère en Combe de Savoie

Travaux d'endiguement

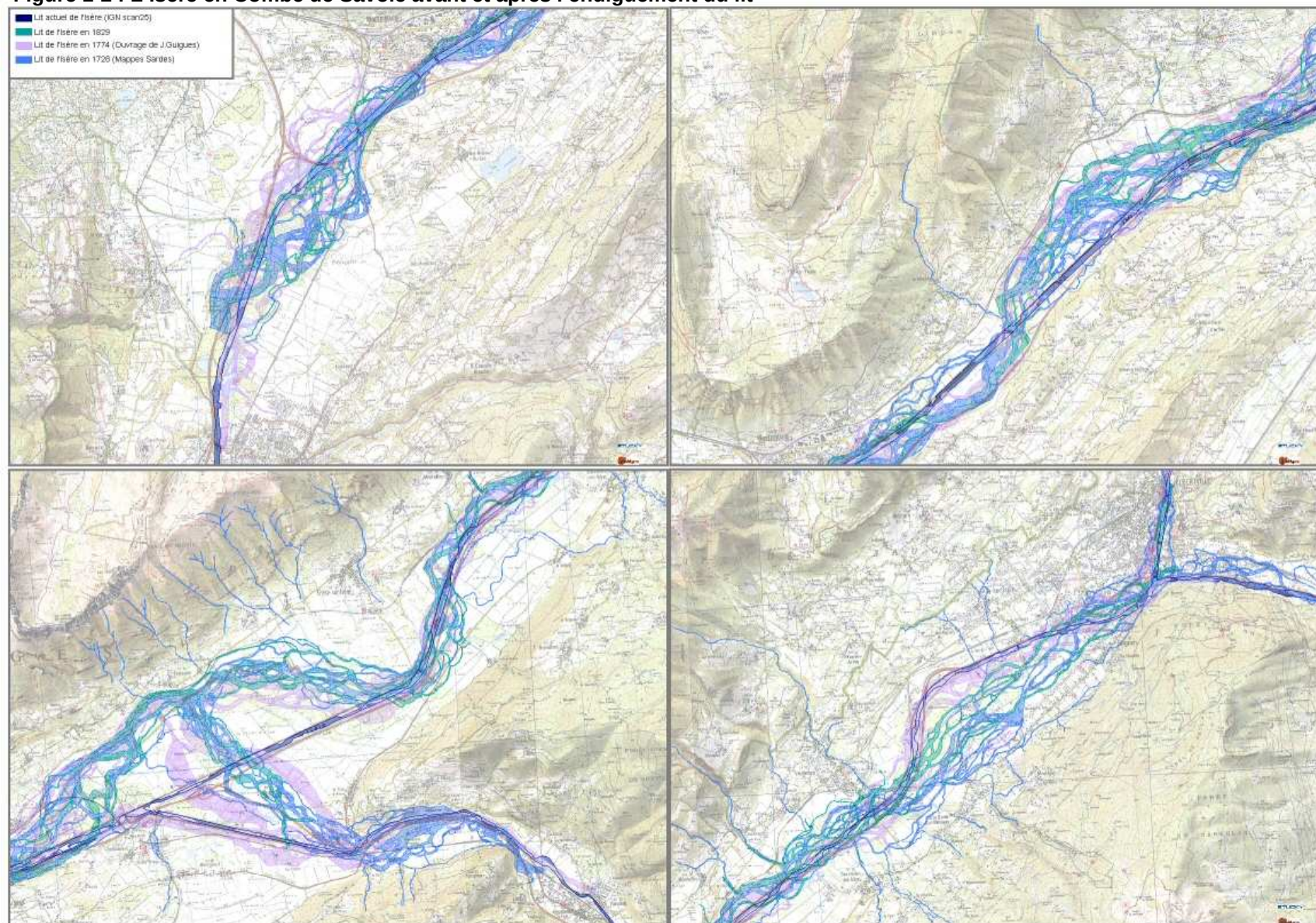
La répétition des crues et les mouvements latéraux du lit posaient de multiples problèmes :

- impossibilité de développer l'activité agricole dans la vallée ;
- impossibilité d'y construire des voies de circulation et notamment des ponts sur l'Isère.
- des problèmes de salubrité du fait de l'existence de vastes zones marécageuses.

A la suite des fortes inondations de 1778, le gouvernement sarde se décide à engager un vaste programme de travaux d'endiguement du lit de l'Isère afin de diminuer la fréquence des inondations de la plaine et stopper les divagations de l'Isère pour pouvoir ainsi mettre à profit les terrains bas. Après plusieurs années de réflexion, au cours desquelles la Savoie a été successivement rattachée à la France à la Révolution puis restituée au royaume de Piémont-Sardaigne, le projet définitif voit enfin le jour et les travaux commencent en 1824 sur l'Isère et en 1830 sur l'Arc.

La construction proprement dite des endiguements s'étale sur trente années, de 1824 à 1854. Pour des raisons principalement financières, et également pour faciliter les travaux nécessaires à la bonification des terres (projet de colmatage par surverse sur les digues), il est décidé que les digues seront d'abord élevées au niveau des crues ordinaires (soit environ 2,5 mètres au-dessus du lit de l'époque) Les ingénieurs comptent également sur un enfoncement naturel du lit consécutif à la réduction de largeur, phénomène qui améliorerait à lui seul la protection. Les digues pourraient être ensuite exhausées et confortées au besoin pour les rendre au final quasi insubmersibles.

Figure 1-2 : L'Isère en Combe de Savoie avant et après l'endiguement du lit



Réparation et entretien des digues

Le 1^{er} janvier 1854 est fondé un consortium des propriétaires riverains pour l'entretien des digues, qui sera remplacé après l'annexion en 1860 par le Syndicat de l'Isère et de l'Arc.

La crue de 1859 montre l'insuffisance des défenses élevées contre les eaux et un vaste programme d'urgence de réparation des brèches, consolidation et exhaussement est lancé en 1860-1861.

Par la suite, de nombreux projets sont élaborés pour améliorer la protection mais les moyens du Syndicat sont insuffisants pour réaliser des projets ambitieux.

Le SISARC, syndicat mixte pour l'entretien des digues rassemblant communes et conseil général, a été créé récemment pour remplacer l'ancien syndicat et est doté de moyens plus importants.

Colmatage et assainissement

En accompagnement des travaux d'endiguement, l'aménagement de la plaine est entrepris pour valoriser les terres à des fins agricoles et pour développer les axes de circulation et d'échange par création de nombreux ponts.

Les zones humides de la plaine isolées par les digues sont remblayées par casiers successifs à l'aide des limons transportés par les eaux de fonte (fin du XIX^{ème} siècle), puis un réseau de drainage est réalisé pour l'assainissement de certains secteurs et pour l'évacuation des eaux des affluents (fin du XIX^{ème} puis milieu du XX^{ème} siècle).

Travaux de dragage dans le lit

Entre 1950 et 1980, le développement économique de la vallée s'est accompagné d'une forte demande en sables et graviers pour les besoins du bâtiment et des travaux publics. Les prélèvements de matériaux ont été réalisés soit directement dans le lit de l'Isère à l'aide de dragues fixes et mobiles, soit dans des gravières situées en périphérie du lit en de nombreux points entre Tours en Savoie et la limite du département, entraînant en certains endroits un approfondissement du lit de 2 à 3 m. Les extractions en rivière ont cessé en 1982, suite notamment à l'effondrement du pont des Molettes à Montmélian lors de la crue d'octobre 1981.

1.2.3. Phénomènes de crues et évolution de la Combe de Savoie

L'analyse des documents historiques et de la topographie amène à considérer qu'avant l'endiguement l'ensemble de la plaine jusqu'au pied des coteaux était inondable.

Après l'endiguement, les inondations sont généralement plus localisées au gré des ruptures de digues et des remontées dans les canaux affluents. La crue de 1859

provoque néanmoins des inondations très étendues, touchant toute la plaine rive gauche jusqu'à la Chavanne et la plaine rive droite de Tournon jusqu'à la frontière, aujourd'hui limite du département. Bien que les endiguements de l'époque aient été rehaussés et consolidés par la suite et que les terrains de la plaine aient encore été colmatés, un événement d'une telle ampleur provoquerait probablement des débordements similaires de nos jours.

Les crues du début du XX^{ème} siècle, d'occurrence rare mais non exceptionnelle, ont rappelé que les digues peuvent encore être submergées par endroits, particulièrement aux environs du pont de Grésy et en rive droite entre Saint Pierre d'Albigny et Montmélian, notamment lorsque le lit est encombré. Après une période de relative sécurité suite aux extractions massives qui ont approfondi le lit, les crues récentes de 1999, 2001 ou 2004 ont démontré la faiblesse de la revanche disponible vis à vis du risque de surverse au-dessus des digues dans ces mêmes secteurs.

Ce constat est d'autant plus inquiétant qu'avec le temps, la plaine semblant protégée de tout risque d'inondation vis à vis des crues les plus courantes, les activités humaines, tout d'abord limitées à l'agriculture, se sont diversifiées principalement dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle par développement de zones artisanales et industrielles, d'infrastructures routières et autoroutières, d'aménagements touristiques, d'exploitations agricoles et localement de résidences.

1.3. Etude hydromorphodynamique – Prise en compte de l'évolution du lit dans le PPRI

1.3.1. Evolution morphologique de l'Isère

Evolution en plan

Avant l'endiguement, l'Isère évoluait dans un vaste lit en tresses qui occupait la majeure partie de la plaine et pouvait se déplacer de plusieurs centaines de mètres à chaque forte crue. Certains aspects caractéristiques peuvent être signalés :

- l'alternance de tronçons à forte et à faible mobilité latérale liée à la géologie ;
- le positionnement relativement constant du lit moyen de l'Isère malgré la largeur de divagation, qui se traduit en particulier par la bonne superposition aux limites communales ;
- la comparaison des tracés historiques et de la morphologie actuelle de la vallée permet de retrouver les axes anciens d'écoulement soit que les dépressions restent incultes et occupées par des boisements humides, soit que des zones de plans d'eau ou de prairies humides persistent, soit que les anciens tracés de l'Isère servent d'axes de drainage de la plaine.

Evolution du profil en long

Avant l'endiguement, l'Isère présentait une pente assez régulière, de l'ordre de 1,7‰, qui est celle de la vallée. L'endiguement a contraint le lit de l'Isère et a accentué artificiellement sa pente.

Entre 1860 et le milieu du XX^{ème} siècle, contrairement à ce qui avait été envisagé par les concepteurs, le lit s'est exhaussé de façon générale, sauf à l'aval de Montmélian et des problèmes de remontées d'eau dans les terrains sont apparus. Cet exhaussement a même abouti à des phénomènes locaux de surverse au-dessus des digues.

A partir du milieu du XX^{ème} siècle, l'évolution du lit est influencée par les extractions de matériaux et la modification des régimes liée à la création des aménagements hydroélectriques. Les profondeurs les plus importantes du lit se rencontraient au droit des zones de dragage, mais l'effet de ces extractions se propageait vers l'amont si bien que l'ensemble du lit se trouvait affecté de manière importante et finissait par menacer la stabilité de certains ouvrages. Les dommages occasionnés sur le pont SNCF de Montmélian en 1979 et sur le Pont des Molettes en 1981 ont eu pour conséquence l'arrêt des extractions dans le lit de l'Isère.

A la suite des projets de confortement d'ouvrages et de l'arrêt des extractions, le niveau des fonds s'est stabilisé ; l'examen des profils en long de 1993 indique même une tendance à la rehausse dans certains secteurs.

1.3.2. Evolution des bancs

Depuis les années 1950-1960, l'emprise des bancs à l'intérieur du chenal d'écoulement de l'Isère et leur niveau de fixation par la végétation n'ont cessé d'augmenter. Ceci est lié à la fois au changement de régime hydrologique généré par les aménagements hydroélectriques qui effacent les petites crues, et aussi aux extractions pratiquées de manière massive dans certains secteurs du lit et qui ont perché certains bancs. Ainsi à chaque crue, la végétation en place favorise par effet de peigne le dépôt des matériaux fins (sables, limons) augmentant d'autant la hauteur des bancs. Ce phénomène auto-entretenu induit une diminution de la section d'écoulement disponible dans le lit de l'Isère et donc une augmentation des fréquences de débordement. L'implantation des bancs et leur emprise génèrent également un creusement du lit en pied de berge opposée, compromettant à terme la stabilité des digues.

- A l'aval immédiat d'Albertville, les bancs sont très élevés et végétalisés, ils occupent une surface importante dans le lit ;
- du pont de Gilly au pont de Frontenex, l'emprise des bancs est moindre, la végétation moins développée ;

- entre le pont de Frontenex et la confluence avec l'Arc, la hauteur des bancs et par-là même leur emprise dans le lit de l'Isère augmentent ;
- à l'aval de la confluence avec l'Arc, le fonctionnement hydromorphodynamique du lit est directement influencé par la configuration de la confluence qui repousse les eaux de l'Isère vers la rive droite. Celles-ci viennent buter contre la digue et sont rejetées vers la rive gauche. Un méandrage s'installe favorisant l'implantation et le développement des bancs.
- plus à l'aval, la longueur des bancs tend vers une valeur proche de 60m, alors que leur hauteur et leur niveau de fixation par la végétation de manière générale ne cessent d'augmenter.

Les bancs totalement végétalisés (occupant une surface de 28% du lit de l'Isère en 2005 en Combe de Savoie) ne sont mobilisables que pour des crues extrêmement importantes. Les bancs amorçant un développement végétal (végétation herbacée basse ou buissons clairsemés) présentent une fréquence de mobilisation supérieure à 1 an en amont de la confluence avec l'Arc, et légèrement inférieure en aval. La végétation de ces bancs a donc potentiellement le temps de se développer et seule une crue relativement importante l'année suivante peut permettre de remobiliser le banc...

1.3.3. Bilan sédimentaire

Etude des apports sédimentaires des torrents affluents à l'Isère

A l'aval d'Albertville, le volume d'apport en matériaux à l'Isère par les affluents est négligeable (Isère endigué, matériaux déposés sur les cônes de déjection des torrents non mobilisables). Entre le barrage d'Aigueblanche et Albertville, les volumes d'apport estimés (ordres de grandeur) sont les suivants :

Tableau 1-2 : Volumes d'apports de sédiments à l'Isère (en m³) pour des événements de périodes de retour T 10 et 100 ans

Nom du torrent	T = 10 ans	T = 100 ans
Le Sécheron	1 000	3 500
Le Nant noir	1 750	14 900
Le Bayet	3 500	12 400
Rau de Vilargerel	1 200	4 200
Torrent de Glaize	6 000	21 000

Bilan sédimentaire

Comparaison 1999 – 2005 : Albertville – Confluence avec l'Arc

Sur cette période, l'Isère a exhaussé son lit tout au long du tronçon à l'exception de trois secteurs : au droit du Pont de Tournon, au droit de l'exutoire du Merderet et un

peu plus en aval au droit d'Aiton. Ces 3 zones correspondent à une érosion de la partie haute de section ou plus exactement à un déplacement de bancs vers l'aval.

La partie inférieure des sections de l'Isère (lit actif) s'est exhaussée sur tout le linéaire sauf au droit de l'exutoire du Merderet où le banc s'est déplacé. Les volumes stockés dans la partie basse représentent moins de 100 000 m³. On peut supposer que la majeure partie de ce volume est constituée de matériaux graveleux.

Les dépôts en parties supérieures de section (bancs) sont nettement plus importants que ceux de la partie basse, en termes de hauteur de dépôts (jusqu'à 80 cm) et de volumes cumulés (300 000 m³). Il y a donc un stockage des fines relativement important dans la partie supérieure des profils tout du long du tronçon.

Comparaison 1972 – 2005 : Confluence avec l'Arc – Limite du département

L'exhaussement sur cette période est continu depuis la confluence avec l'Arc jusqu'au seuil de Montmélian. A l'aval du seuil la section totale d'écoulement actuelle est approximativement la même qu'en 1972.

En partie basse, le lit de l'Isère s'est légèrement exhaussé jusqu'au seuil de Montmélian. Par contre, à l'aval, les conséquences des extractions massives sont toujours visibles ; le lit actuel est en moyenne 1 m plus bas qu'en 1972 en amont du pont de l'A43 et 0.4 m plus bas en aval.

Sur la partie haute, les dépôts sont très importants. L'exhaussement est continu et régulier entre la confluence avec l'Arc et le pont de Coise. Entre le pont de Coise et le Pont des Anglais, on observe une zone stable sans dépôt de fines sur les bancs. Par contre à l'aval, là où le lit de l'Isère s'était le plus abaissé durant la période des extractions, les dépôts sont extrêmement importants et continus.

Capacité de transport

En amont de la confluence avec l'Arly, les débits de début d'entraînement des matériaux solides du lit de l'Isère ont peu varié depuis 1909 (de l'ordre de 60 à 70 m³/s). Cependant, du fait de la mise en service du barrage d'Aigueblanche, les débits de crue annuelle ont fortement diminué et se trouvent aujourd'hui inférieurs aux débits de début d'entraînement. La capacité de transport solide par charriage annuel ou bi-annuel est donc très faible.

De la confluence avec l'Arly jusqu'à la confluence avec l'Arc, la pente du lit a globalement diminué augmentant par-là même le débit nécessaire au début d'entraînement des matériaux. Les débits de crue annuelle sont inférieurs de 40 % aux débits du début du siècle. La capacité de transport par charriage annuel ou bi-annuel reste faible.

A l'aval de la confluence avec l'Arc, l'influence du barrage se fait moins ressentir. Par contre les variations de pente du lit sont plus importantes du fait des extractions

massives du début du siècle, ce qui explique des variations de la capacité de transport.

1.3.4. Evolution prévisible du lit de l'Isère

A l'amont de la confluence avec l'Arc

Les bancs ont tendance à s'élever et se végétaliser, induisant une augmentation de la ligne d'eau en crue. La forte influence hydrologique du barrage d'Aigueblanche tend à uniformiser le cours d'eau vers un lit à méandres avec le régime hydrologique actuel. Si aucune action n'est entreprise, les bancs non végétalisés vont continuer à évoluer pour finalement se placer en alternance et se fixer par la végétation comme c'est déjà le cas sur la majorité des tronçons. Les sédiments fins continueront à se déposer à chaque crue augmentant la hauteur des bancs.

Le fond du lit de l'Isère est globalement stable. Les plus fortes évolutions sont à mettre à l'actif du passé. Les exhaussements ou enfoncements du lit sont plutôt de l'ordre de la respiration naturelle. Les ponts ont une influence sur l'hydromorphodynamique du lit : un exhaussement du fond est observé en amont, suivi d'une légère érosion en aval.

A l'aval de la confluence avec l'Arc

L'influence du barrage d'Aigueblanche est moindre en aval de la confluence avec l'Arc. L'implantation des bancs est principalement liée aux extractions passées.

Les bancs totalement végétalisés ne peuvent être mobilisés que pour des crues extrêmes et vont continuer à s'exhausser. Les bancs en cours de végétalisation sont plus souvent mobilisables que sur le tronçon amont, le régime de l'Isère étant moins perturbé par les aménagements hydroélectriques.

Le fond du lit de l'Isère est ici aussi globalement stable. L'influence des ponts est vérifiée. En amont du seuil de Montmélian, le lit tend à s'exhausser et par-là même à augmenter sa pente.

Aménagements proposés

Pour réduire le risque d'inondation en Combe de Savoie et éviter l'aggravation des phénomènes de débordement liée au développement des bancs dans le lit de l'Isère, des aménagements du lit ont été étudiés. Ces aménagements sont conçus de manière à prendre en compte l'ensemble des enjeux : stabilité des digues et des ouvrages, risque d'inondation, enjeux environnementaux et patrimoniaux... Ils ne permettent pas de supprimer le risque de débordement lié à une crue centennale de l'Isère mais contribuent à augmenter la capacité du lit et donc diminuer la fréquence des débordements, et à redonner de la mobilité aux bancs.

2. Hydrologie des crues de l'Isère et de ses affluents

2.1. Régime hydrologique

Le régime observé sur l'Isère amont et sur l'Arc est de type pluvio-nival, caractérisé par une période d'étiage marquée en hiver et une période de hautes eaux de la fin du printemps au début de l'été.

Les grosses installations hydroélectriques, mises en place dans les années 1950 sur le bassin de l'Isère et à la fin des années 1960 sur le bassin de l'Arc, perturbent le régime alpin en réduisant l'amplitude des variations saisonnières : les débits d'étiage sont plus soutenus d'octobre à avril et les hautes eaux de fonte ont des débits plus faibles entre mai et septembre.

Sur le bassin de l'Arly, le régime hydrométrique est à dominante pluviale : l'alternance d'étiage d'hiver et de hautes eaux de printemps, typique sur les bassins de l'Isère amont et de l'Arc, est peu marquée sur ce cours d'eau, ce qui peut s'expliquer par l'altitude moyenne du bassin versant et donc le faible enneigement, puis par sa position géographique sous l'influence plus marqué du flux d'ouest.

En Combe de Savoie, le régime a encore un caractère alpin mais l'influence des bassins à dominante pluviale, conjuguée à celle des aménagements hydroélectriques le font tendre vers un régime mixte, avec notamment de possibles périodes de hautes eaux en hiver.

Les forts débits peuvent survenir à toute époque de l'année pour l'Isère en Combe de Savoie alors que pour les sous-bassins amont, les crues se produisent essentiellement sur la période allant de l'été au début de l'hiver.

2.2. Fonctionnement des aménagements hydroélectriques en crue

La mission principale de production d'électricité assignée aux différents ouvrages implique un stockage d'eau pendant la période de fonte des neiges et le début de l'automne (mai à septembre), période la plus propice aux fortes crues. En outre, *ces retenues n'ont pas pour fonction d'écarter les fortes crues*, si bien qu'il n'y a pas de règle spécifique destinée à optimiser l'écarterement des crues, et la gestion est orientée vers la mise en transparence des ouvrages si le niveau de remplissage visé est atteint. De ce fait, la capacité de laminage des retenues pour les fortes crues, notamment la crue centennale, est considérée comme négligeable.

En revanche, l'étude des chroniques de débit montre que l'impact est significatif pour les crues fréquentes (1 à 2 ans) dont les débits se trouvent fortement écartés (plus de 50%). Cette suppression des crues faibles a des conséquences importantes sur le transport solide et contribue notamment à l'engraissement des bancs dans le lit de l'Isère en Combe de Savoie.

2.3. Crues caractéristiques de l'Isère

Tableau 2-3 : Débits maximaux pour différentes périodes de retour T

Bassin	Surface (km ²)	T= 2 ans (m ³ /s)	T= 5 ans (m ³ /s)	T = 10 ans (m ³ /s)	T= 30 ans (m ³ /s)	T= 50 ans (m ³ /s)	T= 100 ans (m ³ /s)
Arly à l'amont d'Albertville	647	220	325	385	505	560	660
Isère à l'amont d'Albertville	1886	205	280	320	440	540	730
Isère à l'aval d'Albertville	2533	290	415	490	705	885	1170
Arc à Chamousset	1980	240	390	485	685	845	1110
Gelon à Chamousset	120	15	20	22	36	43	56
Isère à l'aval de la confluence Arc-Isère	4849	565	705	800	1115	1400	1850

L'apport de l'ensemble des petits affluents de l'Isère en Combe de Savoie (y compris le Gelon) pour la crue centennale est estimé à 200 m³/s.

Les estimations de débit de pointe pour la crue centennale sont supérieures d'environ 10% à celles fournies dans les études anciennes. Le débit de pointe centennal de l'Isère à l'aval de la confluence Arc-Isère est cohérent avec la valeur retenue pour le PPRI dans le Grésivaudan.

2.4. Scénarii pour la crue de projet de l'Isère

La crue retenue sur l'Isère pour l'établissement du présent PPRI est la crue centennale. Le débit estimé à la sortie de la Combe de Savoie pour cette occurrence est de l'ordre de celui observé lors de la crue de 1859.

L'analyse des épisodes de crues historiques montre qu'on peut distinguer deux événements « type » pour les crues de l'Isère en Combe de Savoie :

- une crue conjointe de l'Arly et de l'Isère amont avec une contribution de l'Arc moins importante ;
- une crue de l'Arc conjointe à une crue de l'Isère amont moins importante avec un apport négligeable de l'Arly.

Deux scénarii ont été bâtis à partir de ces deux événements types.

Le premier scénario est associé à une perturbation venant de l'ouest et provoquant une forte crue de l'Arly et de l'Isère amont de temps de retour centennal en aval d'Albertville. Deux variantes sont définies avec une crue centennale de l'Arly (Scénario 1) et un complément de l'Isère amont puis une crue centennale de l'Isère amont (Scénario 1 bis) avec un complément de l'Arly.

Le second scénario est associé à un phénomène de Lombarde provoquant une crue centennale de l'Arc à Chamousset.

Tableau 2-4 : Composition de la crue de projet pour les deux scénarios retenus

	Scénario 1 et 1 bis		Scénario 2
Description	Flux d'ouest Forte crue de l'Arly et de l'Isère amont		Flux de sud (Lombardes) Forte crue de l'Arc
Débit de l'Arly à Albertville (m³/s)	660 (T=100 ans)	440 (T=20 ans)	200 (T=2 ans)
Débit de l'Isère à Albertville (m³/s)	510 (T=30-50 ans)	730 (T=100 ans)	550 (T=50 ans)
Débit de l'Isère à l'aval d'Albertville (m³/s)	1170 (T=100 ans)	1170 (T=100 ans)	750 (T=30 ans)
Débit de l'Arc à Chamousset (m³/s)	510+90 (T=20 ans)	510+90 (T=20 ans)	1110 (T=100 ans)
Gelon à La Rochette (m³/s)	28 (T=10 ans)	28 (T=10 ans)	12 (T=2 ans)
Petits affluents en Combe de Savoie (m³/s)	120 (T=10 ans)	120 (T=10 ans)	50 (T=2 ans)
Débit de l'Isère à Montmélian (m³/s)	#1850 (T=100 ans)	#1850 (T=100 ans)	#1850 (T=100 ans)

2.5. Crue centennale des affluents de l'Isère en Combe de Savoie

Tableau 2-5 : Débit centennal pour les petits affluents de l'Isère en Combe de Savoie

Cours d'eau	Surface du bassin versant(km²)	Q ₁₀₀ (m³/s)
Nant Pottier	5,4	12,3
Chiriac	16,7	31,1
Trois Nants	6,3	15,2
Verrens	13	25,2
Combe	5	14,1
Fournieux	6,5	15,9
Chagne	3,3	10,9
Etang	2,1	7,3
Lavanches	6,1	15,7
Villard	1	4,4
Cruet	0,6	3,2
Dom Girard	1	5,2
Colonne et Raffoux	2,4	8,4
Cayan	1,5	6,3
Corniole, Plan Cruet et Varand	2,3	7,6
Croc et Salins	2,6	8,4
Favasset	2,6	10,2
Gargot	9	19,6
Morbié	7,2	17,2
Carnavet	1,8	5,4
St-Philippe	2,2	7,3
Crousaz	6,7	16,6
Crouza	1,8	5,9
Biale de Grignon	3,8	7,7

Cours d'eau	Surface du bassin versant(km ²)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)
Hermettaz	3,3	10,8
Fontaine Claire	3,5	11,5
Combaz	5,1	13,3
Rotey	1,8	5,9
Tuile	4,2	12,0
Nant Bruyant	12,7	25,7
Merderet	5,1	12,2
Affluents Aitelène amont	2,6	8,4
Gros Chêne	2,6	8,5
Chez Grey et Cézalet	2,6	8,3

Pour la modélisation de la crue centennale sur les affluents, l'Isère est considérée en crue décennale.

3. Etude des zones inondables et des aléas

La cartographie des zones inondables et de l'aléa inondation résulte de l'étude de trois types de phénomènes pouvant toucher la Combe de Savoie :

- l'inondation par débordement de l'Isère en crue centennale ;
- l'inondation par rupture des digues de l'Isère en crue centennale ;
- l'inondation par débordement des affluents en crue centennale.

L'ensemble des études de zones inondables a été fait en considérant l'état actuel du lit endigué de l'Isère et de la plaine d'inondation.

3.1. Inondation par débordement de l'Isère

3.1.1. Modèle hydraulique réalisé

Etant donnée la structure de la zone d'étude, comportant un lit mineur endigué et un cloisonnement transversal dans le lit majeur, le type de modèle mathématique réalisé est un modèle pseudo bidimensionnel ou modèle « à casiers ». Il s'appuie sur des éléments de topographie récents et détaillés, levés en 2004.

Le modèle du lit endigué de l'Isère en Combe de Savoie présente un linéaire de 43 km dont 2,8 km à l'amont de la confluence avec l'Arly, 19,9 km entre cette confluence et la confluence avec l'Arc et 20,3 km à l'aval de la confluence avec l'Arc. L'Arc a été modélisé sur un linéaire de 3,7 km et l'Arly sur 2,1 km.

Au droit des zones de débordement ou de remontée dans les ouvrages traversants sous les digues, la plaine inondable a été découpée en casiers de taille variable dont les limites s'appuient généralement sur les éléments structurants (routes, ruisseaux perchés, remblais...).

Les échanges entre les différents éléments topologiques du modèle sont effectués par un ensemble de liaisons soit de type écoulement libre conditionné par la géométrie et la rugosité du sol, en l'absence d'élément structurant réel, soit de type singularité (déversement sur digue ou remblai, passages inférieurs et dalots d'échange jouant le rôle d'orifice).

Le calage du modèle a été réalisé à partir des cotes d'eau levées lors de la campagne topographique et des éléments connus sur les crues de mai 1999 et du 13-14 janvier 2004.

3.1.2. Zones d'échange entre le lit mineur et le lit majeur en crue centennale

Les échanges sont de deux types :

- surverses au-dessus des digues
- remontées d'eau par les ouvrages existant sous la digue

Zones de surverse

Les zones de surverse en crue centennale sont localisées :

- en rive droite de l'Arly entre le pont SNCF et la confluence avec l'Isère ;
- en rive gauche de l'Isère entre le pont de Tournon et 1 km en aval du pont de Frontenex ;
- sur les deux rives de l'Isère entre 1 km en aval du pont de Frontenex et le pont Morens à Montmélian;
- sur les deux rives de l'Isère à la limite du département de l'Isère ;
- en rive droite de l'Arc sur 2 km en amont de la confluence.

Echanges avec les affluents et les chantournes

Les points d'échanges identifiés entre l'Isère et la plaine sont :

- en rive droite :
 - le Nant Pottier,
 - le Chiriac,
 - la Golette,
 - le Nant des Martins,
 - le ruisseau de Verrens,
 - l'exutoire du RDI,
 - la Combe à Saint-Vital,
 - le Fournieux,
 - le ruisseau de l'Etang,
 - les Lavanches,
 - la Bialle de Fréterive (RDIII),
 - l'exutoire du RDIII,
 - la Bialle de Cruet (RDIV),
 - l'exutoire du RDIV,
 - la Crousaz,
 - l'ancien exutoire du canal d'Arbin,
 - le Bon de Loge,

-
- le Glandon.
 - en rive gauche :
 - les exutoires du réseau pluvial de l'autoroute,
 - le ruisseau de Fontaine Claire,
 - le nant Bruyant,
 - l'exutoire du chenal de décharge du nant Bruyant,
 - le Merderet,
 - l'Aitelène,
 - le Gelon,
 - les exutoires des eaux du versant au niveau de Chateauneuf et Planaise,

3.1.3. Zones inondables par débordement de l'Isère

Communes non touchées

Les communes de Gilly-sur-Isère, Verrens-Arvey, Grignon, Monthion, Francin et Ste-Hélène-du-Lac ne sont pas touchées par les débordements de l'Isère en crue centennale.

Albertville

A Albertville, les débordements restent cantonnés en rive droite de l'Arly en amont de la confluence avec l'Isère et ne concernent que des zones très restreintes.

La rive gauche entre Tournon et la confluence avec l'Arc

En rive gauche de l'Isère entre Tournon et la confluence avec l'Arc, la présence du remblai autoroutier, qui longe les digues et n'est pas submersible par les niveaux dans l'Isère, limite l'impact du phénomène de surverse. Néanmoins, une partie des eaux débordées parvient tout de même à rejoindre la plaine par l'intermédiaire des ouvrages traversant sous l'autoroute.

On observe en particulier au niveau de Tournon, Notre-Dame-des-Millières et Sainte-Hélène-sur-Isère :

- une remontée des eaux de l'Isère par l'exutoire du ruisseau de la Fontaine Claire entraînant l'inondation des terrains situés en amont du remblai dudit ruisseau puis une surverse au-dessus de ce remblai conduisant à l'inondation des terrains de l'aérodrome et de la partie basse de la ZAC du Rothey ;
- une remontée des eaux par l'exutoire du Nant Bruyant entraînant la submersion d'une partie des installations du péage autoroutier et un écoulement en aval vers la ZAC de Saint-Hélène-sur-Isère.

Au niveau de Sainte-Hélène-sur-Isère/Aiton, on observe :

- des transferts importants de débit par l'intermédiaire des passages sous l'autoroute : ouvrage du Merderet, passages à gibier, ouvrages de décharge...
- l'inondation de la plaine sur toute sa largeur et le transit des eaux vers l'aval via le réseau de l'Aitelène qui se trouve totalement saturé. La RD222 et la RD925 sont coupées en plusieurs endroits. Le débit atteint près de 300 m³/s au droit des bassins Mollard.
- l'accumulation des eaux dans le coin formé par le nœud autoroutier A430/A43 résultant de l'incapacité des ouvrages de décharge et de l'ouvrage de l'Aitelène à évacuer un tel débit. La prison d'Aiton est particulièrement touchée.
- la submersion de l'A430 et dans une moindre mesure de l'A43.

La rive droite de l'Arc

Ce secteur, coincé entre la digue et l'autoroute, est touché à la fois par les débordements de l'Arc et par les eaux en provenance du réseau de l'Aitelène via les passages sous et sur l'A43.

La rive droite de l'Isère au niveau de Tournon et Frontenex

L'inondation est due uniquement au phénomène de remontée des eaux de l'Isère par l'exutoire du ruisseau de Verrens. Les eaux restent en majeure partie contenues en amont de la RD69, inondant largement les ZAC I et II. Une faible surverse est observée sur la RD69, provoquant l'inondation modérée de la ZAC III en aval.

La rive droite au droit de Saint-Vital et Montaille

L'inondation est liée aux phénomènes combinés de surverse sur la digue (RD1090) et de remontée par les exutoires du canal de décharge (RDI) et des ruisseaux de la Combe, du Fournieux, de la Chagne, de l'Etang et des Lavanches.

Les zones basses de plaine sont inondées. Les eaux viennent s'accumuler en amont du remblai du ruisseau des Lavanches. Une partie retourne à l'Isère par surverse en retour sur la RD1090. Le reliquat surverse au-dessus du ruisseau des Lavanches puis de la RD222 avant de rejoindre le lit de la Bialle de Fréterive.

Secteur de la Bialle (Grésy-sur-Isère, Fréterive, Aiton, Chamousset)

Ce secteur est essentiellement une zone de transit parallèle au lit de l'Isère : les écoulements provenant de l'amont (environ 100 m³/s), de nouvelles surverses sur la RD1090 ainsi que des petits affluents se concentrent au niveau du talweg de la Bialle

et s'écoulent ainsi dans la plaine jusqu'à l'exutoire du canal. La RD201n et la RD32 sont coupées.

On observe une accumulation des eaux en amont du remblai SNCF, formant une vaste zone de stockage.

La rive droite entre Chateauneuf et Cruet

Cette zone constitue un des principaux points d'échange entre le lit mineur et le lit majeur avec des surverses particulièrement importantes sur la RD1006 et des débits transitant en parallèle du lit mineur extrêmement forts (plus de 500 m³/s).

Aux débits provenant de la Bialle s'ajoutent les débits de surverse sur la RD1006 dans le secteur des Iles. La ZAC de Saint-Pierre d'Albigny, située juste en aval dans un resserrement de la vallée, est particulièrement impactée.

L'inondation concerne toute la plaine de Saint-Jean-de la Porte et Cruet, touche la ZAC de Coise et coupe toutes les routes transversales, notamment la RD201E.

Les eaux viennent finalement s'accumuler en amont du cône de déjection du torrent de la Crousetaz. Une part est restituée à l'Isère par surverse en retour sur la RD1006, le reste franchit le remblai du ruisseau et poursuit son transit vers l'aval.

La rive droite entre Cruet et Montmélian

La plaine est inondée sur toute sa largeur. Ce secteur est à la fois touché par des débits assez importants en provenance de l'amont (100 m³/s) et par de nouvelles surverses au-dessus de la route nationale. Le resserrement de la vallée au niveau de Montmélian provoque une accumulation en amont et une restitution totale des eaux au lit mineur par surverse au-dessus de la RN6 en amont du pont Morens.

Plaine de Chamousset et Bourgneuf

Le territoire des communes de Chamousset et Bourgneuf situé en rive gauche de l'Arc est inondé par remontée des eaux de l'Isère via l'exutoire du Gelon. L'Isère surverse fortement sur ses digues en aval de Pont Royal et la bande de plaine située entre les digues et le versant, où s'écoule le Gelon, est submergée par plusieurs mètres d'eau, le niveau y étant à l'équilibre avec celui de l'Isère. Dans ces conditions, un flux s'établit à contresens, de l'Isère vers Chamousset et Bourgneuf, par l'intermédiaire du tunnel du Gelon. Les niveaux dans le « casier » se mettent quasi à l'équilibre avec ceux de l'Isère au niveau du Pont Royal et on a une évolution parallèle des cotes dans l'Isère et dans la plaine, la décrue dans le lit de l'Isère s'accompagnant d'une évacuation progressive des eaux par l'ouvrage du Gelon dès que les niveaux ont suffisamment baissé.

L'Arc n'est pas débordant pour la crue centennale mais la revanche disponible par rapport à la RD1006 est très faible.

La rive gauche à Châteauneuf

Le secteur, bien que protégé par le remblai autoroutier, est inondé par les remontées via les ouvrages traversants. Les débits restent toutefois modérés.

La rive gauche entre Coise et La Chavanne

Ce secteur est largement inondé, à la fois par des remontées d'eau de l'Isère par les ouvrages traversants sous le remblai autoroutier dans les secteurs amont « protégés » par l'autoroute et plus en aval par d'importants phénomènes de surverses sur les digues (débits très importants).

Les nombreux remblais transversaux (RD33, ancienne voie ferrée, ancienne route de Planaise) entraînent la formation de zones de stockage et conduisent à la submersion de l'autoroute en de nombreux points.

La gravière et les quelques habitations situées dans la plaine de la Chavanne sont inondées. L'ensemble des eaux, bloquée par le verrou de Montmélian rejoint l'Isère entre le pont Morens et le nouveau pont de Montmélian, par surverse en retour sur les digues.

Laissaud, Les Marches

Ces communes ne sont que très faiblement touchées à proximité de la limite avec le département de l'Isère par surverses et en rive droite, par la remontée de l'Isère via l'exutoire du Glandon.

3.1.4. Durée de submersion

Les durées de submersion sont reportées sur la cartographie des écoulements préférentiels de la crue de référence.

Dans les zones de transit entre deux secteurs de stockage, les durées de submersion sont généralement limitées à 0,5 à 1 jour.

Dans les secteurs en communication directe avec le lit mineur (zones de remontée par les exutoires), la durée de la submersion est sensiblement identique à la durée de la pointe de crue soit 1,5 à 2 jours environ. Les zones d'écoulements majeures et de stockage possédant un exutoire sont également inondées pendant 1,5 à 2 jours.

Certaines zones de stockage n'ont pas d'exutoire suffisant et constituent des zones de stagnation des eaux en attendant un ressuyage naturel par infiltration et évaporation. Les durées de submersion y sont alors supérieures à 3 jours.

3.1.5. Laminage des crues

Le laminage de la crue centennale lié aux débordements en lit majeur est assez important, de 8% pour la crue centennale de type scénario 2 à près de 16 % pour la crue centennale de type scénario 1. Le débit de 1655 m³/s déterminé à l'entrée dans le département de l'Isère reste cependant cohérent avec celui avancé par les études antérieures qui prenaient indirectement en compte le phénomène de laminage.

3.1.6. Cartographie des hauteurs d'eau

La cartographie de l'aléa maximal par débordement de l'Isère découle de l'analyse des deux scénarii de crue évoqués précédemment, dont on retient à chaque fois celui dont l'impact est maximum, secteur par secteur. La cartographie de l'aléa ne correspond donc pas à la zone inondable d'une crue réelle d'occurrence centennale, qui sera dans les faits de type scénario 1 OU scénario 2, mais à l'enveloppe combinant l'aléa des deux crues centennales différentes. Cette analyse conduit à retenir les cotes et débits du scénario 1 en amont de la confluence Arc-Isère et ceux du scénario 2 en aval. Dans le casier situé en rive droite de l'Arc, les deux scénarii ont été superposés.

Les cotes maximales calculées dans les casiers et au niveau de la Bialle de Fréterive sont reportées dans l'atlas des hauteurs maximales d'inondation par débordement de l'Isère au 1/5 000. Les classes de hauteur utilisées sont les suivantes :

- Hauteur inférieur à 0,5 m
- Hauteur comprise entre 0,5 m et 1 m
- Hauteur supérieure à 1 m

3.1.7. Cartographie des écoulements

La cartographie des écoulements a été réalisée au 1/10 000^{ème}. Elle n'est pas le fruit direct des résultats d'une modélisation mais relève d'une expertise réalisée sur la base de l'analyse de la dynamique de la crue et des données de débits et de hauteur de submersion fournis par le modèle. Les valeurs chiffrées ne sont donc fournies qu'à titre indicatif et constituent un ordre de grandeur. Trois classes de vitesses sont utilisées, représentant trois types de zones d'écoulements:

- Zones d'inondation statique (remontée par les exutoires) ou de stockage : vitesse inférieure à 0,2 m/s ;
- Zones de faibles écoulements et/ou avec hauteurs d'eau importante : vitesse de 0,2 à 0,5 m/s.

- Zones de surverse ou de transit avec concentration de débit et/ou hauteur de submersion faible: vitesse supérieure à 0,5 m/s.

3.1.8. Cartographie de l'aléa inondation par débordement de l'Isère

Le croisement des aléas hauteur de submersion et écoulements préférentiels permet d'obtenir la cartographie de l'aléa inondation par débordement de l'Isère déterminé selon les critères de la grille de caractérisation de l'aléa inondation définie au niveau national par la Direction de la Prévention des Pollutions et Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Ces critères sont présentés dans le Tableau 3-6 :

Tableau 3-6 : Grille de caractérisation de l'aléa inondation

	$V < 0,2 \text{ m/s}$	$0,2 \text{ m/s} < V < 0,5 \text{ m/s}$	$V > 0,5 \text{ m/s}$
$H < 0,5 \text{ m}$	Aléa faible	Aléa moyen	Aléa fort
$0,5 \text{ m} < H < 1 \text{ m}$	Aléa moyen	Aléa moyen	Aléa fort
$H > 1 \text{ m}$	Aléa fort	Aléa fort	Aléa fort

3.2. Inondation par rupture de digues

3.2.1. Diagnostic des digues – identification des zones à risque

Les paramètres pris en compte pour évaluer le risque de rupture de digue pour la crue centennale de l'Isère sont :

- L'état de la digue (largeur en crête, revêtement, état du perré, érosions, pente des talus, végétalisation, présence de gravières ou contre-canaux, présence d'anciens ouvrages, localisation du lit vif et des bancs dans le lit mineur,...) déterminé à partir de reconnaissances de terrain.
- Les sollicitations hydrauliques sur la digue pendant la crue centennale, issue de la modélisation.
- Le niveau de la crête de digue par rapport au terrain naturel et la présence ou non de l'autoroute en « doublement » de la digue

Treize secteurs ont été identifiés comme étant à risque fort de rupture, et ayant une forte incidence hydraulique en cas de rupture pour la crue de référence:

- En rive gauche :
 - à proximité de la base de loisirs de Grignon ;
 - sur la commune de Châteauneuf (aire du Val Gelon),
 - plusieurs tronçons à Coise, Planaise et la Chavanne ;
 - au droit de la gravière de Laissaud.
- En rive droite :

-
- en aval du pont de Frontenex
 - 2 tronçons au lieu-dit les Bassins sur la commune de Montailleur ;
 - sur la commune d’Aiton au droit de l’étang de Grésy ;
 - sur la commune de Châteauneuf au lieu-dit les Iles,
 - au droit de la ZAC de Saint-Pierre-d’Albigny,
 - à Saint-Jean-de-la-Porte (Iles du Bourg),
 - à Coise (ZAC et amont du cône de la Crousetaz),
 - à Cruet sur 900 m en aval du pont des Anglais ;
- En rive droite de l’Arc à 1 km en amont de la confluence, sur la commune de Chamousset ;

3.2.2. Impact hydraulique des ruptures de digues

Tableau 3-7 : Synthèse des caractéristiques et incidences hydrauliques des différents points de rupture

Localisation de la brèche	Type de rupture	Largeur de brèche	Débit max initial de rupture	Condition de rupture	Dhmax
Rive gauche Grignon	Erosion interne	70	130	DH = 2,0 m	+1,0 m
Rive droite Frontenex	Erosion interne	70	94	DH =1,8 m	+70 cm
Rive droite Montailleux	Erosion interne	80	300	DH =3,4 m	Analogie avec les secteurs Coise et Cruet +1,0 m
Rive droite Aiton	Erosion interne	43	155	DH =2,8 m	Analogie avec les secteurs Coise et Cruet + 50cm
Rive droite ARC	SURVERSE	140	212	50 cm de surverse	+ 20cm
Rive droite Amont ZAC S ^t Pierre d'Albigny	SURVERSE	140	281	50 cm de surverse	+ 20 cm
Rive droite ZAC S ^t Pierre d'Albigny	SURVERSE	100	260	50 cm de surverse	+ 40 cm
Rive gauche Châteauneuf	AFFOUILLEMENT	80	110	DH =1,8 m	+ 60 cm
Rive droite S ^t Jean de la Porte	SURVERSE	15	80	50 cm de surverse	Analogie avec Secteur ZAC S ^t Pierre d'Albigny < +10 cm
Rive droite Coise	Erosion interne + SURVERSE	80	170	DH =2,0 m	+ 20 cm
Rive droite Cruet	Erosion interne + SURVERSE	80	165	DH =1,8 m	+ 50 cm
Rive gauche La Chavanne	SURVERSE	150	121	Dés que le phénomène de surverse apparaît	+ 40cm
Rive gauche Laissaud	AFFOUILLEMENT	17	74	DH =1,9 m	Analogie avec Secteur Châteauneuf + 50 cm

Dans ces secteurs la modélisation de l'onde de rupture fournit l'étendue de la zone exposée en arrière des digues. Les phénomènes de rupture se caractérisent par une onde rapide et brutale, plus ou moins atténuée selon l'état d'inondation antérieur de la zone, qui se diffuse dans le champ d'inondation selon des axes d'écoulement préférentiels au départ peu dépendants de la topographie, puis qui rejoignent le lit majeur d'expansion des crues.

Les vitesses et les hauteurs de submersion sont très fortes près de la digue, puis elles s'atténuent progressivement dans la plaine, sauf obstacle ou élément perturbateur de l'écoulement des eaux.

3.2.3. Cartographie de l'aléa inondation par rupture de digue

La cartographie de l'aléa est effectuée selon les mêmes critères de classes de hauteur et de vitesse que pour l'inondation par débordement de l'Isère. Elle est fournie au 1/10 000ème.

Il est à souligner que la cartographie de l'aléas d'inondation lié aux ruptures de digues ne fait apparaître que 2 niveaux d'aléas, aléa fort et aléa modéré, la classe d'aléa faible n'étant pas conservée en raison de vitesses toujours élevées.

3.3. Inondation par les affluents

3.3.1. Etude hydraulique et modélisation

21 affluents de l'Isère et 3 réseaux hydrographiques complets (réseaux de l'Aitelène, de la Biale de Freterive et du canal de Cruet) ont été étudiés entre Albertville et Montmélian.

Une grande partie de ces affluents a été modélisée dans les zones de plaine pour appréhender les risques d'inondation associés. Le type de modèle numérique mis en œuvre est un modèle « à casiers » s'appuyant sur les éléments topographiques de la plaine de l'Isère. Ce type de modèle permet de préciser, en plus des conditions d'écoulement et de propagation de la crue dans le lit endigué, les points de débordement du cours d'eau, les débits débordés et les hauteurs d'eau induites dans les casiers d'inondation (zones de stockage des eaux de la plaine délimitées par les éléments structurants tels que les routes, les remblais, les digues...).

Les lits mineurs des affluents ont été modélisés à partir de profils en travers levés sur le terrain, auxquels ont été associés les paramètres et coefficients hydrauliques retenus en fonction des observations de terrain (nature du fond du lit, encombrement...).

Le découpage de la plaine en casiers d'inondation est issu de l'analyse de la topographie et des éléments structurants. Les échanges entre casiers ont été matérialisés dans le modèle par des liaisons de type digues déversantes, ouvrages évacuateurs (buses, passages sous les voies de communication...) selon les spécificités du terrain.

Pour quelques cours d'eau (ruisseaux de l'Etang, du Crétan, affluents de l'Aitelène, de la Biale de Freterive et du canal de Cruet) et pour les secteurs amont à forte pente où la modélisation numérique est insuffisante voire inopérante pour appréhender pleinement les phénomènes, l'étude hydraulique a consisté davantage à déterminer la

capacité hydraulique des ouvrages et sections apparus limitants et à développer une expertise du fonctionnement en crue du cours d'eau ou du tronçon. Les phénomènes de transport solide, les risques de formation d'embâcles ou d'obstruction ont été intégrés et pris en compte dans cette expertise. Les volumes d'eau débordés ont été estimés afin d'apprécier les hauteurs de submersion générées dans le lit majeur.

3.3.2. Description des phénomènes d'inondation

Les phénomènes d'inondation par les petits affluents de l'Isère sont des phénomènes brutaux et rapides (crues de durée de l'ordre de 1 à 2 heures).

Les hauteurs de submersion induites peuvent être élevées dans les secteurs aval où les eaux issues des débordements amont s'accumulent (casiers d'inondation délimités par les remblais, les digues de la plaine qui stoppent les écoulements et génèrent un stockage des eaux).

Depuis les points de débordement jusqu'à ces zones de stockage, le risque inondation se caractérise davantage par des hauteurs d'eau faibles et des vitesses d'écoulement moyennes à fortes dues à la pente des terrains. Les eaux débordées ruissellent et se propagent suivant la pente du terrain naturel et les axes préférentiels d'écoulement constitués par les routes, les chemins... Les hauteurs d'eau peuvent être augmentées localement par la présence d'obstacles en travers de l'écoulement. Sur ces zones, la vitesse d'écoulement prédomine pour la caractérisation de l'aléa.

3.3.3. Cartographie des hauteurs de submersion

Concernant les zones de stockage ou casiers d'inondation, la cote maximale atteinte par les eaux pour une crue centennale est déterminée, soit grâce aux résultats de la modélisation numérique, soit par estimation des volumes débordés. Les hauteurs d'eau sont cartographiées suivant les trois classes suivantes :

- Hauteur inférieure à 0,5 m
- Hauteur comprise entre 0,5 m et 1 m
- Hauteur supérieure à 1 m

Pour les zones de transit entre casiers et les zones d'écoulement depuis les points de surverse des cours d'eau, la cartographie est réalisée à partir d'une analyse détaillée du terrain, de la topographie et des résultats bruts des modèles numériques.

3.3.4. Cartographie des vitesses d'écoulement

Comme pour le risque inondation par débordement de l'Isère, la cartographie des vitesses d'écoulement n'est pas le fruit direct des résultats d'une modélisation mais relève d'une expertise réalisée sur la base de l'analyse de terrain, de la dynamique des crues et des données de débits et hauteurs de submersion fournies par les

modèles et les calculs. Trois classes de vitesses sont utilisées, représentant trois types de zones d'écoulement :

- Zones de stockage des eaux : vitesse inférieure à 0,2 m/s
- Zones de faibles écoulements : vitesse comprise entre 0,2 et 0,5 m/s
- Zones de forts écoulements (zones de surverse ou de transit avec concentration de débit et/ou hauteur de submersion faible) : vitesse supérieure à 0,5 m/s.

3.3.5. Cartographie de l'aléa inondation par débordement des affluents

Le croisement des hauteurs de submersion et des vitesses d'écoulement permet d'obtenir la cartographie de l'aléa inondation par débordement des affluents déterminé selon les critères de la grille de caractérisation de l'aléa inondation définie au niveau national par la Direction de la Prévention des Pollutions et Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Ces critères sont présentés dans le tableau 4-1.

3.4. Détermination de l'aléa résiduel

3.4.1. Définition

Cet aléa est destiné à caractériser le risque potentiel concernant les zones situées en arrière de digues et sous le niveau de la crue de référence dans le lit endigué, même si elles ne sont pas touchées par un autre aléa, l'objectif étant de limiter la création de zones urbanisées derrière des digues.

Pour déterminer cet aléa, il s'agit d'estimer l'extension des inondations et l'importance de l'étalement des eaux dans la vallée en l'absence de digues. Cette situation constitue un cas type permettant d'arrêter les limites de la zone concernée par le principe de précaution pour le phénomène d'inondation.

Cet aléa est déterminé en étudiant les conséquences pour la crue de référence d'un effacement de tronçons de digues dans des secteurs au fonctionnement hydraulique homogène. Concrètement, la cartographie de l'aléa est réalisée en reportant le niveau de la crue de référence dans le lit majeur et en l'ajustant à dire d'expert afin de prendre en compte l'abattement de la ligne d'eau lié à l'étalement et les écoulements parallèles se mettant en place dans la plaine.

Deux niveaux d'aléa sont retenus :

- **Fort** si le niveau d'eau est supérieur à 1 m et/ou les vitesses sont élevées,
- **Modéré** dans les autres cas

3.4.2. Zones concernées

Rive gauche à Grignon/Gilly

Une rupture de la digue a été étudiée au droit de la gravière mais, étant donnée la topographie de la vallée dans ce secteur, une rupture en amont ou en aval conduirait vraisemblablement à une inondation très similaire, avec une concentration des écoulements au niveau de l'ancien lit de l'Isère. La délimitation de la zone d'aléa fort a été réalisée sur la base de l'aléa d'une crue exceptionnelle (crue cinq-centennale modélisée), largement débordante dans ce secteur et pour laquelle les volumes débordés seraient similaires à ceux induits par un effacement local de la digue en crue centennale.

Rive droite à Gilly

L'écart entre la ligne d'eau centennale et le niveau du terrain naturel est assez faible. Il a été considéré que les phénomènes observés en cas d'effacement de la digue en crue centennale seraient assez similaires à ceux déterminés pour la crue exceptionnelle débordante.

Rive droite à Tournon/Frontenex

Etant donnée la topographie du site et la différence de niveau importante entre la ligne d'eau dans le lit mineur et le terrain naturel, les résultats du report brut de la ligne d'eau ont été globalement conservés ; les limites de la zone d'aléa fort ont été légèrement retouchées sur la base de la topographie (abattement de la ligne d'eau).

Rive gauche de Tournon à Aiton

Dans ce secteur, on note que :

- La digue est doublée par l'autoroute, l'espace entre les deux remblais étant très restreint ;
- La crue centennale est largement débordante et le niveau d'eau calculé entre la digue et le remblai autoroutier est généralement similaire au niveau d'eau du lit mineur.

Dans ces conditions, un effacement de tronçons de digues aurait un impact similaire dans le lit majeur à la crue sans rupture de digue. L'aléa résiduel est donc pris identique à l'aléa « débordement de l'Isère » dans ce secteur.

Rive droite de St Vital à Grésy sur Isère

Dans ce secteur, le lit majeur est très étroit, situé très en contrebas de la digue et les eaux viennent s'accumuler en amont des nombreux remblais de ruisseaux (d'où des hauteurs importantes). Etant donné le peu d'enjeux dans ce secteur et le fait qu'un abattement de la ligne d'eau ne modifie pas significativement l'emprise et la limite

aléa fort/aléa modéré du fait de la topographie de la vallée, le report de la ligne d'eau du lit mineur dans le lit majeur a été globalement conservé.

Rive droite de Grésy à Chamousset

La pente transversale de la vallée est orientée vers le pied de versant et les écoulements se concentrent au niveau de la Bialle, ancien lit de l'Isère. La zone centrale, située à proximité de la digue et vestige de l'ancien cône de déjection de l'Arc, est la moins touchée et a été placée en aléa modéré.

Plaine de Chamousset/Bourgneuf

La quasi totalité des terrains de Bourgneuf et Chamousset est située à plus d'un mètre sous le niveau de la crue centennale dans le lit endigué de l'Arc. En outre, en cas de débordement, les eaux viennent s'accumuler à Chamousset et l'évacuation des eaux est rendue difficile par le seul exutoire souterrain du Gelon. Il a été évalué que les phénomènes observés pour un effacement local de la digue en crue centennale seraient similaires à ceux observés pour la crue exceptionnelle débordante. La zone d'aléa fort a donc été considérée comme similaire à la zone d'aléa fort en crue exceptionnelle.

De Chamousset à Montmélian

Etant donnée la topographie du site (plaine plane et peu large et remontée brutale du versant) et le niveau d'aléa déjà atteint du fait des phénomènes observés pour la crue centennale (aléa fort presque partout), les résultats du report brut de la ligne d'eau ont été globalement conservés ; les limites de la zone d'aléa fort ont été légèrement retouchées sur la base de la topographie et des résultats de la crue exceptionnelle (abattement artificiel de la ligne d'eau).

Rive gauche à Francin/Ste Hélène du Lac

Au niveau d'Alpespace, seules quelques zones très localisées étaient classées en aléa fort pour des différences de niveau de l'ordre de 1,1 à 1,5 m avec la ligne d'eau dans le lit endiguée. Du fait de l'abattement de la ligne d'eau en cas d'effacement de la digue, il est raisonnable de penser que l'ensemble de la zone sera en aléa faible.