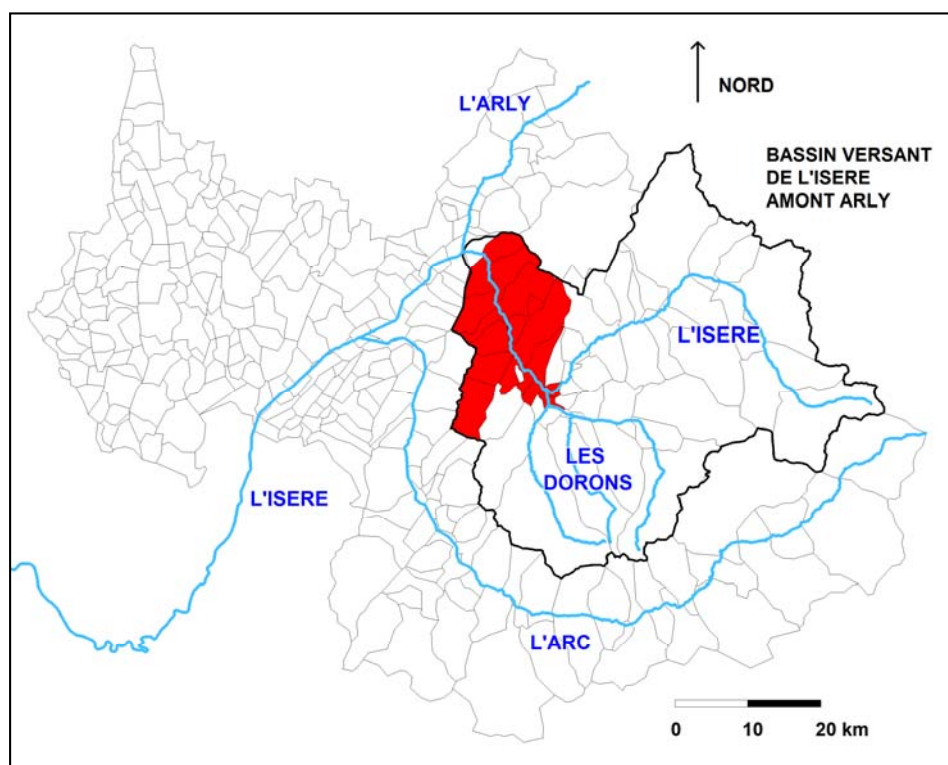


Direction Départementale des Territoires de la Savoie
Service Sécurité Risques
Unité Risques

Plan de Prévention des Risques Inondation de l'Isère

*Tronçon de Moûtiers à Tours en Savoie
(13 communes)*



I.1 Note de présentation

Dossier approuvé le

Décembre 2014

SOMMAIRE

1	CONTEXTE REGLEMENTAIRE	3
1.1	CONTENU DU PPR	3
1.2	LA POLITIQUE DE L'ÉTAT EN MATIERE DE PREVENTION ET DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION	4
1.2.1	<i>Pourquoi une politique de prévention des inondations ?</i>	4
1.2.2	<i>Les textes législatifs et réglementaires</i>	5
1.2.3	<i>Les objectifs du PPRI</i>	6
1.3	LA PROCEDURE D'ELABORATION DU PPR	7
1.3.1	<i>Prescription</i>	7
1.3.2	<i>Elaboration du PPR</i>	8
1.3.3	<i>Consultations</i>	8
1.3.4	<i>Enquête publique</i>	8
1.3.5	<i>Approbation et effets du PPR</i>	8
1.3.6	<i>Résumé de la procédure</i>	9
2	PPRI DE L'ISERE AVAL SUR LE TRONÇON MOÛTIERS - TOURS EN SAVOIE - METHODOLOGIE D'ELABORATION	11
2.1	LES RAISONS DE LA PRESCRIPTION DU PPRI	11
2.1.1	<i>Des crues de l'Isère importantes et récurrentes.</i>	11
2.1.2	<i>Un nouvel Atlas des Zones Inondables</i>	11
2.1.3	<i>Les objectifs de la prescription du PPRI</i>	11
2.2	LE PERIMETRE D'ETUDE ET LES PHENOMENES TRAITES	12
2.3	LE CONTEXTE HYDROLOGIQUE	13
2.3.1	<i>Bassin versant de l'Isère</i>	15
2.3.2	<i>Les affluents de l'Isère en Tarentaise</i>	15
2.3.3	<i>Aménagements hydroélectriques de l'Isère</i>	18
2.3.4	<i>Stations de mesures de débits</i>	21
2.3.5	<i>Crues historiques</i>	22
2.3.6	<i>Crues de référence</i>	25
2.4	DEFINITION DE LA CRUE DE REFERENCE ET DE L'ALEA INONDATION	26
2.4.1	<i>Définition de la crue de référence</i>	26
2.4.2	<i>Caractérisation des niveaux d'aléa</i>	26
2.4.3	<i>Définition de l'aléa rupture de digue</i>	27
2.4.4	<i>Définition de l'aléa lié à l'effacement des digues</i>	30
2.4.5	<i>Définition des aléas conjugués</i>	31
2.5	RECENSEMENT DES ENJEUX	31
2.5.1	<i>La classification des enjeux</i>	32
2.5.2	<i>Méthodologie de recensement des enjeux</i>	32
2.5.3	<i>Le rendu cartographique</i>	34

2.6 LE ZONAGE ET LE REGLEMENT	35
2.6.1 Bases légales	35
2.6.2 Le zonage réglementaire	36
2.6.3 Le règlement	38

Tables des illustrations et des tableaux

<i>Figure 1 : Principales étapes de la procédure d'élaboration d'un PPRi</i>	10
<i>Figure 2 : Périmètre de prescription du PPRi Tarentaise aval</i>	12
<i>Figure 3 : Bassin versant de l'Isère</i>	14
<i>Figure 4 : Photos : Charriage du Bayet (07.1993) et transfert d'embâcles à l'Isère (pont RD66)</i>	16
<i>Figure 5 : Plan des sous-bassins versants de l'Isère sur le secteur d'étude</i>	17
<i>Figure 6 : Plan d'implantation des aménagements hydroélectriques</i>	21
<i>Figure 7 : Photo de la crue de 1999 – Erosion de berge à Cevins</i>	23
<i>Figure 8 : Hydrogrammes de crues historiques à Moûtiers</i>	24
<i>Figure 9 : Hydrogrammes de crues historiques à Cevins</i>	24
<i>Figure 10 : Caractérisation de l'aléa inondation</i>	26
<i>Figure 11 : Photo de la digue rive droite à Aigueblanche</i>	28
<i>Figure 12 : Photos en aval du pont routier de Cevins – digue en rive droite</i>	29
<i>Figure 13 : Caractérisation de l'aléa effacement de digue</i>	30
<i>Figure 14 : Photo de l'Isère dans la traversée de Moûtiers – mur digue – enjeux importants</i>	34
<i>Figure 15 : Calcul de la hauteur de charge derrière la digue</i>	37
<i>Tableau 1 : Liste des affluents modélisés</i>	13
<i>Tableau 2 : Affluents de l'Isère sur le secteur (bassins versants)</i>	16
<i>Tableau 3 : Liste des stations hydrométriques exploitables, situées sur le bassin et aux alentours</i>	22
<i>Tableau 4 : Stations hydrométriques situées sur la zone d'étude</i>	23
<i>Tableau 5 : Débits de pointe retenus aux principaux points du secteur</i>	25
<i>Tableau 6 : Caractérisation des enjeux inventoriés</i>	33
<i>Tableau 7 : Caractérisation des zones réglementaires</i>	38

ANNEXE

Annexe 1 : Bilan de la concertation

Annexe 2 : Analyse hydrologique

1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

1.1 CONTENU DU PPR

Article R562-3 du code de l'environnement : *Le dossier de projet de plan comprend :*

- 1) **une note de présentation** indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances ;
- 2) **un ou plusieurs documents graphiques** délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° de l'article L 562-1 ;
- 3) **un règlement** [...].

Ces trois documents constituent les pièces du dossier réglementaire :

1) **La note de présentation**, présent document, a pour but d'expliciter, de justifier et de préciser :

- la politique de prévention des risques,
- la procédure d'élaboration du plan de prévention des risques,
- les effets du PPR,
- les raisons de la prescription du PPR sur le secteur géographique concerné,
- les phénomènes naturels pris en compte,
- les éléments de définition des aléas pris en compte,
- les règles de passage de l'aléa au zonage réglementaire,
- la présentation du règlement et du zonage réglementaire.

2) **Le plan de zonage** définit les secteurs dans lesquels l'occupation du sol sera soumise à une réglementation.

Le zonage réglementaire est dans ce PPRi présenté sous forme de planches A3 au 1/5 000 et inclut les cotes de référence PPRi.

Les fonds de plan utilisés sont les orthophotoplans fournis par l'IGN.

Pour une meilleure lisibilité et utilisation par le citoyen, les limites parcellaires ont été ajoutées sur ces plans.

3) **Le règlement** précise notamment, pour chaque zone définie sur le plan de zonage, les mesures rendues obligatoires ou recommandées pour les projets et l'existant.

Seuls les plans de zonage et le règlement constituent des pièces réglementaires opposables aux tiers.

Outre ces pièces réglementaires, le PPR peut contenir **des documents facilitant la compréhension du dossier**. Il s'agit dans le présent PPRi :

- **des cartes des aléas conjugués** sur fond de plan des orthophotoplans au 1/2000 présentant l'étendue et l'intensité de l'ensemble des phénomènes étudiés;
- **des cartes des enjeux** sur fond cadastral au 1/5000 représentant par commune la typologie d'occupation du sol et localisant les sites sensibles.

Ces documents ne présentent aucun caractère réglementaire et ne sont pas opposables aux tiers. En revanche, ils décrivent les phénomènes susceptibles de se manifester sur la commune et permettent de mieux appréhender la démarche qui aboutit au plan de zonage réglementaire.

1.2 LA POLITIQUE DE L'ÉTAT EN MATIÈRE DE PRÉVENTION ET DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION

1.2.1 Pourquoi une politique de prévention des inondations ?

Ces dernières années, des catastrophes d'ampleur nationale sont venues rappeler les conséquences dramatiques des crues :

- Le Grand-Bornand, juillet 1987, 23 victimes dans un terrain de camping,
- Nîmes, octobre 1988, 9 morts, 625 millions d'euros de dégâts,
- Vaison-la-Romaine, septembre 1992, 46 morts, 450 millions d'euros de dommages,
- Inondations de 1993-1994 touchant 40 départements et 2750 communes et ayant entraîné la mort de 43 personnes et occasionné 1,15 milliard d'euros de dégâts,
- Sud-ouest novembre 1999, 36 victimes,
- Sud-est septembre 2002, 23 victimes et 1,2 milliard d'euros de dégâts,
- Rhône moyen et aval décembre 2003, 1 milliard d'euros de dégâts,
- Xynthia février 2010, submersion marine en Vendée et Charentes Maritimes, 41 victimes et 1,5 milliards d'euros de dommage en première estimation,
- Le Var en 2010, 26 victimes, dommages estimés à 700 millions d'euros.

Il ne s'agit pas d'un phénomène nouveau, les crues font partie du fonctionnement naturel des fleuves et cours d'eau. Les exemples historiques d'inondations dévastatrices sont légion. L'Isère et ses affluents n'échappent pas à ce constat comme le montre la chronologie des crues présentée au paragraphe 2.3.5.

Même si le nombre de décès lors des inondations est heureusement plus faible que dans le passé, grâce à une meilleure organisation des secours, de l'information et de la communication, une surveillance accrue qui va se développer et des techniques constructives prenant en compte les risques, on cherchera tout d'abord à ne pas augmenter voire à réduire le nombre de personnes susceptibles d'être exposées aux risques.

Statistiquement, les victimes seront moins nombreuses avec une population restreinte soumise à l'aléa.

L'objectif est donc de limiter voire interdire **les nouvelles installations dans les zones à risques**.

Rappelons qu'il a fallu six mois à Lyon pour reprendre une activité normale après les inondations de 1856 et plus récemment Vaison-La-Romaine a mis deux ans pour effacer les stigmates de la crue de septembre 1992.

Ces exemples démontrent qu'au-delà des personnes, les biens (habitations, activités, réseaux, etc.) sont vulnérables aux phénomènes de crues.

Outre le préjudice financier des remises en état, la baisse ou l'arrêt de l'activité peut avoir des conséquences économiques importantes.

De plus, la collectivité doit supporter financièrement des coûts de remise en état des équipements collectifs, mais aussi les secours et l'assistance des personnes sinistrées.

Il est donc important de veiller à **ne pas augmenter la vulnérabilité des biens** en limitant leur implantation en zone à risques et en protégeant l'existant par des mesures adaptées.

Enfin, certains aménagements qui peuvent influencer la propagation des crues (remblais, ouvrages de franchissement sous dimensionnés, etc.) doivent être limités au maximum. L'objectif sera donc d'assurer le libre écoulement et de préserver les champs d'expansion des crues afin de **ne pas aggraver le risque en amont et en aval**.

1.2.2 Les textes législatifs et réglementaires

Les retours d'expérience, issus des événements catastrophiques de ces dernières années, ont conduit à l'adoption d'une série de textes législatifs qui définissent la politique de l'État dans le domaine de la prévention des risques au sens large, mais aussi dans ses aspects plus spécifiques au risque inondation :

- loi n° 82-600 du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles,
- loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs (1),
- loi n° 95-101 du 2 février 1995 (loi Barnier), relative au renforcement de la protection de l'environnement,
- loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 (loi Bachelot), relative à la prévention des risques naturels et technologiques et à la réparation des dommages,
- loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile,
- loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle 2).

Ces textes ont, pour la plupart, été codifiés dans le Code de l'Environnement (Livre V, Titre VI), notamment en ce qui concerne les PPR aux articles L562-1 à L562-9.

Les objectifs généraux assignés aux PPR sont définis par les articles L562-1 et L562-8 du Code de l'Environnement :

Article L562-1 :

I - L'État élabore et met en application des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

II - Ces plans ont pour objet en tant que de besoin :

1° De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

2° De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

NB : Dans le cadre des risques liés aux inondations, il ne sera pas nécessaire de définir des zones correspondant au 2° de l'article sus-cité.

En effet, au-delà du champ d'inondation pour la crue de référence, l'utilisation du sol n'est pas susceptible de faire varier fortement les caractéristiques des crues. Pour avoir une réelle incidence sur la dynamique des crues (augmentation des débits, des volumes, etc.), les opérations doivent être d'une ampleur importante et donc sont soumises à d'autres réglementations qui permettent d'examiner leur incidence (loi sur l'eau, autorisation de défrichement, etc.). Ces zones ne nécessitent donc pas la mise en œuvre de mesures spécifiques dans le PPRI.

3° De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

(1) Ce texte a été abrogé par l'article 102 de la loi n°2004-811 du 13 août 2004, il figure ici pour illustrer la chronologie des textes

4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Article L562-8 : Dans les parties submersibles des vallées et dans les autres zones inondables, les plans de prévention des risques naturels prévisibles définissent, en tant que de besoin, les interdictions et les prescriptions techniques à respecter afin d'assurer le libre écoulement des eaux et la conservation, la restauration ou l'extension des champs d'inondation.

1.2.3 Les objectifs du PPRI

Les textes législatifs et réglementaires relatifs à la gestion du risque inondation ont été commentés et explicités dans une série de circulaires, en particulier celles du 24 janvier 1994, du 24 avril 1996, du 30 avril 2002 et du 21 janvier 2004 qui détaillent la politique de l'Etat en matière de gestion de l'urbanisation en zones inondables, dont les trois objectifs sont les suivants :

➤ **PREMIER OBJECTIF :**

«Interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses où, quels que soient les aménagements, la sécurité des personnes ne peut être garantie intégralement et les limiter dans les autres zones inondables.»

Ce premier objectif a trait à la sécurité humaine. Il s'agit avant tout de préserver des vies qui pourraient être mises en danger dans les zones où l'intensité de l'aléa est la plus forte. Il peut s'agir de zones où existent des aménagements de protection mais la circulaire de 2002 invite à en relativiser l'efficacité : on sera donc amené, même dans des zones dites «protégées» mais qui en cas de défaillance de la protection seraient dangereuses pour les vies humaines, à adopter la plus grande rigueur.

En ce qui concerne les autres zones inondables, où les aléas sont moins importants, il s'agit de réduire la vulnérabilité des constructions qui pourraient être autorisées afin de limiter les dommages.

Enfin, d'une façon générale, il s'agit d'inciter les autorités locales et les particuliers à prendre des mesures de réduction de la vulnérabilité adaptées pour protéger les habitations, activités existantes.

➤ **DEUXIEME OBJECTIF :**

«Préserver les capacités d'écoulement et d'expansion des crues pour ne pas aggraver les risques pour les zones situées en amont et en aval. »

La circulaire de 1994 demande la préservation des champs d'expansion des crues, dans le but de ne pas aggraver les caractéristiques de l'aléa dans les autres zones. Cet objectif traduit deux idées importantes :

- d'une part, l'inondation doit être appréhendée dans sa dimension géographique, à l'échelle d'une vallée, les conséquences d'une action à un endroit donné pouvant être ressenties dans un autre secteur ;
- d'autre part, la nécessité de préserver ces capacités de stockage et d'écoulement nécessite que les zones inondables encore peu aménagées fassent l'objet d'une préservation stricte destinée à éviter tout «grignotage» dont les effets cumulés seraient importants : de manière générale, toute surface pouvant retenir un volume d'eau devra être protégée, la généralisation d'une telle action sur l'ensemble d'un bassin devant être l'objectif recherché.

➤ **TROISIEME OBJECTIF :**

«Sauvegarder l'équilibre des milieux dépendant des petites crues et la qualité des paysages souvent remarquables du fait de la proximité de l'eau et du caractère encore naturel des vallées concernées.»

La gestion des zones inondables, outre son objectif de préservation des vies et des biens, a également un but de protection d'un environnement dont l'utilité socioéconomique est trop largement méconnue : outre la contribution de ces espaces à la qualité de la vie, à travers les usages récréatifs, de détente, touristiques ou esthétiques qui s'y attachent et qui font l'objet d'une réelle demande sociale, les zones qu'on garde inondables remplissent « gratuitement » des fonctions de régulation de l'eau, d'épuration, de productivité biologique qui bénéficient à chacun. Il s'agit donc non seulement d'un patrimoine de qualité, mais aussi d'infrastructures économiques naturelles dont la destruction résulte en des coûts importants pour la société. Dans une optique de développement durable, il convient en conséquence d'arrêter l'artificialisation excessive de ces zones.

En permettant le contrôle, dans une large gamme, de l'usage des sols, et la prise de mesures appropriées au risque dans les zones à risque, le Plan de Prévention des Risques constitue un outil essentiel dans la politique de l'Etat.

D'autre part, les principes d'élaboration des PPR sont précisément décrits dans deux guides édités par les ministères de l'Environnement et de l'Equipement et publiés à la documentation française.

Il s'agit de :

- Guide général – plans de prévention des risques naturels, 1997 (en cours de révision)
- Guide méthodologique – plans de prévention des risques naturels – risques d'inondation, 1999

Ces documents de référence constituent le socle de la « doctrine des PPRi » sur laquelle s'appuient les services de l'Etat pour les élaborer.

1.3 LA PROCEDURE D'ELABORATION DU PPR

Les modalités d'élaboration du PPR sont codifiées dans les articles R562-1 à R562-9 du code de l'environnement.

1.3.1 Prescription

Article R562-1 : l'établissement des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles mentionnés aux articles L 562-1 à L 562-7 du Code de l'Environnement est prescrit par arrêté du préfet.

Article R562-2 : l'arrêté prescrivant l'établissement d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte. Il désigne le service déconcentré de l'Etat qui sera chargé d'instruire le projet.

Dans le cas du présent PPRI, c'est la DDT de la Savoie qui a été désignée « service instructeur ».

Cet arrêté définit également les modalités de la concertation relative à l'élaboration du projet.

Il est notifié aux maires des communes ainsi qu'aux présidents des collectivités territoriales et des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est inclus, en tout ou partie, dans le périmètre du projet de plan.

Il est, en outre, affiché pendant un mois dans les mairies de ces communes et aux sièges de ces établissements publics et publié au recueil des actes administratifs de l'Etat dans le département. Mention de cet affichage est insérée dans un journal diffusé dans le département.

Par ailleurs, depuis le 1er janvier 2013, l'arrêté de prescription doit également mentionner si une évaluation environnementale est requise. Le PPRi Tarentaise aval ayant été prescrit avant le 1^{er} janvier 2013, cette disposition ne s'applique pas. De même, l'obligation de réaliser une évaluation environnementale, après un examen au cas par cas, ne s'applique qu'aux PPR prescrits après le 1^{er} janvier 2013 (article 7 du décret n°2012-616 du 2 mai 2012, modifié par l'article 2 du décret n°2013-4 du 2 janvier 2013), le PPRi Tarentaise aval n'est donc pas soumis à évaluation environnementale.

1.3.2 Elaboration du PPR

La première phase opérationnelle consiste à réaliser les études techniques concernant les risques pris en compte sur le territoire de prescription du PPR.

Les études des aléas confrontées à l'analyse des enjeux du territoire permettent l'élaboration du zonage et du règlement en association avec les collectivités.

Le projet de PPR est également soumis à concertation avec le public selon les modalités définies dans l'arrêté de prescription.

1.3.3 Consultations

Article R562-7 : Le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles est soumis à l'avis des conseils municipaux des communes et des organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert en tout ou partie par le plan.

Si le projet de plan contient des mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets ou des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde relevant de la compétence des départements et des régions, ces dispositions sont soumises à l'avis des organes délibérants de ces collectivités territoriales. Les services départementaux d'incendie et de secours intéressés sont consultés sur les mesures de prévention des incendies de forêt ou de leurs effets.

Si le projet de plan concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la chambre d'agriculture et du centre national de la propriété forestière.

Tout avis demandé en application des trois alinéas ci-dessus qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois à compter de la réception de la demande est réputé favorable.

1.3.4 Enquête publique

Article R562-8 : Le projet de plan est soumis par le préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R. 123-6 à R. 123-23, sous réserve des dispositions des deux alinéas qui suivent.

Les avis recueillis en application des trois premiers alinéas de l'article R. 562-7 sont consignés ou annexés aux registres d'enquête dans les conditions prévues par l'article R. 123-17.

Les maires des communes sur le territoire desquelles le plan doit s'appliquer sont entendus par le commissaire enquêteur ou par la commission d'enquête une fois consigné ou annexé aux registres d'enquête l'avis des conseils municipaux.

1.3.5 Approbation et effets du PPR

Article R562-9 : A l'issue des consultations prévues aux articles R. 562-7 et R. 562-8, le plan, éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral. Cet arrêté fait l'objet d'une mention au recueil des actes administratifs de l'Etat dans le département ainsi que dans un journal diffusé dans le département.

Une copie de l'arrêté est affichée pendant un mois au moins dans chaque mairie et au siège de chaque établissement public de coopération intercommunale compétent pour l'élaboration des documents d'urbanisme sur le territoire desquels le plan est applicable.

Le plan approuvé est tenu à la disposition du public dans ces mairies et aux sièges de ces établissements publics de coopération intercommunale ainsi qu'en préfecture. Cette mesure de publicité fait l'objet d'une mention avec les publications et l'affichage prévus à l'alinéa précédent.

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles approuvé fait l'objet d'un affichage en mairie et d'une publicité par voie de presse locale en vue d'informer les populations concernées.

En outre, la partie législative du Code de l'Environnement précise que :

Article L 562-4 : Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles approuvé vaut **servitude d'utilité publique**. Il est annexé au Plan Local d'Urbanisme, conformément à l'article L 126-1 du Code de l'Urbanisme.

Par ailleurs, conformément à la loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la Sécurité Civile, postérieurement à l'approbation du PPRi, la commune dispose d'un délai de 2 ans pour mettre en place un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) dont l'un des objectifs principaux est l'organisation à mettre en place en cas de crise, que cette dernière soit liée aux inondations ou à tout autre risque (naturel ou non) répertorié sur la commune.

1.3.6 Résumé de la procédure

La Figure 1 sur la page ci-après affiche l'essentiel des étapes de la procédure d'élaboration d'un PPRi. Le PPRi une fois approuvé est consultable en Préfecture et en Mairie.

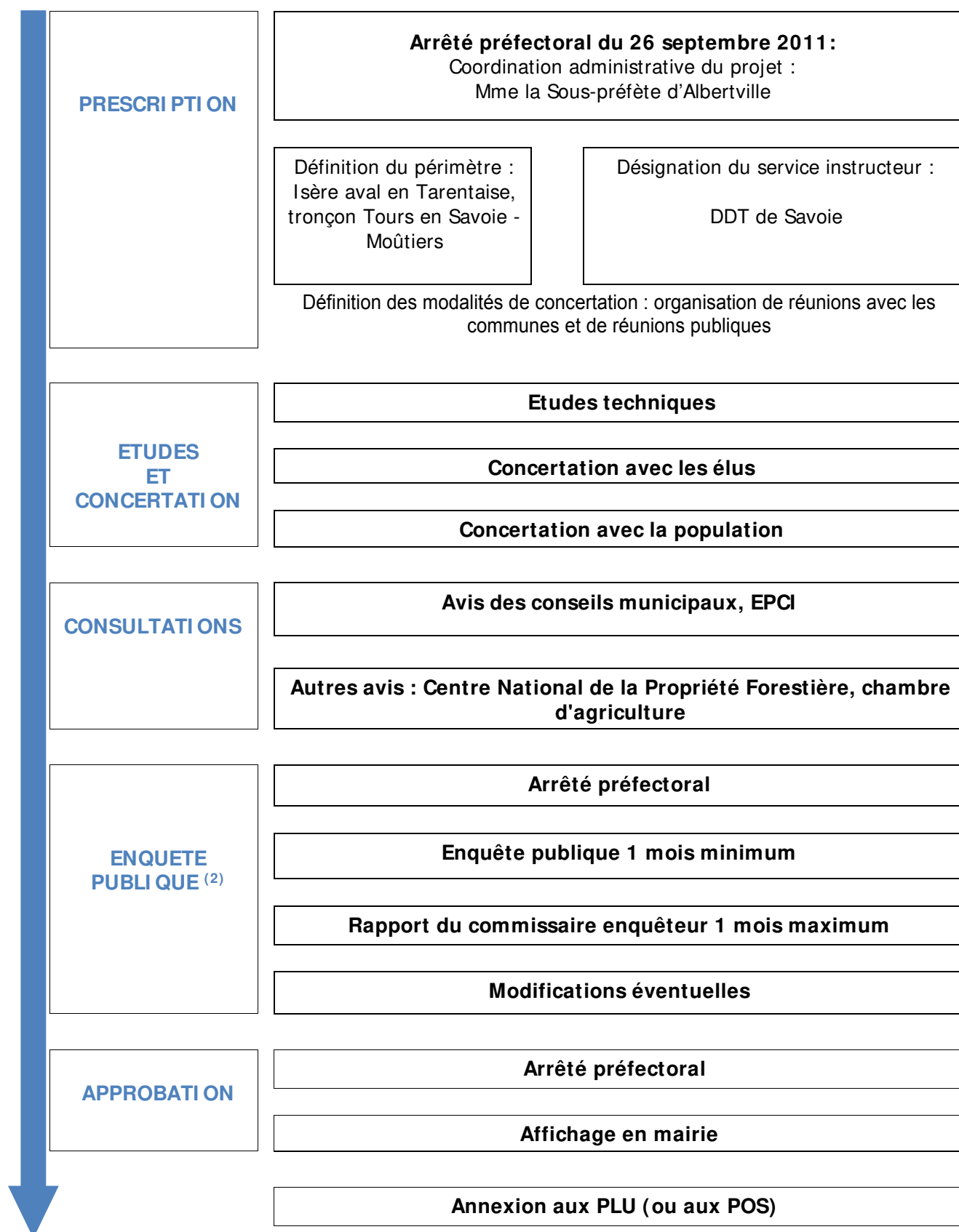


Figure 1 : Principales étapes de la procédure d'élaboration d'un PPRi

⁽²⁾ Dans les formes prévues par les articles L123-1 à L123-19 et R123-2 à R123-23 du code de l'environnement

2 PPRI DE L'ISERE AVAL SUR LE TRONÇON MOÛTIERS - TOURS EN SAVOIE - METHODOLOGIE D'ELABORATION

2.1 LES RAISONS DE LA PRESCRIPTION DU PPRI

2.1.1 *Des crues de l'Isère importantes et récurrentes.*

L'Isère, dans sa partie amont comme aval, a connu des épisodes de crues importants. Leurs conséquences restent encore gravées dans les mémoires.

Ces épisodes de crues sont détaillés dans le paragraphe 2.3.5 ci-après.

2.1.2 *Un nouvel Atlas des Zones Inondables*

L'Atlas des Zones Inondables (AZI) est un document cartographique de connaissance et d'information sur les zones inondables par débordement de cours d'eau. L'atlas des zones inondables ne constitue pas un document réglementaire directement opposable mais contribue à une prise en compte du risque d'inondation.

Dans le cadre de sa mission d'acquisition et d'actualisation de la connaissance des aléas inondations, la DDT a lancé la réalisation d'Atlas des Zones Inondables et de Plans de Prévention de Risque Inondation (PPRI) sur le linéaire amont et aval de l'Isère en Savoie (voir ci-après). Ces atlas ont pour objectif de permettre de bâtir des PPRI homogènes sur tout le linéaire de rivière de l'Isère en Savoie.

- Le tronçon amont de Moûtiers (centrale EDF) à Landry (confluent du Ponturin) a fait l'objet d'un Atlas des Zones Inondables (AZI) en 2012 réalisé par hydrétudes. L'élaboration du PPRI correspondant est en cours de réalisation (2014).
- Les précédents Atlas des Zones Inondables de l'Isère datent de 2002 (tronçon La Léchère - Tours en Savoie, hydrétudes) et de 2000 (tronçon Moûtiers - la Léchère, Sogreah). L'actualisation concerne :
 - la mise en conformité avec les débits de référence adoptés dans le cadre de l'élaboration du PPRI de la Combe de Savoie (secteur aval),
 - l'actualisation des données topographiques notamment en raison de l'évolution du lit de l'Isère et ses affluents (engraissement du lit, enfoncement, érosion des berges, etc.), de l'évolution de l'urbanisation,
 - la prise en compte du risque de brèche dans les digues.
- Le PPRI du secteur aval de la Combe de Savoie d'Albertville à la limite départementale (communes de Laissaud, Les Marches) a été approuvé en 2013.

2.1.3 *Les objectifs de la prescription du PPRI*

Le dossier du PPRI permet de disposer d'un document unique de gestion des risques inondation :

- pour garantir la prise en compte du risque dans les politiques d'urbanisation et d'aménagement,
- pour définir les orientations d'aménagement durable des communes au travers des documents d'urbanisme (PLU et carte communale),
- pour garder en mémoire et intégrer le risque sur l'ensemble des communes concernées, même sans document d'urbanisme,
- pour instruire en toute connaissance de cause les autorisations d'urbanisme,
- pour définir des actions de prévention individuelles ou collectives.

C'est dans ce contexte qu'un PPRI sur le tronçon de rivière de l'Isère allant de Moûtiers à Tours en Savoie (soit un peu plus de 25 km) a été prescrit par arrêté préfectoral du 26 septembre 2011.

2.2 LE PERIMETRE D'ETUDE ET LES PHENOMENES TRAITES

La zone d'étude concerne 13 communes de la vallée de la Tarentaise aval, avec d'amont en aval :

- | | | |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| 1. Moûtiers | 6. Bonneval, | 10. Saint Paul sur Isère, |
| 2. Salins les Thermes | 7. Feissons sur Isère, | 11. Esserts Blay, |
| 3. Le Bois, | 8. Rognaix, | 12. La Bathie, |
| 4. Aigueblanche, | 9. Cevins | 13. Tours en Savoie |
| 5. La Léchère, | | |

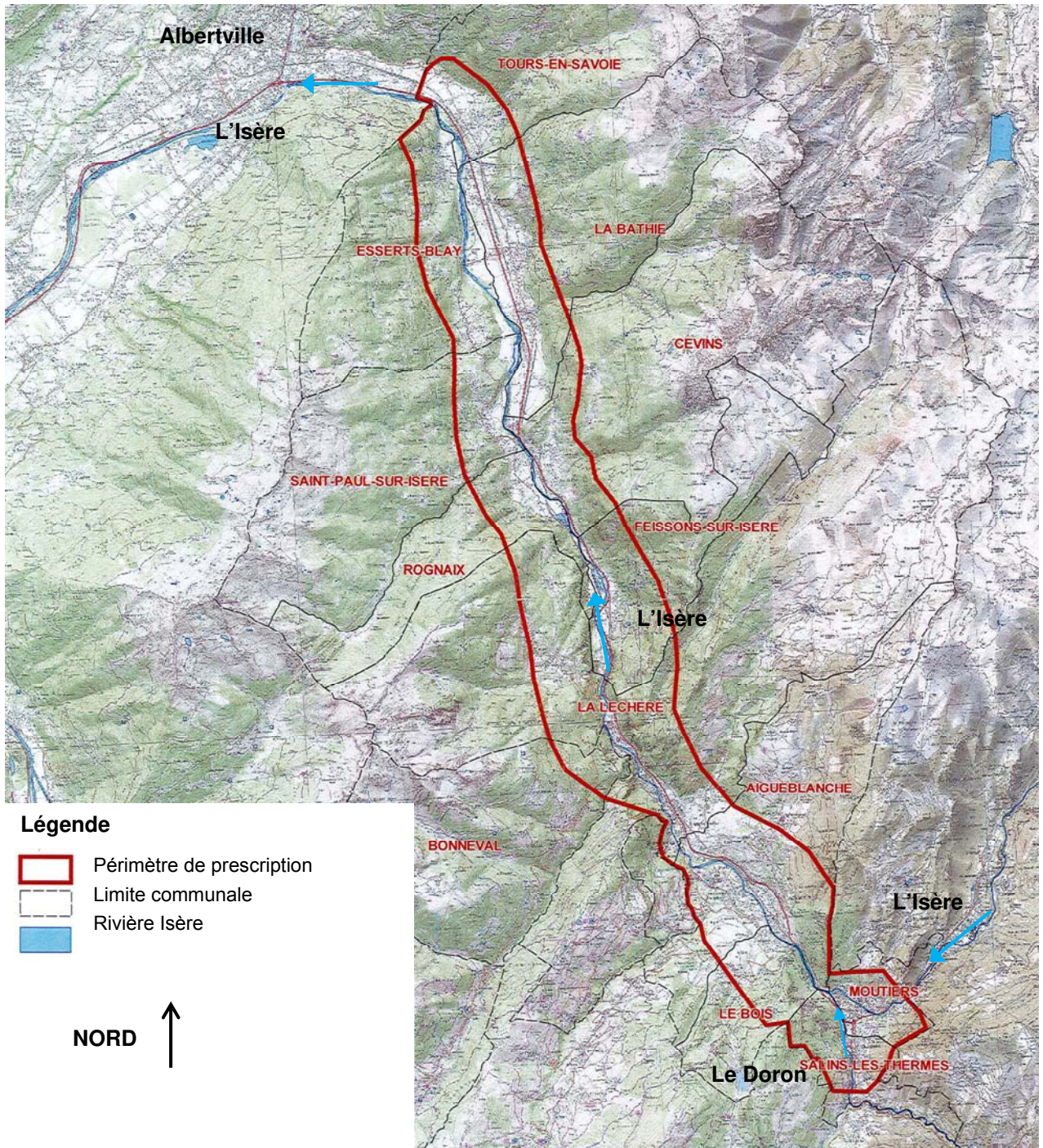


Figure 2 : Périmètre de prescription du PPRi Tarentaise aval

Les cours d'eau concernés sont :

- **L'Isère sur un linéaire de 25 km** entre la limite amont de Moûtiers (depuis l'amont de la centrale hydroélectrique) et la limite aval de Tours en Savoie,
- **La partie terminale des affluents** : il s'agit des affluents dont la partie terminale est impactée par les crues de l'Isère. La partie aval de la restitution EDF de la Bâthie a été intégrée à l'étude.

Tableau 1 : Liste des affluents modélisés

Affluents	Communes concernées	Linéaire modélisé
le Doron de Bozel	Moûtiers, Salins les Thermes	875 m
le Morel	La Léchère	65 m
l'Eau Rousse	La Léchère	48 m
le Torrent de Glaize	La Léchère	103 m
la Gruvaz	Cevins	75 m
le Bayet	Saint Paul sur Isère	95 m
le Ruisseau du Fay	Esserts-Blay	1110 m
le Bénétant	La Bâthie	232 m
le Ruisseau de Gubigny	La Bâthie	1230 m
le Ruisseau de la Coule	La Bâthie	230 m
le Ruisseau des Vignettes	La Bâthie	320 m
le Ruisseau des Montessaut	La Bâthie	520 m
La restitution EDF	La Bâthie	650 m
le Grand Ruisseau	Tours en Savoie	150 m

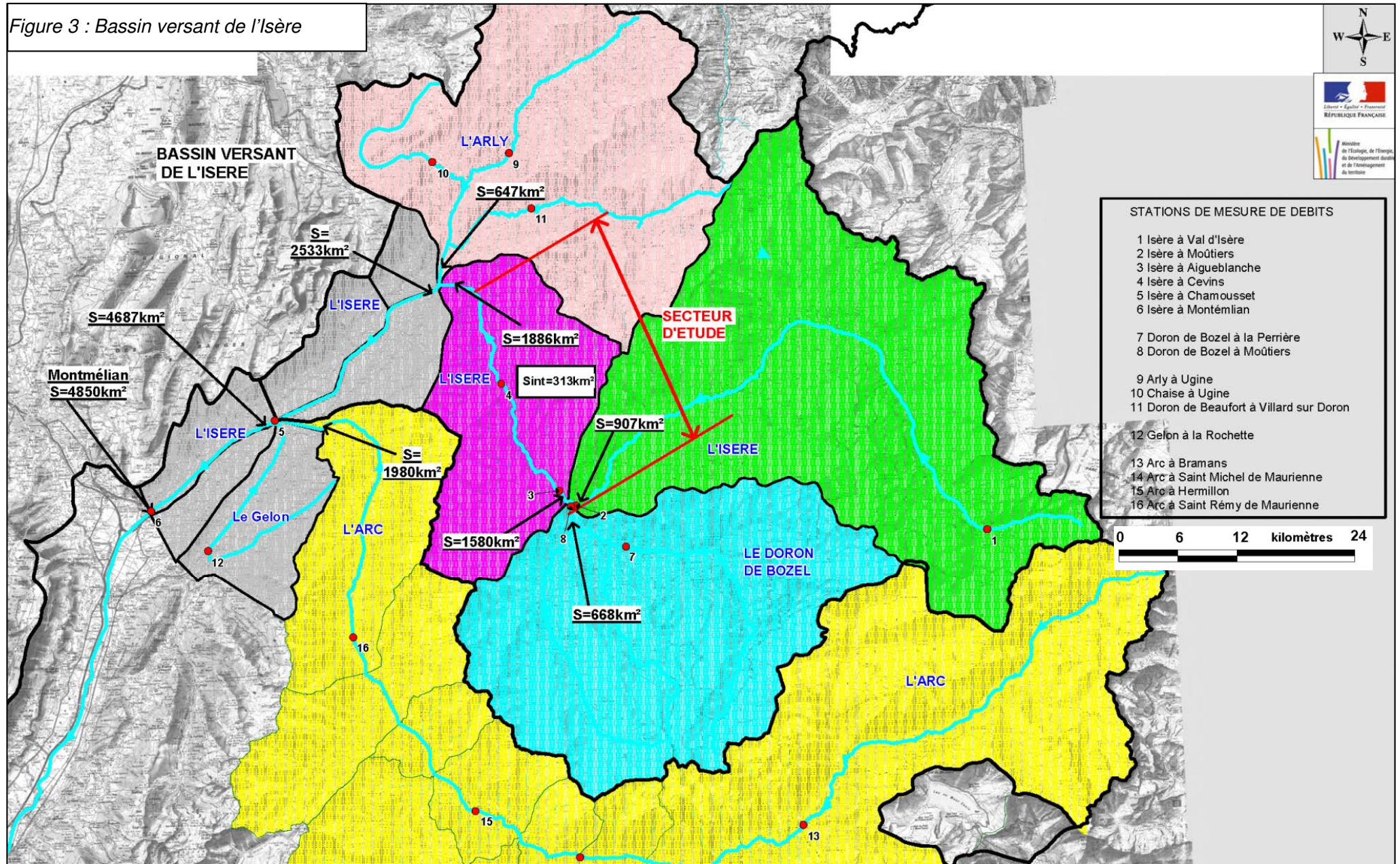
2.3 LE CONTEXTE HYDROLOGIQUE

L'analyse hydrologique a pour objectif de quantifier les débits de crue de l'Isère et de ses principaux affluents. Elle s'appuie sur une étude statistique des débits mesurés sur le bassin versant et sur une étude détaillée des crues historiques : mécanismes de genèse et fréquences d'occurrence.

Ces éléments permettent de définir les caractéristiques des événements de référence pour lesquels ont été réalisées les cartes d'aléa.

La Figure 3 ci-après présente la carte du bassin versant de l'Isère en Savoie, ainsi que des sous-bassins versants de ses principaux affluents.

Figure 3 : Bassin versant de l'Isère



2.3.1 Bassin versant de l'Isère

Le bassin versant total de l'Isère en amont d'Albertville couvre une superficie de 1886 km². Les altitudes de l'Isère sont comprises entre 2600 mNGF et 340 mNGF à Tours en Savoie, pour un linéaire de plus de 92 km, soit une pente moyenne de 4%. De nombreux sommets dépassent 3500 mNGF d'altitude.

L'Isère prend sa source en amont de Val d'Isère vers 2600 m d'altitude. En amont de Moûtiers le bassin versant (907 km²) est de forme compacte avec une vallée relativement encaissée. En aval de Moûtiers, l'Isère reçoit les apports du Doron de Bozel dont le bassin versant (668 km²) est de forme compacte.

Jusqu'à la confluence de l'Arly, le bassin versant est toujours de forme compacte avec l'apport de nombreux petits affluents.

La vallée d'abord encaissée avec un caractère torrentiel marqué s'élargit jusqu'en amont d'Albertville. L'Isère évoluait autrefois dans un lit en tresse.

Les bassins versants de l'Isère et du Doron de Bozel en amont de Moûtiers se caractérisent par des formations cristallines.

Plus de la moitié du bassin versant de l'Isère est situé au-dessus de 2000 m d'altitude. L'occupation des sols est essentiellement composée de pelouse et roche nues et de neiges éternelles (essentiellement glaciers). En dessous, les terrains sont essentiellement occupés par des forêts de conifères (préférentiellement sur les versants nord) et de hêtres.

En Tarentaise aval, les principaux pôles urbains sont représentés par Moûtiers, Aigueblanche, La Léchère et la Bâthie.

La surface drainée sur le secteur d'étude est comprise entre :

- 907 km² pour l'Isère en amont de Moûtiers (Altitude 480 mNGF, PK100.0),
- 1884 km² en aval de Tours en Savoie (Altitude 340 mNGF, PK125.0)

Le linéaire d'étude est de 25 km et correspond à une augmentation de 977 km² de la superficie du bassin versant, avec une pente moyenne de l'Isère de 0.57%.

Le climat de la Savoie est de type tempéré à tendance continentale avec des pluies régulières présentant un maximal estival à caractère souvent orageux. La pluviométrie est fortement influencée par le relief (intensité et cumul de pluie).

- On peut observer des cumuls supérieurs à 2000 mm/an sur les reliefs.
- En revanche certaines vallées protégées par le relief peuvent avoir un cumul annuel faible (600 à 800 mm/an). C'est le cas de la vallée de l'Isère en Haute Tarentaise.

La neige contribue à augmenter l'hydraulicité de l'Isère lors de la fonte des neiges notamment durant le printemps et l'été.

Deux types de pluie peuvent être à l'origine des crues de l'Isère :

- Les pluies intenses, combinées avec la fonte des neiges (mai-juin)
- Les pluies longues et intenses (octobre-novembre)

2.3.2 Les affluents de l'Isère en Tarentaise

L'Isère compte 20 affluents principaux sur le secteur d'étude (voir Tableau 2 ci-après), dont 11 en rive gauche et 9 en rive droite. On dénombre de nombreuses autres petites combes dont le bassin versant est inférieur à 1 km².

Ces torrents prennent naissance sur les sommets de la vallée de l'Isère qui s'élèvent entre 1950 et 2880 mNGF. Ils peuvent connaître des crues importantes lors d'orages violents, notamment en été, ou lors d'un redoux avec concomitance de fortes précipitations et de fonte des neiges.

Certains torrents sont susceptibles de charrier une quantité importante de matériaux en crue (charriage ou laves torrentielle, voir ci-après). Des cônes de déjection se sont ainsi formés en amont de la confluence avec l'Isère, où le lit de ces torrents se retrouve perché par rapport au terrain naturel.

Tableau 2 : Affluents de l'Isère sur le secteur (bassins versants)

Principaux affluents	Surface drainée	Principaux affluents	Surface drainée
- le Doron de Bozel	668.0 km ²	- l'Eau Rousse	56.4 km ²
- le Morel	31.0 km ²	- le Glaize	30.4 km ²
- Le Grand Nant de Naves	22.6 km ²	- le Bénétant	23.7 km ²
Autres affluents (1 à 20 km ²) :	Le Boilet, le Nant Noir, le Sécheron, le Villargerel, le Pussy, la Clef, la Gruvaz, le Bayet, le Moulins, le Roseley, les Vernays, le Grand Ruisseau, le Bochet, la Courtine		

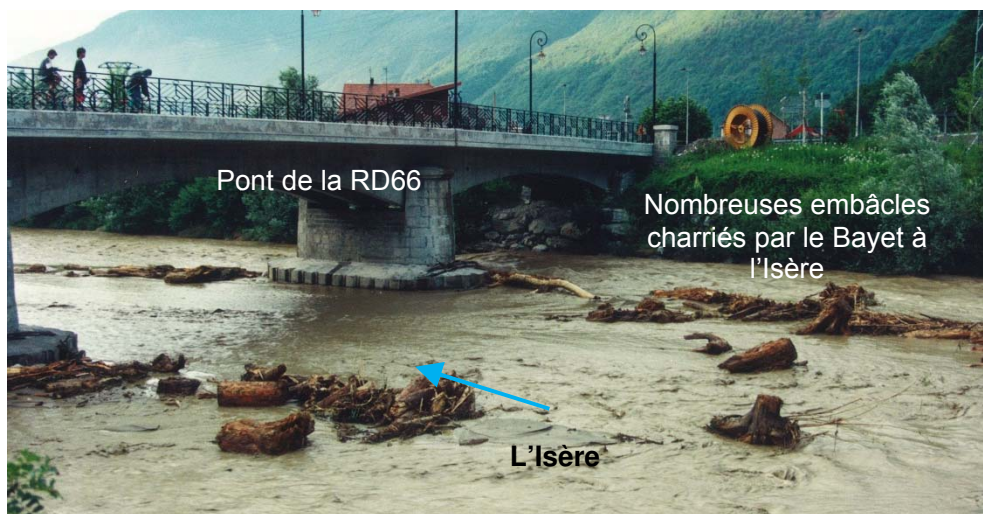
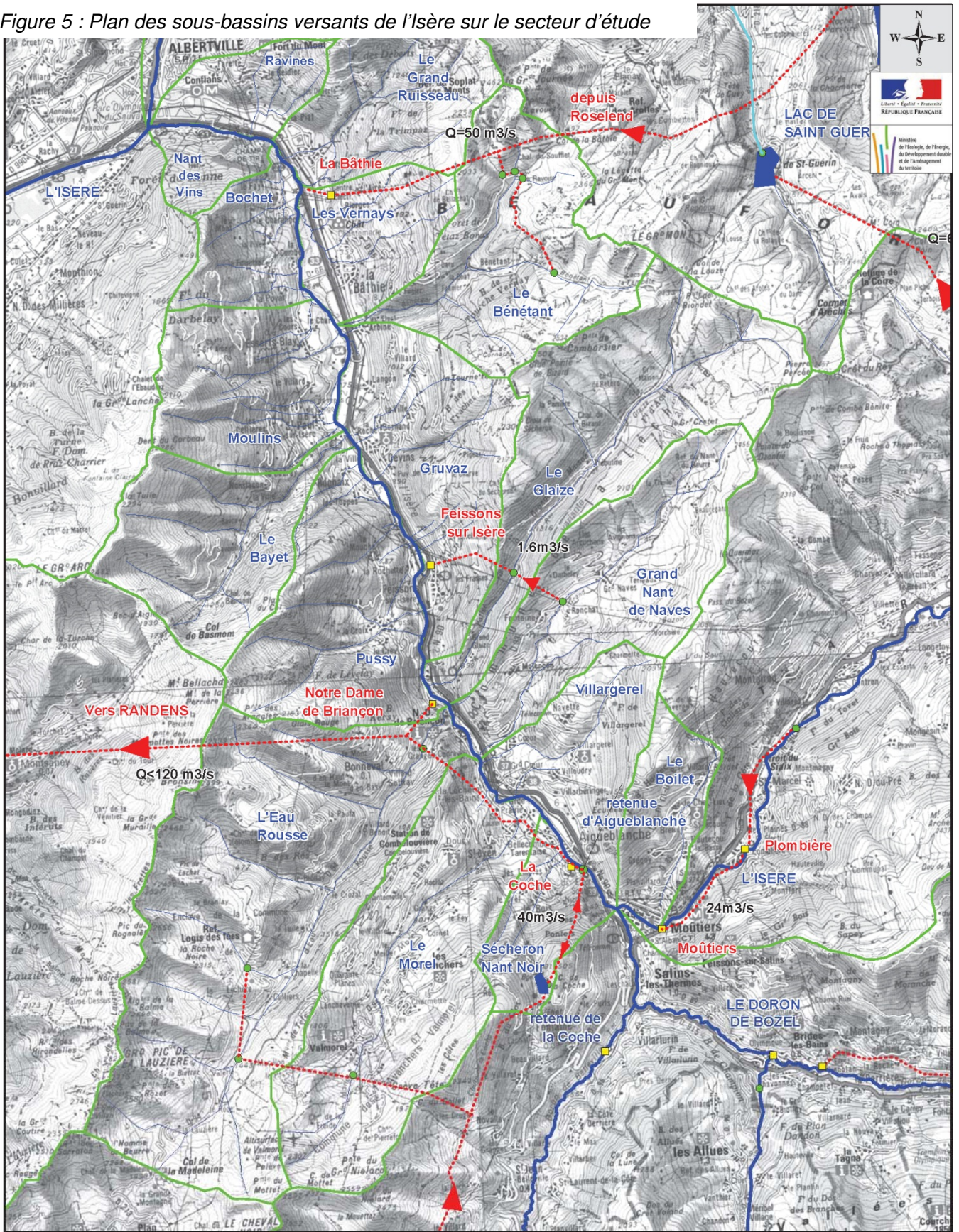


Figure 4 : Photos : Charriage du Bayet (07.1993) et transfert d'embâcles à l'Isère (pont RD66)

La Figure 5 page suivante présente les bassins versants des principaux affluents du secteur d'étude et les principales caractéristiques du réseau hydroélectriques.

Figure 5 : Plan des sous-bassins versants de l'Isère sur le secteur d'étude



	Prise d'eau EDF
	Centrale EDF
	Retenue hydro-électrique
	Conduite d'eau forcée
	Q=40m ³ /s Débit d'équipement

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION DE L'ISERE AVAL : MOUTIERS - ALBERTVILLE PRESENTATION DES SOUS BASSINS VERSANTS DE L'ISERE SUR LE SECTEUR D'ETUDE ET AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES		FIGURE 4
Immeuble l'Orient - 10 place Charles Béraudier - 69428 Lyon Cedex 3 Tél. : 04 27 85 48 80 - Fax : 04 27 85 48 81		JUIN 2012

2.3.3 Aménagements hydroélectriques de l'Isère

Les installations hydroélectriques majeures mises en place entre 1950 à 1980 ont modifié les régimes courants de l'Isère et ses principaux affluents (Dorons, Arly) en réduisant les amplitudes de débits (réduction des étiages d'hiver, ainsi que les hautes eaux d'été). Outre l'influence hydrologique, les barrages ont également un impact sur le transit des apports solides de l'Isère et ses affluents.

2.3.3.1 Ouvrages hydroélectriques

La Figure 6 ci-après présente l'implantation des principaux ouvrages hydroélectriques du bassin versant de l'Isère et ses échanges avec le bassin versant de l'Arc. On dénombre sur l'Isère :

- ≈ 85 prises d'eau gérées par EDF.
- 20 centrales EDF
- 16 prises d'eau et microcentrales privées

L'eau prélevée au droit des prises d'eau est dirigée dans des conduites forcées, galeries ou canaux vers la centrale où elle est turbinée.

Sur le bassin versant de l'Isère les centrales fonctionnent :

- Au fil de l'eau (majorité des cas) : l'eau est turbinée en permanence en fonction du débit d'entrée, sauf quand le débit descend en dessous du débit réservé.
- Par éclusées : l'eau est turbinée uniquement lors des pointes de consommation d'électricité. Les retenues se remplissent en permanence et se vident quelques fois par jour. Les variations de débit peuvent être importantes (débit de 2 à 50 m³/s en quelques minutes)
 - Ecluse simple : De petites tailles, les retenues se vident et se remplissent entièrement en quelques heures. (Ex : Usine de Viclaire sur l'Isère amont Bourg Saint Maurice)
 - Type Lac : Les centrales exploitent l'eau de grandes retenues (Ex : Usines de Brévières et Malgovert qui exploitent la retenue de Tignes ou l'usine de la Bâthie qui exploitent l'eau du lac de Roselend)
- STEP (Station de transfert d'énergie) : des masses d'eau sont échangées entre 2 bassins séparés par une dénivellation. L'usine produit de l'électricité en turbinant l'eau du bassin supérieur (pointe de consommation), et en consomme en renvoyant l'eau du bassin inférieur vers le supérieur (heure creuse).

Sur le secteur d'étude, les débits sont influencés par les aménagements ci-après :

- Usine de Moûtiers (1933 - au fil de l'eau) : alimentée par le barrage de Centrons sur l'Isère située à plus de 6 km en amont. L'usine est couplée avec la centrale de Plombière située 3 km en amont. Le débit d'équipement est de 24 m³/s.
- Usine de la Coche (1997 - STEP) : l'usine fonctionne entre la retenue d'Aigueblanche sur l'Isère (bassin inférieur) et la retenue de la Coche (bassin supérieur) située dans le bassin supérieur du Sécheron. Le débit d'équipement est de 40 m³/s.
- La retenue de la Coche (1972, V_{total} = 2.1 hm³, V_{utile}⁽³⁾ = 0.35 hm³) est alimentée par les prises d'eau situées sur le torrent de l'Eau Rousse, le torrent de Morel, le Nant Brun, le torrent des Encombres, le Doron de Belleville, le Doron des Allues.
- Retenue d'Aigueblanche dite des Echelles d'Hannibal (1954 – barrage, V_{total} = 0.7 hm³) : La retenue est alimentée par l'Isère et par l'usine de la Coche (50 m³/s). L'eau est envoyée vers l'usine de Notre Dame de Briançon (2.2 m³/s) et vers l'usine de Randens située sur l'Arc (débit

⁽³⁾ Le volume utile d'une retenue, inférieur au volume total, correspond au volume compris entre les cotes minimale et maximale d'exploitation de l'ouvrage.

d'équipement < 120 m³/s). Elle constitue le bassin inférieur pour l'usine de la Coche. La capacité utile est de 400 000 m³

- Usine de Notre Dame de Briançon (2002 – fil de l'eau) : l'usine alimentée par la retenue d'Aigueblanche et par une prise d'eau sur l'Eau Rousse (Q_{max} = 2.1 m³/s) restitue les débits dans l'Isère en aval de l'Eau Rousse sur la commune de la Léchère au droit du lieu-dit Contamine d'En Bas (Q_{max} = 2.2 m³/s).
- Feissons sur Isère (1956 – fil de l'eau) : l'usine est alimentée par une prise d'eau sur le Grand Nant de Naves (Q_{max}=1.1 m³/s) et sur le torrent de Glaize (Q_{max}=0.6 m³/s). La restitution s'effectue à Feissons sur Isère au droit du Croitet.
- La Bâthie sur Isère (1956 – 1961 – lac) : Le débit d'équipement maximum de l'usine est de 55.6 m³/s. l'usine de la Bâthie est alimentée par des prises d'eau sur le lac de Roselend, le Bénétant (Q_{max} = 1 m³/s) et son affluent l'Arbine (Q_{max} = 2 m³/s).
- La retenue de Saint Guérin (1961 - 13 hm³) : Le lac est alimenté par le torrent de Saint Guérin ainsi que des prises d'eau sur l'Ormente affluent amont de l'Isère. L'exutoire est le Doron de Beaufort affluent de l'Arly. Il alimente aussi le lac de Roselend. Le volume utile est de 65 000 m³.
- La retenue de Tignes (1950 – 224 hm³) : Elle alimente les usines de Brévières et Malgovert pour un débit d'équipement de 50 m³/s. Elle est alimentée par l'Isère, mais aussi des prises d'eau sur le Clou, le Landry, la retenue de la Sassièrre et la prise d'eau de l'Ecot sur l'Arc. Le volume utile est de 632 000 m³.
- La retenue de Sassières (1959 – 10.5 hm³) : Aménagée sur le Crue, elle alimente la retenue de Tignes. Le volume utile est de 153 000 m³.
- La retenue de Montrigon (1959 – 0.65 hm³) : Aménagée sur l'Isère, elle permet la compensation de la restitution de l'usine de Montgalbert.
- La retenue de Roselend (1962 – 187 hm³) : Le lac est alimenté par des prises d'eau sur le Doron de Beaufort (lac de la Gittaz Q=7 m³/s) ainsi que par l'usine des Saucés (50 m³/s) qui est alimentée par des prises d'eau sur des affluents de l'Isère amont (Mercuel, Saint Claude, Moulins, Reclus, Versoyen, Glaciers, Neuva, etc.) Le volume utile est de 925 000 m³. Il est aussi alimenté depuis le lac de Saint Guérin.
- La retenue de la Gittaz (1967 – 13 hm³) : Alimentée par le torrent de la Gittaz et les prises d'eau du Sallestet, elle alimente le lac de Roselend. Le volume utile est de 110 000m³.
- La retenue de la Girotte (1949 – 49 hm³) : Alimentée par les eaux du glacier de Tré la Tête par conduite forcée (bassin versant de l'Arve), les eaux sont restituées au torrent du Dormet puis du Doron de Beaufort. Le volume utile est de 115 000 m³. (Q_{max}=13.2 m³/s)
- Prise d'eau de l'Ecot sur l'Arc : la prise d'eau alimente pour partie l'usine de Val d'Isère (1959, Q_{max} = 16.2 m³/s) pour un débit maximum de 6.7 m³/s.
- Barrage de Saint Martin la Porte sur l'Arc (1974) : il dérive au maximum 90 m³/s vers l'usine d'Hermillon avec compensation dans le bassin de Longefan dont une restitution s'effectue au PK 41.15. La majeure partie des débits est dérivée vers l'Isère depuis 1980 (au maximum 72 m³/s) à l'usine du Cheylas et compensation dans le lac du Flumet.
- Usine de Randens (1954) : Dérivation des débits de l'Isère depuis la retenue d'Aigueblanche vers l'Arc avec restitution au maximum de 120 m³/s à Randens dans l'Arc au ≈PK10.2.

2.3.3.2 Gestion du barrage d'Aigueblanche

La gestion des niveaux d'eau dans la retenue est la suivante :

- La cote des Plus Hautes Eaux (PHE) est de 473.00 mNGF
- En exploitation normale, le barrage est exploité entre les cotes 471 et 466 mNGF
- A partir d'un débit entrant de 175 m³/s, le niveau d'eau est maintenu sous la cote de 468 mNGF.

- Au-delà de 200 m³/s, le niveau du plan d'eau est abaissé sous la cote 467.20 mNGF.
- Au-delà de 250 m³/s le niveau du plan d'eau est abaissé jusqu'à l'effacement de la retenue si l'accroissement des débits se confirme
- A la décrue, il peut être procédé soit à une opération de chasse, soit à la remise en eau de la retenue pour atteindre les niveaux de consigne.
- Le temps d'ouverture des vannes de fond est de 40 minutes.

Les débits en aval du barrage sont gérés comme indiqué ci-dessous :

- Pour des débits entrants inférieurs à 250 m³/s, le débit sortant est limité au débit entrant + 20 m³/s
- Pour des débits entrants supérieurs à 250 m³/s, le débit sortant est limité au débit entrant + 25%.

Les débits annuels moyens sont de :

- 50.0 m³/s en entrée (min 34 m³/s en janvier et max 98 m³/s en juin)
- 3.6 m³/s en sortie (min 1.4 m³/s en janvier et max 15.5 m³/s en juin)

2.3.3.3 Impact des aménagements sur les débits de crue

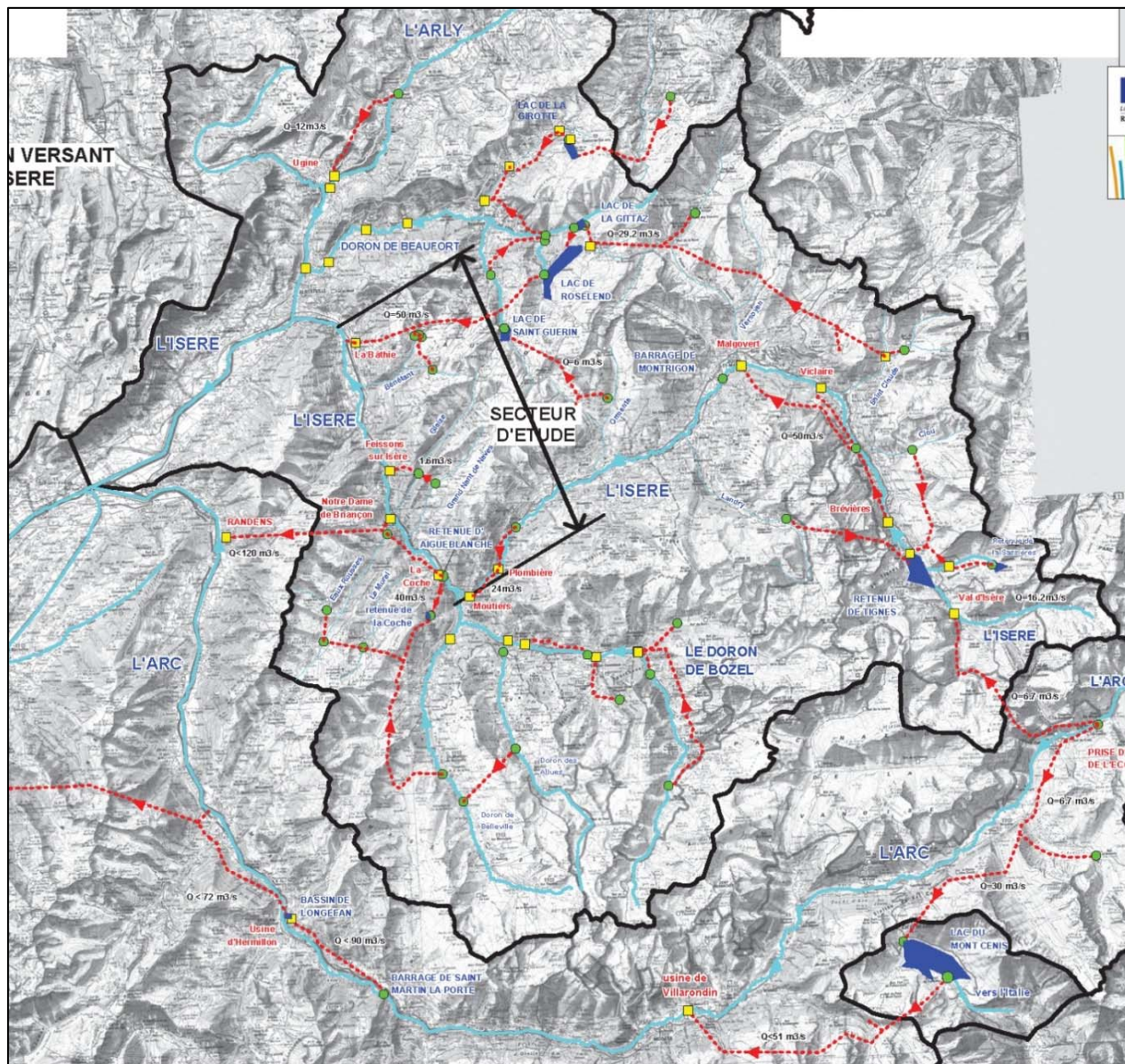
L'incidence des aménagements sur les débits de crue de l'Isère est difficile à estimer de manière globale en raison des nombreuses interactions et des consignes de gestion des ouvrages EDF.

On peut toutefois considérer les principaux résultats suivants :

- les prélèvements effectués sur les différents bassins versants n'interviennent pas sur les fortes crues de type centennal, mais ont une influence sur les crues de petites périodes de retour (annuelle, 2 ans) notamment en raison des dérivations des débits de l'Isère à Aigueblanche.
- Le prélèvement du Doron de Beaufort est restitué dans l'Isère à La Bâthie, et s'élève en moyenne à 14 m³/s sans que l'importance de la crue ait une influence sur ce prélèvement
- Le prélèvement de l'Isère à Aigueblanche vers l'Arc (Randens) est progressivement arrêté en fonction de l'importance de la crue. Il est quasi-nul à partir d'une crue décennale de l'Isère à Aigueblanche.
- Le prélèvement sur le bassin de l'Arc (prise d'eau de l'Ecot) vers le bassin de l'Isère est progressivement arrêté en fonction de l'importance de la crue. Il n'a pas d'influence sur la crue centennale malgré le fait que le seuil d'arrêt ne soit pas clairement identifiable
- Influence des retenues d'eau. L'objectif des retenues est la production d'électricité et non la gestion des crues. Les règles de gestion diffèrent selon les retenues. A noter que l'objectif de production d'électricité implique que les retenues soient pleines au mois d'octobre et n'offrent donc pas de réserve pour écrêter les crues d'automne.

En conclusion, ces aménagements n'ont pas d'impact significatif sur les débits de fortes crues de type centennal de l'Isère.

Figure 6 : Plan d'implantation des aménagements hydroélectriques



- Prise d'eaux EDF
- Centrale EDF
- Retenue hydro-électrique
- - - - - Conduite d'eau forcée
- ▶ Débit d'équipement

2.3.4 Stations de mesures de débits

Le réseau d'observation de l'Isère est constitué :

- d'échelles mises en place par EDF qui permettent des lectures de hauteurs d'eau dans l'Isère et ses affluents lors des crues,
- des stations limnigraphiques gérées par EDF ou la DREAL Rhône Alpes enregistrant en continu la hauteur d'eau, pour lesquelles des stations de tarage ont été généralement établies à partir de jaugeages réguliers.

Notons que les périodes d'observation ne constituent pas des séries hydrologiques homogènes, compte tenu notamment des aménagements hydroélectriques de la vallée qui en modifient le régime

(aménagements de Tignes, Roselend, Randens, etc.). Les débits mesurés après la mise en eau des aménagements correspondent à des débits influencés par la gestion des ouvrages.

Certains postes disposent de séries longues, leur exploitation est rendue difficile en raison :

- de l'influence des aménagements hydroélectriques
- de la qualité souvent douteuse pour les mesures anciennes
- des lacunes de mesures pour certaines stations

Tableau 3 : Liste des stations hydrométriques exploitables, situées sur le bassin et aux alentours

Cours d'eau	Station	Gestionnaire	Surface drainée (km ²)	Mise en service	Période exploitable	Nbre d'années
L'Isère	Val d'Isère	DREAL RA	47.5	1948		56
	Malgovert	EDF	387			
	Moûtiers	EDF	907	1903	1952-1973	101
	Aigueblanche	EDF	1582	1955	1955-2002	49
	Cevins	EDF	1780	1982	1995-2012	30
	Chamousset	EDF	4625	1963	1971-2012	48
	Montmélian	DREAL RA	4850	1988	1988-2012	23
Le Doron de Bozel	Vignotan	EDF	330	1931	1949-2002	73
	Moûtiers	DREAL RA	668	1903	1903-1979	76
La Chaise	Ugine	DREAL RA	79	2001	2001-2012	10
L'Arly	Ugine	EDF	225	1974	1989-2012	37
Le Doron de Beaufort	Villard sur Doron	EDF	244	1960-1986	1961-1973	26
L'Arc	St Michel de Maurienne la Saussaz	EDF	939	1948	1977-2012	66
L'Arc	St Rémy de Maurienne	EDF	1760	1986	1988-2012	27
Le Gelon	la Rochette	DREAL RA	62	1983	1984-2012	28

Les stations de la banque HYDRO du Ministère de l'Environnement, situées sur l'emprise de la zone d'étude, et pour lesquelles des données de débit sont disponibles, sont présentées dans le Tableau 4 ci-après.

2.3.5 Crues historiques

Les observations de terrain, l'analyse des événements passés et récents, les enquêtes de terrain sont de première importance et sont indispensables pour comprendre les mécanismes d'évolution du lit durant la crue et les conditions d'écoulement et de débordement de l'Isère en relation avec ses matériaux.

- **La crue historique la plus importante connue est celle de 1859** (3 m à Moûtiers) dont le débit a été estimé à 800 m³/s en amont de l'Arc.
- **La dernière crue marquante du siècle dernier est celle de 1940** dont le débit a été estimé entre 283 m³/s et 554 m³/s à Moûtiers, et à 550 m³/s en amont de l'Arly soit une période de retour de l'ordre de 40 à 50 ans.
- Notons la **crue d'octobre 1981** dont le débit a été estimé à 240 m³/s à Moûtiers soit une période de retour de 30 ans.

Il n'y a pas eu de crue majeure depuis les 30 dernières années.

Tableau 4 : Stations hydrométriques situées sur la zone d'étude.

Stations	Surface drainée (km ²)	Période exploitable	Remarque
Isère à Moûtiers	907	1952-1973	En service. Permet de mesurer l'impact des aménagements hydroélectriques. Les débits antérieurs à 1981 sont validés douteux. Les débits sont naturels de 1903-1951 et sont influencés par les aménagements postérieurs à 1952 (Tignes, dérivation de l'Arc à l'Ecot, etc.). Les valeurs anciennes indiquées dans la banque hydro sont surestimées et calculées arbitrairement en fonction des débits moyens.
Isère à Aigueblanche	1582	1955-2002	En service. Le poste donne les débits réels : naturels + transférés à Randens. Débits douteux de 1989 -1995
Isère à Cevins	1780	1995-2012	En service. Le poste est récent et permet de corréler les débits d'Aigueblanche
Doron de Bozel à Moûtiers	668	1903-1979	Arrêtée en 1979 avec des lacunes et débits jugés douteux. Actuellement exploitée par EDF, valeurs disponibles sur demande.
L'Arly à Ugine	225	1989-2012	En service. Chronique longue. Les débits sont jugés bons depuis 1993. Les débits sont influencés par l'aménagement EDF d'Ugine car station placée sur un bras court-circuité

Les crues récentes, de faible période de retour (1999, 2004, 2008, 2010), ont été faiblement débordantes et ont surtout provoqué des érosions de berge pouvant déstabiliser les infrastructures installées en bordure.

- La crue de 1953 a inondé le secteur les Isles à Rognaix
- Durant la crue d'octobre 1981, le pont d'Esserts Blay s'est effondré ce qui a entraîné la rupture d'une canalisation d'eau potable.
- La crue de mai 1999 a provoqué de nombreuses érosions de berges (voir Figure 7 ci-dessous) entre Cevins, Rognaix et Tours en Savoie.

Par ailleurs, on observe que :

- Concernant la saisonnalité, les crues s'effectuent majoritairement entre mai et juillet, avec des pics plus marqués de fin mai à fin juin (concomitance pluie et fonte des neiges) et en octobre. Plus rarement des crues ont lieu de juillet à octobre.
- L'impact des aménagements hydroélectriques est visible avec une baisse des débits après 1953, notamment en aval d'Aigueblanche.

L'analyse des hydrogrammes de crues enregistrés sur l'Isère a été réalisée sur les crues récentes de 1981 à 2012 (7 crues). Elle a permis de préciser les caractéristiques des crues (temps de montée, durée, volume, etc.).



Figure 7 : Photo de la crue de 1999 – Erosion de berge à Cevins

Les Figure 8 et Figure 9 présentent les hydrogrammes de crue de l'Isère aux stations hydrométriques de Moûtiers et Cevins pour les crues de 1981 (uniquement à Moûtiers), 1999, 2000, 2006, 2008.

La durée et la forme des hydrogrammes de crues de l'Isère sont très irrégulières avec parfois plusieurs pics de crue.

- Les temps de montée moyens sont compris entre ≈ 12 h à Moûtiers et ≈ 18 h à Cevins,
- Les durées moyennes de crue sont comprises entre ≈ 36 h à Moûtiers et plus de 57h à Tours en Savoie.

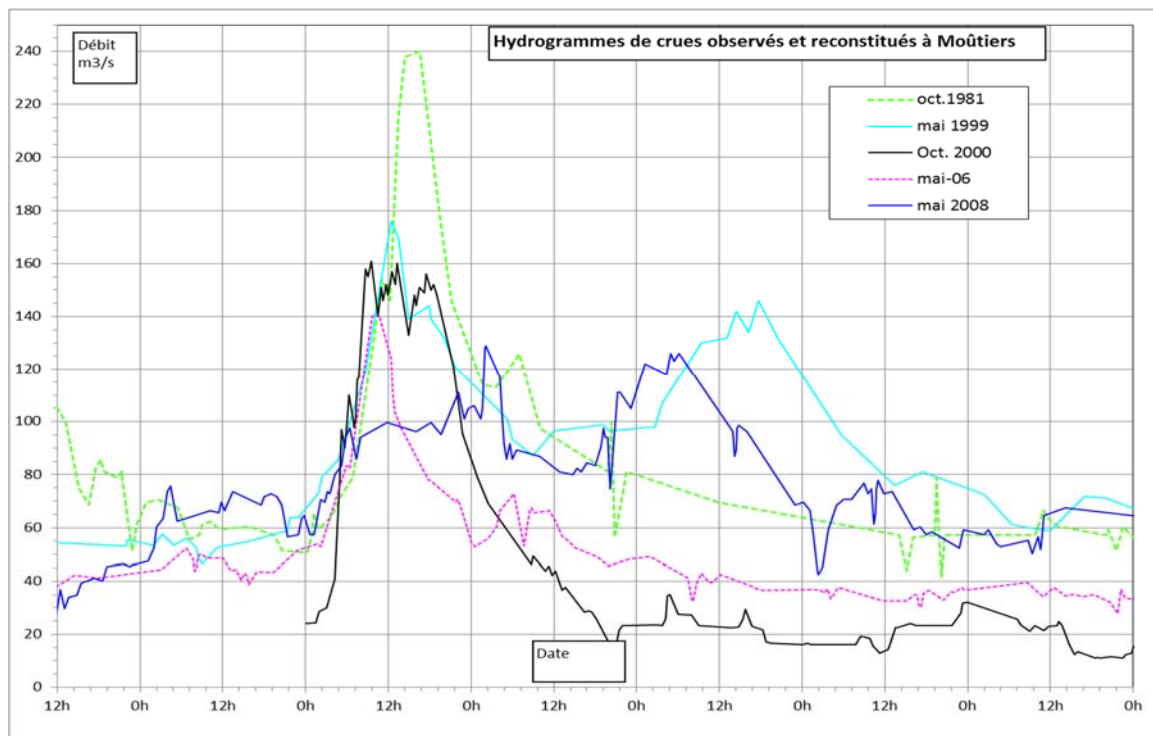


Figure 8 : Hydrogrammes de crues historiques à Moûtiers

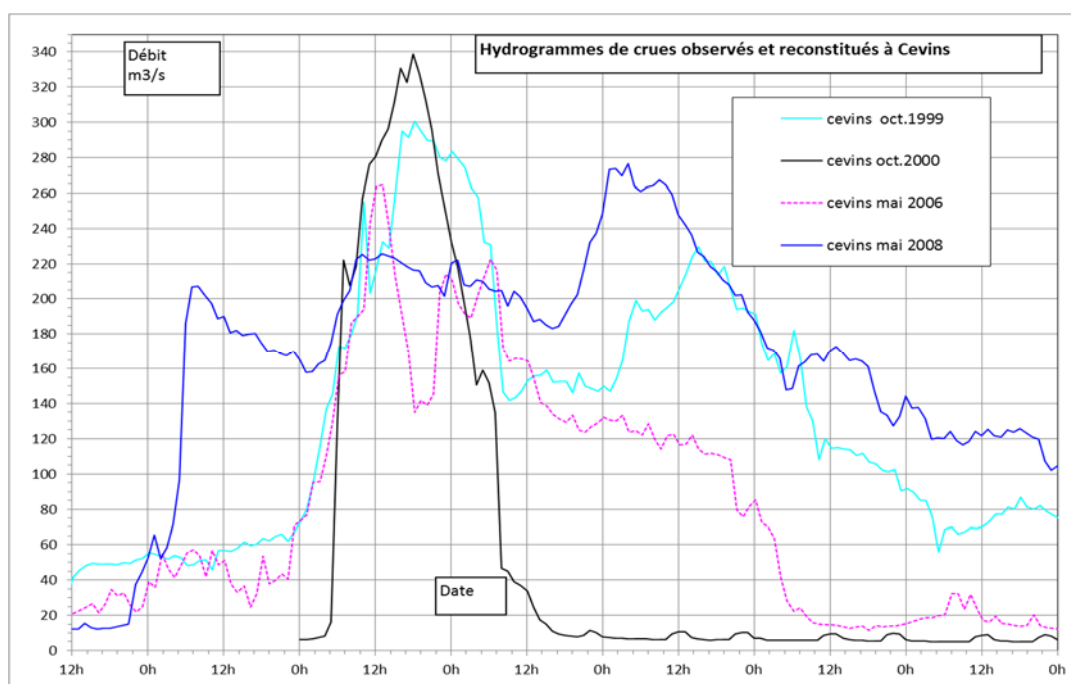


Figure 9 : Hydrogrammes de crues historiques à Cevins

2.3.6 Crues de référence

Une analyse statistique des débits maxima annuels permet de définir la période de retour des crues historiques mesurées sur les cours d'eau jaugés, et de définir les débits de période de retour centennale.

La période de retour d'une crue exprime en années, la probabilité de voir se produire un tel événement chaque année. Par exemple, une crue de période de retour 2 ans a un risque sur deux d'être atteinte ou dépassée chaque année.

Une crue centennale est une crue qui a un risque sur 100 d'être atteinte ou dépassée chaque année. Cependant, une crue centennale ne se produit pas tous les 100 ans.

Pour l'estimation des débits de crue de référence sur l'Isère et ses affluents, la méthodologie suivante a été appliquée :

- Analyse critique des études anciennes réalisées entre 1968 et 2011, sur l'ensemble du territoire ou localement,
- Recueil des données de débits enregistrés aux stations hydrométriques, jusqu'à 2011,
- Traitement statistique de ces données pour calculer les débits de crues fréquentes (période de retour inférieure à 20 ans)
- Application de méthodes hydrologiques validées (méthode du gradex) pour l'estimation des débits de fréquence plus rare (période de retour entre 30 et 100 ans).

Le Tableau 5 ci-après présente les débits de pointe de référence retenus sur l'Isère, à l'issue de l'analyse hydrologique.

Tableau 5 : Débits de pointe retenus aux principaux points du secteur

Station	PK modèle	Surface	Q _{2ans}	Q _{5ans}	Q _{10ans}	Q _{20ans}	Q _{30ans}	Q _{50ans}	Q _{100ans}
	Km	Km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Isère à Moûtiers	101.100	907	93	140	171	200	241	292	360
Isère aval Doron	101.100	1575	188	267	319	369	440	529	650
Isère à Cevins	114.764	1785	204	289	346	400	477	574	704
Isère à Tours en Savoie	124.850	1888	211	300	359	415	494	595	730
Doron à Moûtiers	100.680	668	99	128	147	165	214	276	360

2.4 DEFINITION DE LA CRUE DE REFERENCE ET DE L'ALEA INONDATION

Un modèle numérique de simulation des écoulements de l'Isère dans la vallée aval de la Tarentaise et de ses affluents a été mis en œuvre afin de définir l'aléa inondation par débordement, à partir de levés topographiques détaillés récents et des levés de terrain.

Le modèle hydraulique a permis de définir les secteurs inondés pour un événement hydrologique donné, et de quantifier les vitesses d'écoulement et les hauteurs de submersion en tout point de ces secteurs.

La modélisation des écoulements de l'Isère a pris en compte les risques d'engrèvement du lit et de désordres (divagation, érosion) dans les zones de confluence des affluents principaux.

2.4.1 Définition de la crue de référence

La circulaire du 24 janvier 1994 précise que l'événement de référence à retenir pour l'aléa est « *la plus forte crue connue et, dans le cas où celle-ci serait plus faible qu'une crue de référence centennale, cette dernière* ».

Compte tenu des conclusions de l'étude hydrologique, **la crue de période de retour centennale est retenue pour la définition de l'aléa inondation en Tarentaise aval.**

2.4.2 Caractérisation des niveaux d'aléa

Les niveaux d'aléa sont déterminés en fonction de l'intensité des paramètres physiques de l'inondation de référence, qui se traduisent en termes de dommages aux biens et de gravité pour les personnes :

- **hauteurs de submersion**, calculées par croisement entre les résultats du modèle hydraulique et la topographie levée,
- **vitesses d'écoulement** calculées par le modèle.

Quatre classes d'aléa sont ainsi définies, et reportées sur les cartes d'aléas :

- **Aléa très fort** : hauteur d'eau supérieure à 1 m et vitesse d'écoulement supérieure à 0.5 m/s.
- **Aléa fort** : hauteur d'eau inférieure à 1 m et vitesse supérieure à 0.5 m/s, ou hauteur d'eau supérieure à 1 m, et vitesse d'écoulement inférieure à 0.5 m/s
- **Aléa moyen** : hauteur d'eau inférieure à 1 m et vitesse comprise entre 0.2 et 0.5 m/s, ou hauteur d'eau comprise entre 0.5 et 1 m et vitesse inférieure à 0,2 m/s
- **Aléa faible** : hauteur d'eau inférieure à 0,5 m, et vitesse inférieure à 0.2 m/s.

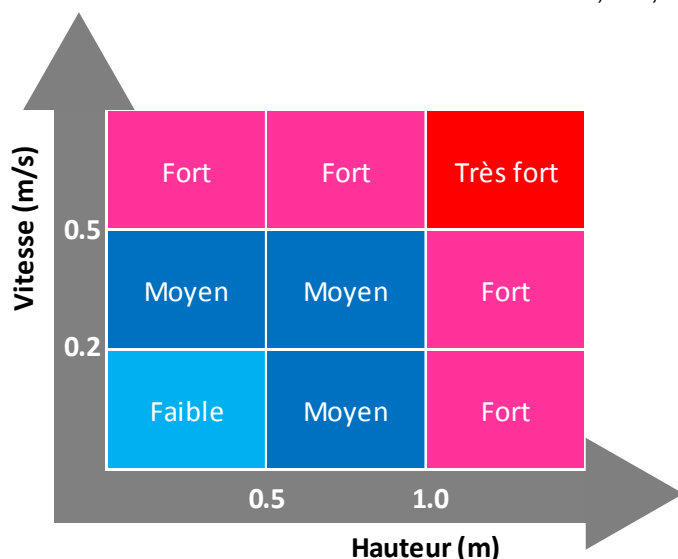
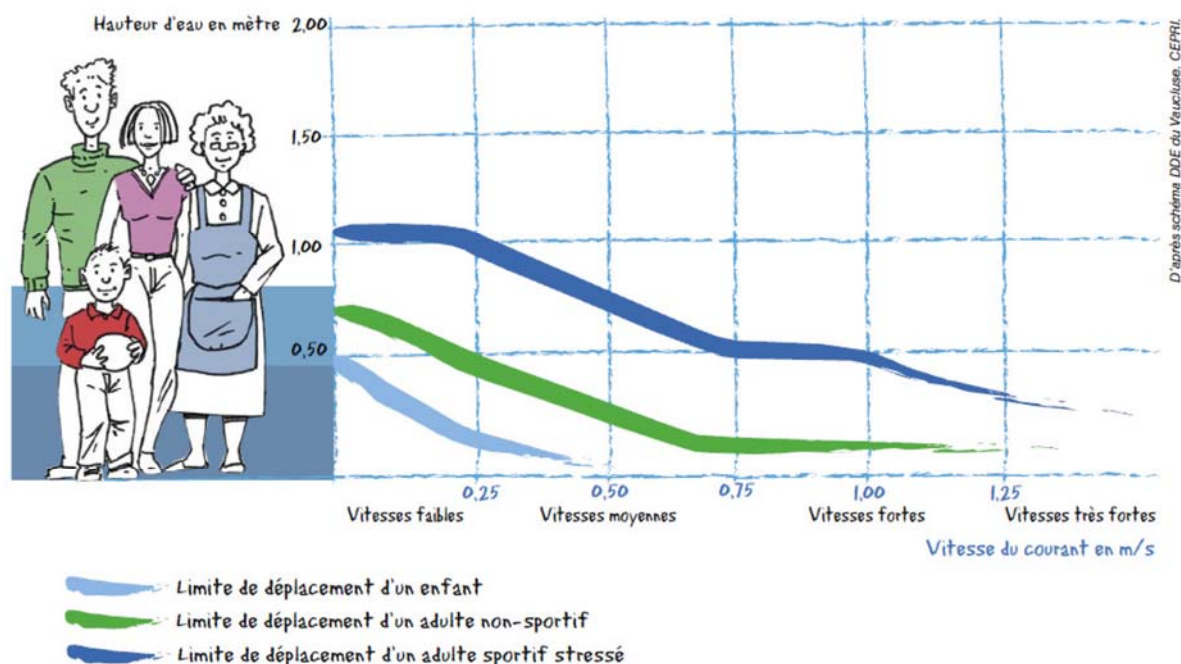


Figure 10 : Caractérisation de l'aléa inondation

Quel risque pour les populations ?

Le graphique ci-dessous reprend les conclusions d'une étude relative aux déplacements des personnes dans l'eau. Ce document met en évidence les problèmes de protection des personnes en cas de crue.

Le risque pour les personnes est fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse du courant : une faible hauteur d'eau (quelques dizaines de centimètres) peut suffire à entraîner un adulte en bonne condition physique et a fortiori les personnes moins résistantes. Les décès restent malheureusement fréquents, une part importante d'entre eux résultant de la négligence des conditions de sécurité (personnes s'engageant en voiture sur une route inondée, personnes se mettant à l'eau...).



On s'aperçoit que :

- pour un enfant, au-delà de 0,25 (0,25 m pour la hauteur et 0,25 m/s pour la vitesse), il lui est quasiment impossible de rester debout,
- pour un adulte non sportif, ces valeurs sont portées à 0,50 (0,50 m pour la hauteur et 0,50 m/s pour la vitesse),
- pour un adulte sportif (stressé), il lui est difficile de rester debout au-delà de vitesses fortes (vitesse supérieure à 1,25 m/s).

2.4.3 Définition de l'aléa rupture de digue

2.4.3.1 Généralités

De nombreuses digues sont présentes en bordure de l'Isère et de ses affluents (Doron, etc.). Elles permettent de protéger les zones situées derrière celles-ci contre certaines crues de l'Isère. Cependant, ces ouvrages restent faillibles, et des brèches peuvent se former à l'occasion d'une crue, occasionnant alors l'inondation des secteurs situés derrière. Les phénomènes d'inondation causés suite à une brèche dans une digue sont généralement violents, inattendus, avec des vitesses d'écoulement élevées.

2.4.3.2 Choix des scénarios de rupture

Ce risque de rupture de digue avéré doit être pris en compte dans la définition de l'aléa inondation, et cartographié. Plusieurs scénarios de rupture de digue ont donc été définis et modélisés. Les scénarios de rupture ont été retenus en fonction des paramètres suivants :

- Topographie de la digue

- Dynamique du cours d'eau
- Constitution et état de la digue
- Risque de surverse pour la crue de référence
- Importance des enjeux situés derrière la digue

Les digues identifiées sur l'Isère ont ainsi été classées en fonction du risque potentiel de rupture évalué sur la base de ces paramètres d'une part, et de la gravité de cette rupture d'autre part.

La RN90 a été exclue des scénarios en raison de sa résistivité. Seules les digues de premier rang ont été prises en compte.

Au final 5 scénarios de rupture de digue ont été retenus.

La modélisation hydraulique de la crue centennale a été reprise en intégrant les différents scénarii de rupture de digue :

- brèche à Aigueblanche en rive droite en aval du pont de Bellecombe (PK103.55 du modèle, voir Figure 11 ci-après)
- brèche à la Léchère en rive droite au droit du stade en aval du pont de Pussy (PK109.27)
- brèche à Feissons sur Isère en rive gauche au niveau de la scierie (PK111.92)
- brèche à Feissons sur Isère en rive gauche au niveau des plans d'eau situés en aval du pont de la voie ferrée (PK112.15)
- brèche à Cevins en rive droite en aval du pont de la RD66 (PK116.34, voir Figure 12, page ci-après)



Figure 11 : Photo de la digue rive droite à Aigueblanche



Figure 12 : Photos en aval du pont routier de Cevins – digue en rive droite

2.4.3.3 Caractérisation des niveaux d'aléa

Les différents scénarii ont été testés indépendamment afin d'éviter les éventuels impacts hydrauliques des scénarii entre eux.

Les niveaux d'aléa sont déterminés suivant la même grille que pour la crue de référence (cf. Figure 10 page 26).

2.4.4 Définition de l'aléa lié à l'effacement des digues

2.4.4.1 Méthodologie

L'objectif de cette analyse est d'étudier les conditions d'inondation pour la crue de référence, en considérant l'ensemble des digues et remblais de protection « transparents » vis-à-vis des crues. Cela permet d'identifier les terrains réellement protégés par les digues, et qui seraient inondables si celles-ci n'existaient pas.

Les digues à « effacer » ont été sélectionnées en prenant en compte :

- La charge hydraulique à laquelle la digue est soumise : digues soumises à une charge $H \geq 50$ cm,
- La proximité de la digue avec l'Isère : les digues de second rang (c'est à dire situées derrière une première digue) ne sont pas concernées
- La résistivité de la digue : la RN 90 a été exclue

L'analyse à dire d'expert a abouti à une nouvelle cartographie, réalisée sans modélisation numérique sur la base :

- des résultats des simulations réalisées en crue centennale (zones inondées, hauteurs d'eau et vitesses en lit majeur et mineur),
- des expertises de terrain, et de la compréhension du fonctionnement hydraulique de la vallée,
- des résultats des simulations de rupture (hauteurs, vitesses en lit majeur).

2.4.4.2 Caractérisation des niveaux d'aléa effacement

Deux classes d'aléa ont été définies :

- **Aléa fort** : hauteur d'eau supérieure à 1 m ou vitesse d'écoulement supérieure à 0.5 m/s
- **Aléa modéré** : hauteur d'eau inférieure à 1 m, et vitesse d'écoulement inférieure à 0.5 m/s.

Les cartes d'aléa sont issues du croisement des paramètres de hauteur de submersion et de vitesse d'écoulement selon les critères définis sur la Figure 13 ci-après.

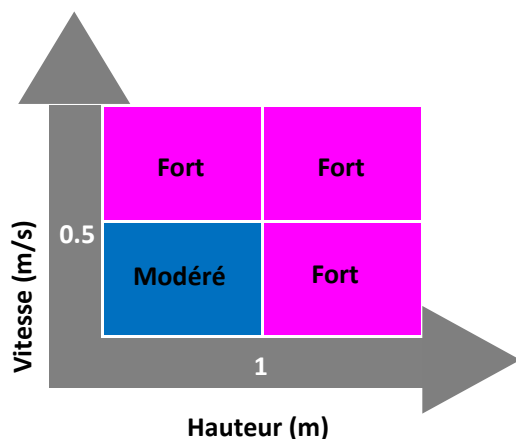


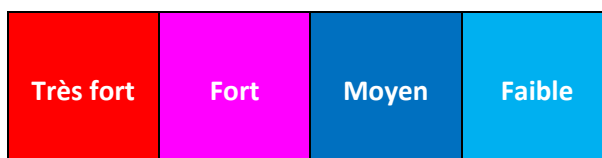
Figure 13 : Caractérisation de l'aléa effacement de digue

2.4.5 Définition des aléas conjugués

La cartographie des aléas conjugués représente la synthèse des différents aléas liés aux inondations. Elle prend en compte :

- L'aléa inondation pour la crue de référence
- L'aléa lié à la rupture des digues
- L'aléa lié à l'effacement des digues.

Pour l'ensemble de ces scénarios, l'aléa le plus pénalisant a été retenu pour réaliser la cartographie des aléas conjugués. Les 4 classes d'aléa suivantes ont été considérées :



Remarque : Les informations cartographiques indiquées sur le secteur situé en amont de la centrale hydroélectrique de Moûtiers sont issues de l'Atlas des Zones Inondables de l'Isère sur le tronçon amont de Moûtiers (centrale EDF) à Landry (confluent du Ponturin) réalisé en 2012 par hydrétudes.

2.5 RECENSEMENT DES ENJEUX

Le recensement des enjeux consiste à réaliser un inventaire des biens et des activités qui sont situés dans l'emprise de la zone inondable d'occurrence centennale.

L'objectif est d'identifier et de qualifier les différents enjeux potentiellement soumis au risque d'inondation. Le croisement de la carte des enjeux avec celle de l'aléa permet de définir le zonage réglementaire accompagné du règlement.

Le guide méthodologique PPR définit l'évaluation des enjeux comme une « *étape indispensable de la démarche qui permet d'assurer la cohérence entre les objectifs de prévention des risques et les dispositions qui seront retenues. Elle sert donc d'interface avec la carte des aléas pour délimiter le plan de zonage réglementaire, préciser le contenu du règlement, et formuler un certain nombre de recommandations sur les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde* ».

2.5.1 La classification des enjeux

Le choix des enjeux à recenser et la méthodologie appliquée sont issus :

- des recommandations du guide méthodologique de réalisation des Plans de Prévention des Risques ;
- de la nomenclature réalisée par la Commission de Validation des Données pour l'Information Spatialisée (COVADIS). Ce travail vise à standardiser les données géographiques des Plans de Prévention des Risques Naturels et Technologiques.

Les enjeux répertoriés sont indiqués dans le Tableau 6 page ci-après.

2.5.2 Méthodologie de recensement des enjeux

Le recensement des enjeux repose :

- dans un premier temps, sur l'**analyse de l'occupation des sols** qui vise à délimiter les espaces urbanisés et les zones d'expansion des crues. Les zones d'expansion des crues correspondent aux espaces naturels et agricoles qui sont « non urbanisés ou peu urbanisés et peu aménagés » et qui permettent un écrêtement des volumes des crues.
- dans un second temps, sur l'**identification d'enjeux spécifiques** qui touchent à la sécurité et aux fonctions vitales des territoires, tels que les établissements recevant du public, les activités économiques, etc.

L'identification des enjeux a été réalisée sur la base d'une analyse documentaire et de la consultation des acteurs locaux.

2.5.2.1 L'occupation du sol

L'analyse de l'occupation du sol s'appuie sur la définition :

- des zones urbanisées : zones d'habitat (dense, peu dense, diffus, habitat futur), zones d'activités économiques (commerciales, industrielles, zones d'activités futures) ;
- des zones naturelles (forêt, zone naturelle non boisée, zones humides, etc.) et agricoles (prairies, grandes cultures, jardins familiaux, etc.).

L'identification, la localisation et la qualification des espaces urbanisés et des zones peu ou pas urbanisées ont été réalisées par l'interprétation de Corine Land Cover, du SCAN 25 et des photographies aériennes.

Les projets d'urbanisation future ont été inventoriés auprès des élus locaux.

Tableau 6 : Caractérisation des enjeux inventoriés

Catégorie	Type	Sous-type
I. Occupation du sol	Zones urbanisées résidentielles	- Centre urbain dense - Autre secteur urbanisé - Habitat isolé - Zone d'urbanisation future à court terme - Zone d'urbanisation future à long terme
	Zones d'activités économiques	- Zone industrielle, commerciale et artisanale - existante - Zone industrielle, commerciale et artisanale – future
	Zones d'activités sportives, de loisirs et d'hébergement	- Terrain de sport - Camping - Résidence hôtelière - Zone de loisirs actuelle/future
	Autres zones	- Zone agricole - Zone naturelle
	Périmètre de protection des captages en eau potable	- Périmètre de protection immédiat - Périmètre de protection rapproché - Périmètre de protection éloigné
II. Enjeux particuliers	ERP (Etablissement Recevant du Public)	
	ERP futur	
	Structures décisionnelles	- Caserne de pompier - Gendarmerie - Mairie
	Exploitations agricoles	
	ICPE (Installation Classée pour l'Environnement)	
	Station-service	
	Cimetière	
III. Equipements / Infrastructures	Infrastructures de transport	- Route nationale - Route départementale - Voie ferrée
	Centrale hydroélectrique	
	Barrage	
	Usine de traitement des eaux	
	Réservoir AEP	
	Captage eau potable	
	Station d'épuration	
IV. Enjeux environnementaux / patrimoniaux	Ouvrages EDF / Telecom	- Transformateur - Antenne
	Site inscrit	
	Zones naturelles protégées	- ZNIEFF (type 1) - ZNIEFF (type 2)

2.5.2.2 Les enjeux spécifiques

L'identification des enjeux spécifiques repose sur l'inventaire et la caractérisation des éléments suivants :

- Établissements recevant du public : structures d'accueil pour personnes âgées, salles des fêtes, restaurants, bibliothèques, écoles, administrations, etc.
- Espaces ouverts recevant du public : terrain de sport, terrain de jeux pour enfants, cimetière.
- Ouvrages ou équipements d'intérêt général : SDIS, postes électriques ou téléphoniques, STEP, poste de relèvement AEP, station de pompage, de captage AEP, déchetterie, etc.
- Enjeux patrimoniaux : château, lavoir, etc.

Les enjeux spécifiques ont été recensés sur la base d'une analyse documentaire (sites Internet des communes, du SDIS, CCI, Pages Jaunes, Google Earth, etc.).

2.5.2.3 La consultation des acteurs locaux

La consultation des acteurs locaux est une étape essentielle pour l'inventaire des enjeux. Elle permet de :

- Valider et compléter les enjeux inventoriés à partir de l'analyse documentaire,
- Prendre en compte une dimension prospective du territoire en inventoriant les projets d'urbanisation future,
- Prendre des photographies.

Les élus (maire et/ou leurs représentants) de chaque commune ont été consultés.

2.5.3 Le rendu cartographique

Les enjeux inventoriés ont été digitalisés sous SIG puis cartographiés sur fond de plan cadastral au 1/5 000^{ème}.



Figure 14 : Photo de l'Isère dans la traversée de Moûtiers – mur digue – enjeux importants

2.6 LE ZONAGE ET LE REGLEMENT

2.6.1 Bases légales

La nature des mesures réglementaires applicables est définie par les articles **R562-3 à 5** du Code de l'Environnement :

Article R562-3 : Le projet de plan comprend : [...]

2° un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones exposées aux risques ...;

3° un règlement précisant, en tant que de besoin :

- les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu du 1° et du 2° de l'article L. 562-1 ;
- les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L. 562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur mise en œuvre.

Article R562-4 :

I. En application du 3° de l'article L. 562-1, le plan peut notamment :

- définir des règles relatives aux réseaux et infrastructures publics desservant son secteur d'application et visant à faciliter les éventuelles mesures d'évacuation ou l'intervention des secours ;
- prescrire aux particuliers ou à leurs groupements la réalisation de travaux contribuant à la prévention des risques et leur confier la gestion de dispositifs de prévention des risques ou d'intervention en cas de survenance des phénomènes considérés ;
- subordonner la réalisation de constructions ou d'aménagements nouveaux à la constitution d'associations syndicales chargées de certains travaux nécessaires à la prévention des risques, notamment l'entretien des espaces et, le cas échéant, la réalisation ou l'acquisition, la gestion et le maintien en condition d'ouvrages ou de matériels.

II. Le plan indique si la réalisation de ces mesures est rendue obligatoire et, si oui, dans quel délai.

Article R562-5 :

I. En application du 4° du II de l'article L. 562-1, pour les constructions, ouvrages, espaces mis en culture ou plantés, existants à la date d'approbation du plan, le plan peut définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Toutefois, le plan ne peut pas interdire les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du plan ou, le cas échéant, à la publication de l'arrêté mentionné à l'article 6 ci-dessous, notamment les aménagements internes, les traitements de façade et la réfection des toitures, sauf s'ils augmentent les risques ou en créent de nouveaux, ou conduisent à une augmentation de la population exposée.

II. Les mesures prévues au 1. peuvent être rendues obligatoires dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence.

III. En outre, les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du plan.

D'une manière générale, les prescriptions du règlement portent sur des mesures simples de protection vis-à-vis du bâti existant ou futur et sur une meilleure gestion du milieu naturel. Aussi,

pour ce dernier cas, il est rappelé l'**obligation d'entretien faite aux riverains de cours d'eau**, définie à l'article L 215-14 du Code de l'Environnement :

« Sans préjudice des articles 556 et 557 du code civil et des chapitres Ier, II, IV, VI et VII du présent titre, le propriétaire riverain est tenu à un entretien régulier du cours d'eau. L'entretien régulier a pour objet de maintenir le cours d'eau dans son profil d'équilibre, de permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon état écologique ou, le cas échéant, à son bon potentiel écologique, notamment par enlèvement des embâcles, débris et atterrissements, flottants ou non, par élagage ou recépage de la végétation des rives. »

Enfin, il est nécessaire de préserver libres d'obstacles des espaces de part et d'autres des berges des cours d'eau, notamment pour permettre aux engins d'accéder au lit du cours d'eau pour l'entretien, mais aussi pour garantir un espace de respiration du cours d'eau.

De plus, l'article 640 du Code Civil précise que :

- *« les fonds inférieurs sont assujettis envers ceux qui sont plus élevés, à recevoir les eaux qui en découlent naturellement sans que la main de l'homme y ait contribué,*
- *le propriétaire inférieur ne peut point élever de digue qui empêche cet écoulement,*
- *le propriétaire supérieur ne peut rien faire qui aggrave la servitude des fonds inférieurs. »*

2.6.2 Le zonage réglementaire

Le plan de zonage a pour objectif de réglementer l'occupation et l'utilisation du sol. Le classement des zones de risques résulte du croisement de la carte des aléas et de la carte des enjeux.

Le zonage réglementaire distingue deux types de zones (voir Tableau 7 page 38 pour le détail) :

- Des **zones rouges (R)** : zones inconstructibles (sauf exception), avec maintien du bâti à l'existant
- Des **zones bleues (Bi)** : zones constructibles sous conditions,

En dehors des zones définies ci-dessus, le risque d'inondation normalement prévisible est nul jusqu'au niveau d'aléa retenu. Il s'agit des **zones blanches**. Elles ne sont pas soumises à une réglementation spécifique mais les prescriptions générales du règlement s'y appliquent telles que la préservation des lits mineurs et de la bande de recul au-delà des berges des cours d'eau.

Les limites des zones réglementaires s'appuient sur les limites des zones d'aléas.

L'élaboration des plans de zonage est basée sur les grands principes suivants :

- interdiction de nouvelles implantations humaines dans les zones les plus dangereuses où la sécurité des personnes ne peut être garantie : zones à proximité immédiate des digues (bandes de sécurité), zones exposées à des aléas d'inondation forts en raison de l'intensité des paramètres physiques (hauteur d'eau, vitesse d'écoulement, transport solide);
- préservation des capacités d'écoulement et d'expansion des crues, afin de ne pas aggraver les risques pour les zones situées en amont et en aval. Ce principe se traduit par l'interdiction de toute nouvelle urbanisation dans les zones inondables considérées comme non urbanisées;
- autorisation sous conditions des nouvelles implantations humaines dans les zones inondables les moins exposées.

Le respect de ces principes doit permettre de garantir l'objectif de préservation des vies humaines, de limitation des dommages sur les biens et de réduction des coûts liés aux inondations.

Ces principes sont issus de l'application des documents qui forment le socle de la doctrine en matière de prévention des risques d'inondation (cf. chapitres 1.2.2 à 1.3.5).

Bande de sécurité à l'arrière des digues.

Pour tenir compte de la présence de digues sur une partie du linéaire intéressant le présent PPRI, et du risque de rupture, des zones spécifiques ont été mises en place sur les secteurs situés immédiatement en arrière des digues. Une **bande de sécurité** inconstructible zonée **Rd** est instaurée.

La réglementation prévoit l'instauration de bande de sécurité de largeur variable en fonction de la hauteur des digues. La largeur de la bande a été déterminée selon les principes suivants :

- Une bande de sécurité derrière les digues a été adoptée pour les secteurs où la hauteur de charge derrière la digue est supérieure à **50 cm**. La hauteur de charge est calculée en prenant la différence entre la cote d'eau centennale dans le lit de l'Isère (ou affluent) et la cote du terrain naturel situé derrière la digue (voir Figure 15 ci-après)

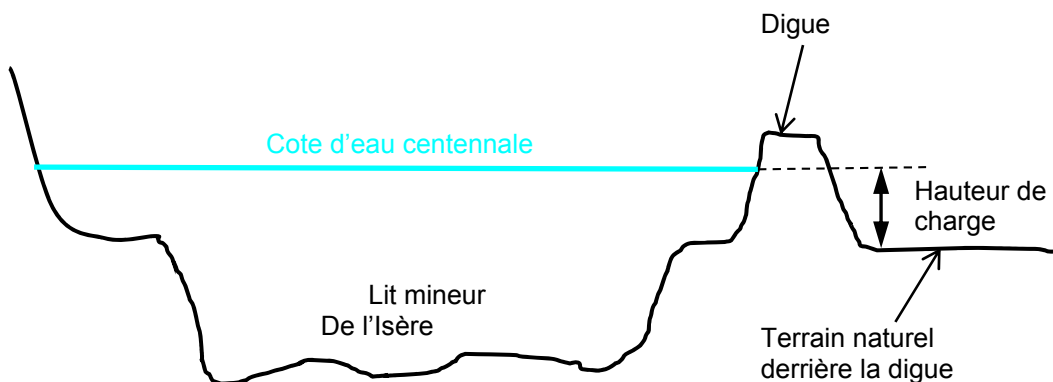


Figure 15 : Calcul de la hauteur de charge derrière la digue

- La largeur de la bande de sécurité prise en compte derrière la digue a été définie quel que soit l'occupation des sols selon les principes suivants :
 - la largeur est limitée à l'emprise de la zone inondable définie par l'effacement des digues et/ou la rupture de la digue
 - **la largeur minimale de la bande est de 50 m** dans l'emprise de la zone inondable définie ci-avant. C'est le cas pour les secteurs protégés par des petites digues (< 1 m de haut), faiblement sollicitées en crue centennale (charge voisine de 50 cm).
 - les autres digues ont fait l'objet d'une simulation de rupture et la bande de sécurité a été adaptée à l'emprise des secteurs où les vitesses d'écoulement sont supérieures à 0.5 m/s derrière la digue et/ou les hauteurs d'eau sont supérieures à 1 m (aléa fort).

La transcription des principes du zonage réglementaire est représentée dans le Tableau 7 page ci-après.

Tableau 7 : Caractérisation des zones réglementaires

Zone inondable	ALEA	ENJEUX	
		Zones urbanisées (2013)	Zones non urbanisées (2013) (Naturelle, Agricole, urbanisable)
Zones situées à l'arrière de digues avec charge > 50cm	Bande de sécurité - Aléa rupture fort	Rd	Rd
Autres Zones	Très Fort à Fort	Ri	Ri
	Moyen	Bi	Ri
	Faible	Bi	Ri

2.6.3 Le règlement

Le règlement précise les mesures associées à chaque zone du plan de zonage.

Il définit pour chaque type de zones, en distinguant les mesures d'interdictions, d'autorisations et les prescriptions assorties, les règles applicables aux constructions nouvelles ou à tout usage nouveau du sol, ainsi qu'aux projets liés à l'existant.

Pour chaque zone le règlement prévoit également des règles visant à réduire la vulnérabilité des biens existants (prescriptions avec délais ou recommandations).

Enfin, le règlement définit des dispositions communes à toutes les zones, et énonce les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités ou les particuliers.

➤ Les zones inconstructibles, appelées zones rouges

Il s'agit de zones (urbanisées ou non) très exposées aux phénomènes naturels (aléas forts) ou de zones naturelles exposées à un aléa moindre qu'il convient de protéger pour éviter toute implantation nouvelle en zone inondable et préserver les champs d'expansion de crues.

Ces zones sont repérées par l'**indice R** complété par un indice :

- **Ri** : zones rouge inconstructible exposée à un risque pour la crue de référence.
- **Rd** : zone rouge inconstructible liée à la bande de sécurité à l'arrière des digues.

➤ Les zones constructibles sous conditions appelées zones bleues

Il s'agit de zones considérées comme déjà urbanisées (intégrant des dents creuses urbanisables) exposées à un aléa moyen à faible. Le niveau de risque jugé supportable permet l'implantation d'aménagements sous réserve d'adaptation et/ou de protection.

Ces zones sont repérées par l'**indice Bi**.

Utilisation du présent dossier

Vous avez un projet ou une habitation en zone inondable :

- 1) Localisez-vous sur le plan de zonage (pièce I.3), à l'aide du plan d'assemblage
- 2) Repérer le nom de la zone (Rd, Ri, Bi, zone blanche)
- 3) Reportez-vous au règlement (pièce I .2) en commençant par les prescriptions générales puis par la fiche correspondante à la zone.

ANNEXES

Annexe 1 : Bilan de la concertation

Annexe 2 : Analyse hydrologique

Annexe 1 : Bilan de la concertation

Bilan de la concertation PPRI de l'Isère en Tarentaise aval

Comme prévu dans l'arrêté préfectoral de prescription du PPRI, conformément à la circulaire du 3 juillet 2007 relative à la consultation des acteurs, la concertation avec la population et l'association des collectivités territoriales, il était prévu :

- des **réunions de sensibilisation et d'échanges avec les communes** concernées lors de chacune des phases d'élaboration du PPRI : aléas, enjeux, zonage et règlement. Les chapitres I, II et III ci-après font le bilan de ces réunions ;
- une ou plusieurs réunions publiques d'information à destination des riverains concernés.

En concertation avec les communes, il a été convenu d'organiser trois réunions publiques d'information sur trois portions distinctes du périmètre d'étude :

- Moûtiers-Salins-les-Thermes,
- les communes de la CCVA : Feissons-sur-Isère, la Léchère, Bonneval, Aigueblanche, le Bois,
- les communes de basse Tarentaise : Rognaix, Cevins, St Paul-sur-Isère, la Bâthie, Esserts-Blay, Tours-en-Savoie.

Ces réunions se dérouleront courant février 2014. Elles permettront un échange direct avec la population concernée par le PPRI.

Chapitre I – Concertation sur les aléas

La première série de réunions était destinée à la présentation des aléas.

1. Cartographie des aléas

Cartographies élaborées sur la base de levés photogrammétriques effectués en 2001, complétés au printemps 2012 par des relevés de profils en travers du lit et des semis de points dans certaines zones identifiées.

Les aléas sont issus d'une modélisation hydraulique de la crue centennale de l'Isère avec prise en compte des apports hydrauliques des affluents principaux.

Trois types d'aléas sont retenus pour l'élaboration de la cartographie :

- 1 - inondation directe par débordement de la crue centennale,
- 2 - scénario de ruptures de digues de protection,
- 3 - scénario d'effacement des digues de protection.

2. Concertation sur les aléas

Plusieurs réunions de concertation sur la partie aléas ont été organisées comme suit :

- Réunion du 11 septembre 2011 :
 - présentation et justification de l'hydrologie retenue,
 - présentation du modèle hydraulique et des cartes de hauteurs/vitesses de submersion.

- Réunion du 7 novembre 2012 :
 - présentation de la cartographie des aléas
- Réunion du 29 janvier 2013
 - présentation de la cartographie des aléas suite à un recalage du modèle.

A l'issue de chacune de ces réunions de concertation, les cartographies présentées ont été diffusées sous format numérique par messagerie électronique aux communes, pour analyse et avis.

<i>Date de la concertation</i>	<i>Commentaires des communes</i>	<i>Réponses faites ou suites à donner</i>
11/09/11	<ul style="list-style-type: none"> - Questionnement sur l'hydrologie qui a été recalculée à la hausse par rapport à celle prise en compte dans l'Atlas des zones inondables de 2002 et remise en question du débit calculé par Stucky dans le PPRi Combe de Savoie qui a été pris comme condition aval dans le présent PPRi. - Les élus indiquent que l'application de la doctrine Rhône en territoire de montagne est inadaptée et condamne à la désertification des plaines de montagne. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'hydrologie n'avait pas été recalculée depuis l'étude Sogréah de 1980, ce qui équivaut à l'intégration d'une trentaine d'années de mesures supplémentaires. Les nouvelles données ont donc été intégrées et les calculs, via de nouvelles méthodes élaborées par l'IRSTEA (ex-CEMAGREF), aboutissent à une hydrologie en crue centennale sensiblement identique à celle calculée par Stucky. - Au-delà de la doctrine Rhône, il s'agit des grands principes de prévention des inondations, qui impose d'étudier l'impact d'un effacement des digues sur l'emprise des zones inondables. Le bureau d'études devra donc étudier l'impact de ces digues.

Date de la concertation	Commentaires des communes	Réponses faites ou suites à donner
07/11/12	<ul style="list-style-type: none"> - Retour sur l'hydrologie présentée le 11/09/11 et les incohérences sur les occurrences des crues de référence des PPRi Combe de Savoie et Grésivaudan. - Les élus s'interrogent sur la nécessité de réaliser des travaux de protection, notamment dans Moûtiers avec la réfection du pont ou la suppression d'un point bas sur le Doron, si ces derniers ne sont pas pris en compte dans le zonage avec l'aléa effacement de digue. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le bureau d'études indique que l'occurrence du phénomène de référence peut différer d'un territoire à l'autre selon qu'une crue historique a dépassé ou pas une crue centennale. Toutefois, les débits retenus sur les 3 PPR de Tarentaise aval, de Combe de Savoie et du Grésivaudan sont cohérents entre eux. - Les travaux de réduction des aléas peuvent être pris en compte dans les PPR par révision de la carte des aléas, après réalisation des travaux. Un examen anticipé de leurs impacts peut être envisagé à titre informatif (exemple du pont à Moûtiers). - Dans les secteurs endigués, l'aléa « effacement » est considéré dans tous les cas pour l'affichage du risque dans le PPR (il en découle des règles d'urbanisme). La pertinence des travaux doit avant tout être analysée par rapport à la protection qu'ils apportent pour différents niveaux de crues (réduction de la vulnérabilité, sécurité des populations). - Anticipation de la phase étude des enjeux : Les communes sont invitées à informer HYDRATEC et la DDT de tous leurs projets d'urbanisation et d'équipements, à court ou moyen terme, dans les zones d'aléas.
29/01/13	<ul style="list-style-type: none"> - La commune de Moûtiers signale qu'un problème de concordance de topographie semblerait exister sur la commune entre le modèle et la réalité. - La commune de Moûtiers demande au bureau d'études que la réfection du Pont Mezet soit prise en compte dans la simulation en Q100, afin de mesurer l'impact des travaux sur la zone inondable. - Elle indique également que l'étude de danger concernant le Doron a été réalisée dans le cadre du PAPI sur la base de 300 m³/s, et demande si un financement est possible pour la reconduire avec 360 m³/s. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ces éléments devront être signalés au moment de l'enquête publique et la correction suivra si celle-ci est justifiée. - Les travaux de réfection envisagés du pont Mézet et des digues dans la traversée de Moûtiers a fait l'objet d'une simulation hydraulique, qui a montré la suppression des débordements dans la traversée de Moûtiers. Ces éléments n'ont pas été pris en compte dans le PPRi en raison de l'incertitude liée à la réalisation de la totalité des travaux. - Cette question se traite au niveau du comité de pilotage du PAPI dans la mesure où l'enveloppe globale du PAPI est conservée.

Chapitre II – Concertation sur les enjeux

La deuxième série de réunions a été consacrée à l'élaboration de la carte des enjeux communaux.

1. Cartographie des enjeux

Cartographies élaborées sur la base de l'analyse de l'occupation du sol actuelle + données POS/PLU/cartes communales, et identification des zones à urbanisation future.

Le recensement des enjeux repose :

- sur **l'analyse de l'occupation des sols** qui vise à délimiter les espaces urbanisés et les zones d'expansion des crues,
- sur **l'identification d'enjeux spécifiques** qui touchent à la sécurité et aux fonctions vitales des territoires, tels que les établissements recevant du public, les activités économiques, etc.

L'identification des enjeux a été réalisée sur la base d'une analyse documentaire et de la consultation des acteurs locaux.

En terme d'occupation du sol, différents types de zones ont été identifiées : les zones urbaines résidentielles, les zones d'activité économiques, les zones d'activités sportives, de loisirs et d'hébergement, les zones naturelles.

L'enveloppe des aléas conjugués (crue centennale + scénario effacement de digue + scénario ruptures de digue) a ensuite été superposée sur cette analyse des enjeux.

2. Concertation sur les enjeux

La consultation des acteurs locaux pour l'inventaire des enjeux a permis de valider et compléter les enjeux inventoriés à partir de l'analyse documentaire, et de prendre en compte une dimension prospective du territoire en inventoriant les projets d'urbanisation future.

Les élus (maires et/ou leurs représentants) de chaque commune ont été consultés.

Une réunion de restitution de cette étude des enjeux a été organisée le 29 janvier 2013.

<i>Date de la concertation</i>	<i>Commentaires des communes</i>	<i>Réponses faites ou suites à donner</i>
29/01/2013	- Le maire d'Aigueblanche s'inquiète de la situation d'un terrain communal situé en zone d'aléa moyen/faible sur sa commune, la partie en zone d'aléa moyen, aujourd'hui vierge de construction, risquant d'être classée en zone inconstructible.	- Nécessité pour les différentes communes de faire remonter au plus vite aux services de l'État leurs projets communaux pour examen au cas par cas.

Les cartes des enjeux ont été diffusées à la suite de cette réunion aux communes. Un délai de 1 mois a été donné à ces dernières pour faire part de leurs remarques permettant d'améliorer la cartographie et pour faire part de leurs projets dans la mesure où ceux-ci soient suffisamment engagés pour faire évoluer le zonage.

A la suite de cette réunion de concertation, seules deux communes ont fait remonter leurs projets situés en zone inondable :

- La commune d'Aigueblanche, par courrier en date du 21 février 2013, interroge sur l'opportunité de prendre en compte deux terrains :
 - le premier appartenant à la commune et devant faire l'objet d'un projet de construction de bâtiments collectifs,
 - le second appartenant à un particulier et ayant fait l'objet d'une autorisation d'aménager sous la forme d'un lotissement dans le passé.

Réponse : ces projets ne sont pas assez aboutis aujourd'hui pour que ces zones identifiées soient considérées dans le zonage comme zones urbanisées.

- La commune d'Esserts-Blay, par téléphone puis par mail en date du 4 mars 2013, a identifié deux projets en zone d'aléa faible qui seront classés en zone bleue, donc ne posant pas de problème.

Chapitre III – Concertation sur le zonage et le règlement

La troisième et dernière série de réunions était destinée à la présentation du zonage réglementaire et du règlement :

- Réunion du 9 avril 2013 :
 - présentation des plans du zonage réglementaire,
 - présentation des grandes lignes du règlement.
- Réunion du 9 janvier 2014 :
 - présentation du nouveau zonage réglementaire suite à la requalification des bandes de sécurité à l'arrière des digues.
 - présentation du projet de règlement abouti.

Les rencontres ont toujours été cordiales et ont fait l'objet la plupart du temps de nombreux échanges et questions.

Les réponses à ces questions ont été données durant les échanges, ou notées lors de la séance.

Les documents ont été examinés en séance, puis remis ou envoyés aux communes sous format numérique.

Des comptes-rendus de ces séances ont été effectués et envoyés aux communes.

Une seule commune a fait remonter des questions ou remarques suite aux documents laissés lors de ces séances de concertation, il s'agit de la commune de la Bâthie qui souhaitait trouver une issue positive au projet d'implantation d'un éleveur de chevaux à proximité de la zone des Arolles (courrier du 22 avril 2013, courrier du 5 juin 2013, courrier du 12 juillet 2013).

Le règlement a été modifié à la marge à la suite de cette concertation en permettant l'installation de nouvelle activité agricole en zone rouge (hors aléa fort), dans la mesure où aucune unité de logement n'était créée.

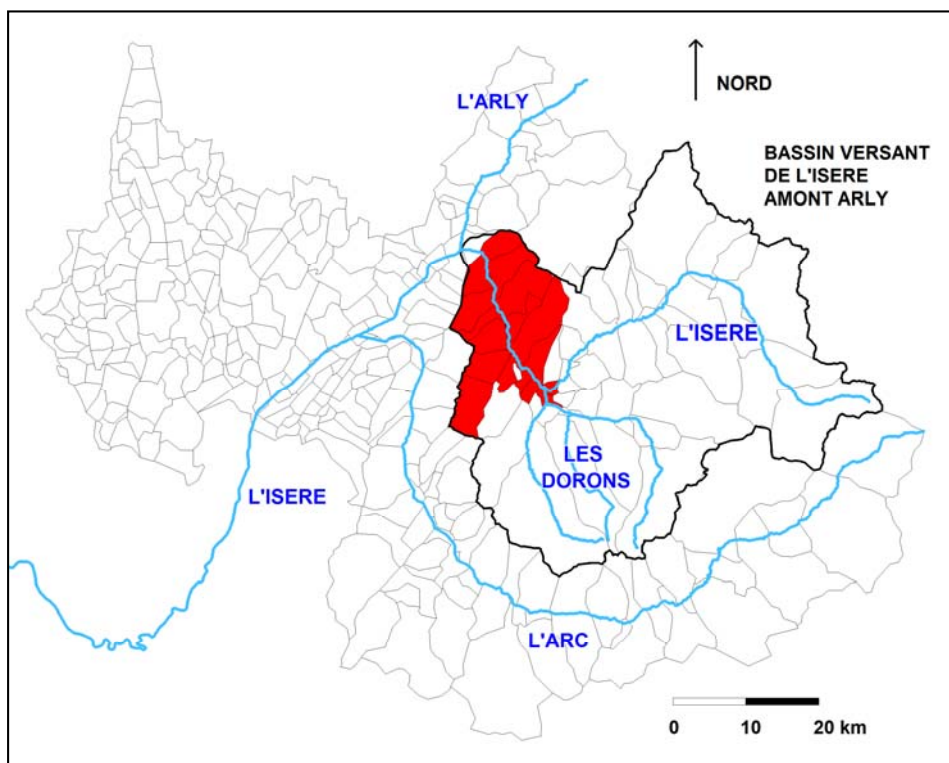
Date de la concertation	Commentaires des communes	Réponses faites ou suites à donner
09/04/13	<ul style="list-style-type: none"> - La commune de Moûtiers signale à nouveau qu'un problème de concordance de topographie semblerait exister sur la commune entre le modèle et la réalité (2 points situés à 1 mètre d'écart en altimétrie ne seraient pas classés dans la même catégorie d'aléa). Elle demande à ce que la topographie soit plus précise, la densité de points prise en compte dans le modèle semblant insuffisante. - Le maire d'Aigueblanche revient sur la situation d'un terrain communal situé en zone d'aléa moyen/faible sur sa commune, classé en zone Rf. - La commune de Feissons-sur-Isère indique qu'une lave torrentielle s'était formée dans le torrent de Pussy en 1956 et que cette dernière était venue obstruer l'Isère, ce qui avait créé un barrage et une inondation à l'amont de la confluence. - La Bâthie : un éleveur de chevaux souhaiterait s'implanter dans un secteur situé en zone d'aléa moyen à fort, en créant un bâtiment d'exploitation qui présenterait une unité de logement. Cet éleveur est actuellement au cœur du village, occasionnant des nuisances pour son voisinage. - Virginie Chirez de l'APTV demande à ce qu'un tableau de synthèse hiérarchisant les problèmes et actions à mener dans le cadre du Programme d'action pour la Prévention des Inondations (PAPI) soit réalisé et ce afin d'aider les communes dans la démarche et le choix des projets prioritaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - La DDT répond que la commune peut transmettre les données topographiques en sa possession afin que l'étude puisse être affinée. - Le règlement de la zone Rf sera plus souple que celui de la zone Ri. Bien qu'inconstructible, elle pourra permettre néanmoins des aménagements de parkings aériens, notamment moyennant le respect de certaines dispositions. - Une bande de recul de 10 mètres sera conservée de part et d'autre du cours d'eau et l'hypothèse d'une obstruction prise en compte par le bureau d'études Hydratec. - Le zonage de l'emprise du projet ne peut être que rouge au regard des aléas en présence et de la discontinuité du site avec la zone d'activité existante. Si l'implantation de bâtiments d'exploitation agricole en zone rouge peut être discutée, la création du logement n'est par contre pas envisageable. - Ce travail ne sera pas effectué dans le cadre du PPR dont ce n'est pas l'objectif. Il devra être inclut dans la démarche PAPI ou TRI mené par la DREAL.
01/09/14	<ul style="list-style-type: none"> - Retour pessimiste des élus sur les perspectives de développement économique sur leur territoire sachant que les principales zones économiques sont impactées par le risque inondation. - Demande des élus, maintenant que des zones de fragilité ont été identifiées dans le système, de déterminer quels sont les travaux à réaliser pour réduire le risque. 	<ul style="list-style-type: none"> - La résolution de cette problématique relève des PAPI (Programmes d'Action de Prévention des Inondations), il est par contre primordial qu'une étroite coordination soit menée avec le PPRi, qui sera ultérieurement révisé si nécessaire.

Annexe 2 : Analyse hydrologique

Direction Départementale des Territoires de la Savoie
Service Sécurité Risques
Unité Risques

Plan de Prévention des Risques Inondation de l'Isère

*Tronçon de Moûtiers à Tours en Savoie
(13 communes)*



Analyse hydrologique

Décembre 2014

SOMMAIRE

1	PLUVIOMETRIE	2
1.1	PLUIE EXCEPTIONNELLE	2
1.2	DONNEES PLUVIOMETRIQUES	2
2	REGIME DE CRUE ET RESEAU D'OBSERVATION DE L'ISERE	2
2.1	RESEAU D'OBSERVATION DE L'ISERE	2
2.2	REGIME DE CRUE	4
2.2.1	<i>Crues historiques</i>	4
2.2.2	<i>Crues historiques récentes</i>	5
3	DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES DEBITS DE CRUES	6
3.1	ANALYSE ET CRITIQUE DE LA METHODOLOGIE SOGREAH	6
3.2	ANALYSE ET CRITIQUE DE LA METHODOLOGIE STUCKY	7
3.3	COMPARATIFS DES RESULTATS DE STUCKY ET SOGREAH	8
4	ACTUALISATION DES DONNEES	11
4.1	METHODOLOGIE	11
4.2	DEBITS DE POINTE RETENUS	15
4.3	DYNAMIQUE DES CRUES DE L'ISERE	17
4.3.1	<i>Hydrogrammes de crues caractéristiques</i>	17
4.3.2	<i>Amortissement des crues</i>	18

Tables des illustrations et des tableaux

<i>Figure 1 : Diagramme de calcul des débits de pointe sur le bassin versant de l'Isère (S>30km²) – Sogreah</i>	7
<i>Figure 2 : Ajustements statistiques</i>	12
<i>Figure 3 : Débit de projet de l'Isère selon le graphique de Gumbel</i>	16
<i>Figure 4 : hydrogrammes de crue centennale de l'Isère sur le secteur d'étude</i>	18
<i>Figure 5 : hydrogrammes de crues historiques et reconstituées de l'Isère à Moûtiers</i>	19
<i>Figure 6 : hydrogrammes de crues historiques et reconstituées de l'Isère à Cevins</i>	19
<i>Tableau 1 : Pluies journalières sur le secteur</i>	2
<i>Tableau 2 : Stations de données hydrologiques sur l'Isère. D'autres stations existent mais non exploitables pour la présente étude</i>	3
<i>Tableau 3 : Historique de crues anciennes</i>	4
<i>Tableau 4 : hydrogrammes de crues enregistrés</i>	5
<i>Tableau 5 : paramètre hydrologique – estimation Stucky</i>	8
<i>Tableau 6 : Estimation des débits caractéristiques issus de la bibliographie</i>	10
<i>Tableau 7 : Estimation des débits caractéristiques</i>	13
<i>Tableau 8 : Débits de pointe obtenus aux principaux points du secteur</i>	14
<i>Tableau 9 : Résultats de l'analyse des stations de mesure</i>	14
<i>Tableau 10 : Débits de pointe retenus aux principaux points du secteur</i>	16
<i>Tableau 11 : Débits journaliers retenus aux principaux points du secteur</i>	16
<i>Tableau 12 : Paramètres des hydrogrammes de crues centennaux</i>	17

1 PLUVIOMETRIE

1.1 PLUIE EXCEPTIONNELLE

Les événements pluviographiques importants correspondent soit :

- à des événements pluviographiques venant de l'Ouest et touchant l'ensemble du bassin versant (22.03.2001; 14.01.2004)
- à des pluies venant du sud et touchant la Maurienne (15.10.2000). Phénomène de Lombardes
- une pluie moyenne apporté par un flux d'Ouest en période de fonte des neiges (14.05.1999; 25 mai 2008).

1.2 DONNEES PLUVIOMETRIQUES

Une analyse de la pluviométrie sur le bassin de l'Isère a été réalisée en 2007 par Stucky dans le cadre du PPRi en Combe de Savoie (basée sur l'analyse de 64 stations pluviométriques).

Sur la base des données existantes de 2007, on retiendra les valeurs moyennes suivantes pour le secteur d'étude (voir Tableau 1 ci-après):

- Cumul de pluie annuelle : 1000 à 1200 mm/an (max 1400 mm/an)
- Valeur de pluie journalière décennale PJ10 : 66 à 74.3 mm (max 82 mm)
- Gradex de pluie journalière : 9.8 à 11.8 mm (max 13 mm)

Tableau 1 : Pluies journalières sur le secteur

Nom	Module annuel	Annuel		Mai à Août	Sept. à Avril	Stucky	Retenu
		Gradex PJ	PJ10	Gradex PJ	Gradex PJ	Gradex PJ	Gradex PJ
		mm/an	mm	mm	mm	mm	mm
Isère sur secteur étude	1128	9.85	66.4	7.95	9.85		9.9
Isère amont Moûtiers	1009	11.37	74.3	7.57	11.77	11.8	11.8
Isère Aigueblanche	1016	10.58	69.5	7.62	11.00	11.0	11.0
Isère amont Albertville	1064	10.30	69.3	7.82	10.70	10.9	10.9
Isère aval Albertville	1228	10.56	72.7	8.18	10.91	9.7	
Isère Montmélian	1183	11.62	74.0	8.85	12.07	9.7	
Doron de Bozel - total	1027	9.40	62.3	7.70	9.85	9.9	9.9

2 REGIME DE CRUE ET RESEAU D'OBSERVATION DE L'ISERE

2.1 RESEAU D'OBSERVATION DE L'ISERE

Les stations de la banque HYDRO du Ministère de l'Environnement, pour lesquelles des données de débit sont disponibles, sont présentées dans le Tableau 2 page ci-après.

L'analyse a été élargie à l'Arly (en aval du secteur d'étude) et l'Arc afin de prendre en compte les interactions entre les différents bassins dues aux aménagements hydro électriques et afin de valider les résultats estimés en février 2007 par Stucky à l'aval du secteur qui ont revu les débits à la hausse (+25%) par rapport aux débits qui ont servi de base au précédent Atlas de zones inondables.

Les valeurs anciennes de débits instantanés aux stations de l'Isère et du Doron à Moûtiers indiquées dans la banque hydro ont été arbitrairement prises à 2.25 x débit moyen et ne sont pas représentatives. Sogreah dans son rapport de 1975 a indiqué d'autres valeurs que nous prendrons en compte en lieu et place des valeurs de la banque hydro.

Tableau 2 : Stations de données hydrologiques sur l'Isère. D'autres stations existent mais non exploitables pour la présente étude

Stations	Gestionnaire	Surface drainée (km ²)	Mise en service	Période exploitable	Nbre d'année	Remarque
Isère à Val d'Isère	DREAL RA	47.5	1948		56	En service.
Isère à Malgovert	EDF	387				En service.
Isère à Moûtiers	EDF	907	1903	1952-1973	101	En service. Permet de mesurer l'impact des aménagements hydroélectriques. Les débits < 1981 sont validés douteux. Les débits sont naturels de 1903-1951 et sont influencés par les aménagements >1952 (Tignes, dérivation de l'Arc à l'Ecot, etc.). Les valeurs anciennes indiquées dans la banque hydro sont surestimées et calculées arbitrairement en fonction des débits moyens.
Isère à Aigueblanche	EDF	1582	1955	1955-2002	49	En service. Le poste donne les débits réels : naturel + transférés à Randens. Débit douteux de 1989 -1995
Isère à Cevins	EDF	1780	1982	1995-2012	30	En service. Le poste est récent et permet de corréliser les débits d'Aigueblanche
Isère à Chamousset	EDF	4625	1963	1971-2012	48	En service. Le poste présente une longue série mais qui est jugée douteuse et certainement surestimée par rapport à Montmélian.
Isère à Montmélian	DREAL RA	4850	1988	1988-2012	23	En service. Le poste est récent et jugé fiable
Doron de Bozel à Vignotan	EDF	330	1931	1949-2002	73	En service. Le poste présente une longue série. Les débits sont naturels de 1931 à 1962 et reconstitués > 1962 (débit mesurés + turbinés à Vignotan + apports résiduels). Débits douteux de 1989 à 1995.
Doron de Bozel à Moûtiers	DREAL RA	668	1903	1903-1979	76	Arrêtée en 1979 avec des lacunes et débits jugés douteux. Actuellement exploitée par EDF mais valeurs non disponibles
La Chaise à Ugine	DREAL RA	79	2001	2001-2012	10	En service. Poste récent
L'Arly à Ugine	EDF	225	1974	1989-2012	37	En service. Chronique longue. Les débits sont jugés bons depuis 1993. Les débits sont influencés par l'aménagement Edf d'Ugine car station placée sur un bras court-circuités
Le Doron de Beaufort à Villard sur Doron	EDF	244	1960-1986	1961-1973	26	Arrêtée en 1986
L'Arc à St Michel de Maurienne la Saussaz	EDF	939	1948	1977-2012	66	En service. Chronique longue, débits influencés depuis 1969.
L'Arc à St Rémy de Maurienne	EDF	1760	1986	1988-2012	27	En service. Station récente. Débits influencés par Tignes, Mont Cenis, etc.
Le Gelon à la Rochette	DREAL RA	62	1983	1984-2012	28	En service. Débits jugés validés bons.

(*) QMJ = débit moyen journalier - QIJ : débit maximum instantané journalier

2.2 REGIME DE CRUE

2.2.1 Crues historiques

Les principales crues anciennes pour lesquelles des observations ont eu lieu sur le secteur d'étude sont les suivantes :

Tableau 3 : Historique de crues anciennes

Année	lieu	Description
09.1409	Moûtiers	Le deuxième cimetière de Moûtiers a été enlisé
1588	Moûtiers	Inondation jusqu'au 3 ^{ième} niveau du cimetière de Moûtiers
05.1618	Moûtiers	Inondation
30.09.1732	Isère	Des pluies chaudes ont fait fondre la neige tombée en septembre. Tous les ponts de l'Isère ont été emportés en dehors du pont d'Aigueblanche. Les rues de Moûtiers sont devenues des rivières. Le bourg de la Léchère est totalement inondé. Impossibilité pendant une semaine de passer du faubourg de Moûtiers à l'hôpital.
14,15.09.1733	Isère	Crue exceptionnelle (>1732) provoquée par des pluies prolongées. Des maisons et moulins s'effondrent à Moûtiers sous les eaux et la durée des inondations (durée de crue 8 jours, 1 ^{er} pic de durée 9h puis un 2 ^{ième} pic). RDC prison inondé. Tous les ponts de l'Isère sont emportés
1739	Tours en Savoie	Inondation entre Tours en Savoie et Conflans
20.12.1740	Isère	Inondation générale
4.8.1749	Tours en Savoie	Inondation plaine de Tours en Savoie
12.1752	Tours en Savoie	Inondation plaine de Tours en Savoie
07 au 20.06.1756	Isère	Inondation de Moûtiers, Tours en Savoie (gros dégâts)
12 au 25.04.1758	Tours en Savoie	Rupture des digues en aval de Tours en Savoie
23.07.1758	Isère	Débordements en Tarentaise
10.06.1764	Isère	Forte crue avec inondation de Moûtiers : Palais archiépiscopale, rue du Moulin, grande rue, et le Faux-bourg, destruction du couvent, etc. Moulins et Ponts (Meisel, des Salines, Aigueblanche) emportés. Destruction des digues aval Tours en Savoie. Route coupée à Feissons
2.07.1777	Isère	Débordement aval Moûtiers jusqu'à la Bâthie
16.11.1781	Moûtiers	Coupure de la route de Conflans à Moûtiers
1805	La Bâthie	Menace de la route de la Bâthie
9.04.1818	Moûtiers	Route d'Aoste à Moûtiers fortement dégradée
1.11.1859	Isère	Crue exceptionnelle. A Moûtiers la crue passe par-dessus le pont Mezet, envahit les maisons du faubourg de la Madeleine, jusqu'au 1 ^{er} étage (3m d'eau), éventre 2 digues. La route du Petit-Saint-Bernard Provincial est coupée à Feissons. Les communes de Saint Paul (resp. Esserts-Blay) ont souffert 60000 livres (resp. 1 pont de 20000livres) de dommages. Submersion de la digue de la Bournelle. Le débit de crue est estimé à 800m ³ /s amont Arc. Route coupée à Feissons sur Isère
06.1910		L'Isère passe sur la pile du Pont Neuf
Autres crues sans observation recensée sur le secteur		
-43 AVJC, 580, 592, 08.08.1469, 24.02.1500, 02.1524, 22.08.1525, 08.09.1579, 07.12.1624,1630, 14 et 30.11.1651, 5.7.1673, 29.12.1680, 11.02.1711, 13.07.1729, 7.07.1734, 1737, 3.8.1753,1766, 11.11.1774, 25.11.1778, 23.07.1787, 1799, 11.06.1806, 12.10.1810, 05.1812, 31.07.1816, 24.10.1820, 1.07.1821,		

Année	lieu	Description
15.09.1829, 17.11.1840, 25.11.1841, 17.05.1847, 8.05.1848, 17.06.1849, 25.11.1849, 1.08.1851, 13.08.1852, 12.06.1855, 31.05.1856, 25.11.1870, 1.11.1875, 02.1876, 15.07.1879, 28.11.1882, 01.08.1888, 1895, 15.01.1899, 27.06.1910, 23.07.1910, 24.07.1914, 01.05.1917, 24.12.1918, 1920, 01.04.1924, 1928, 10.06.1937, 1940, 1944, 19.06.1948, 30.09.1960, 25.07.1973, 11.10.1981		
<p>Les crues récentes de faible période de retour ont été faiblement débordantes et ont surtout provoqué des érosions de berge pouvant déstabiliser les infrastructures installées en bordure.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La crue de 1953 a inondé le secteur les Isles à Rognaix • Durant la crue d'octobre 1981 le pont d'Esserts Blay s'est effondré ce qui a entraîné la rupture d'une canalisation d'eau potable. • La crue de mai 1999 a provoqué de nombreuses érosions de berges entre Cevins, Rognaix et Tours en Savoie 		

2.2.2 Crues historiques récentes

L'analyse des hydrogrammes de crues a été réalisée sur les crues récentes de 1981 à 2012 (7 crues) et est résumée dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 : hydrogrammes de crues enregistrés

Station :		Isère à Moutiers	Isère à Cevins
Années d'enregistrement en continu		1979 – 2012	1996 - 2012
Nombre d'événements analysés		6	7
Débit de pointe	m ³ /s	124 à 240 m ³ /s	243 à 339 m ³ /s
Durée de crue	H	De 25h à 129h	De 24 à 147h
Temps de montée	H	De 3.2 à 17h	De 3.2h à 25h
Coefficient de pointe		De 1.3 à 1.7	1.29 à 2.86
Coefficient de Weiss		De 1.00 à 1.17	1.0 à 1.19
Volume de crue	10 ⁶ m ³	De 3.3 à 36.9	8.3 à 94.3
Vitesse de propagation crue Moutiers - Cevins	km/h	1.7 km/h à 15 km/h	

3 DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LES DEBITS DE CRUES

L'hydrologie de l'Isère a fait l'objet de nombreuses études. Les principales références sont :

- les études générales et locales réalisées par Sogreah de 1968 à 2011, (notamment rapports n° 9923 (12.1968) – 10 729 (04.1971) - 12206 (07.1975) - 36 1300 (07.1984) - 60222 (04.1989) – 30 0223 (01.1994)
- le PPRi de l'Isère en Combe de Savoie – rapport hydrologique - Stucky - DDT73 - 2005
- l'Analyse hydrologique et du transport solide – ETRM - Koulinski – APTV - 2007

3.1 ANALYSE ET CRITIQUE DE LA METHODOLOGIE SOGREAH

Sogreah a établi un graphique (voir Figure 1 ci-après, cf. rapport 36 1300 07.1984) donnant pour l'ensemble du bassin versant de l'Isère (yc affluents) une relation entre la superficie du bassin versant de l'Isère (au-delà de 30km²) et les débits décennaux et centennaux.

Cette analyse est basée sur l'exploitation statistique des échantillons de mesure aux stations de jaugeages du bassin versant de l'Isère (Arc et Dorons compris) entre 1903 et 1983 :

- Isère à Moûtiers, Pont Royal
- Doron à la Perrières et à Moûtiers, Arly à Ugine, Doron de Villard, Arc au pont de la Madeleine, Bréda à Pontcharra

La méthodologie employée est la suivante :

- ajustement des débits journaliers à Moûtiers de 1904 à 1953 (régime naturel) : $Q_{j2}=112$, $Q_{j10}=181$ $Q_{j100}=268\text{m}^3/\text{j}$.
- Estimation du coefficient de pointe $Q_i/Q_j = 1.31$ sur les hydrogrammes de crue historiques. L'analyse montre des valeurs très disparates (1.07 à 2)
- Estimation des débits de pointe par application du coefficient de pointe : $Q_{i2}=147$, $Q_{i10}=237$, $Q_{i100}=351\text{ m}^3/\text{s}$. Cette valeur a été revue à la hausse en 1997 à $360\text{ m}^3/\text{s}$.
- Application de la même méthode sur le Doron à la Perrière avec $Q_i/Q_j=1.68$. $Q_{i2}=69$, $Q_{i10}=111$, $Q_{i100}=165\text{ m}^3/\text{s}$.
- En aval de Moûtiers les débits de pointe Q_{av} sont extrapolés à l'aide d'une relation de type Meyer : $Q_{av}= Q_m \times (S_{av}/S_m)^{0.75}$ avec Q_m débit de pointe et S_m (resp. S_{av}) surface du bassin versant de l'Isère à Moûtiers (resp. aval Doron). Cette valeur de 0.75 est issue de la comparaison entre les différents bassins versant de l'Isère mais n'est pas justifiée dans les rapports d'hydrologie.

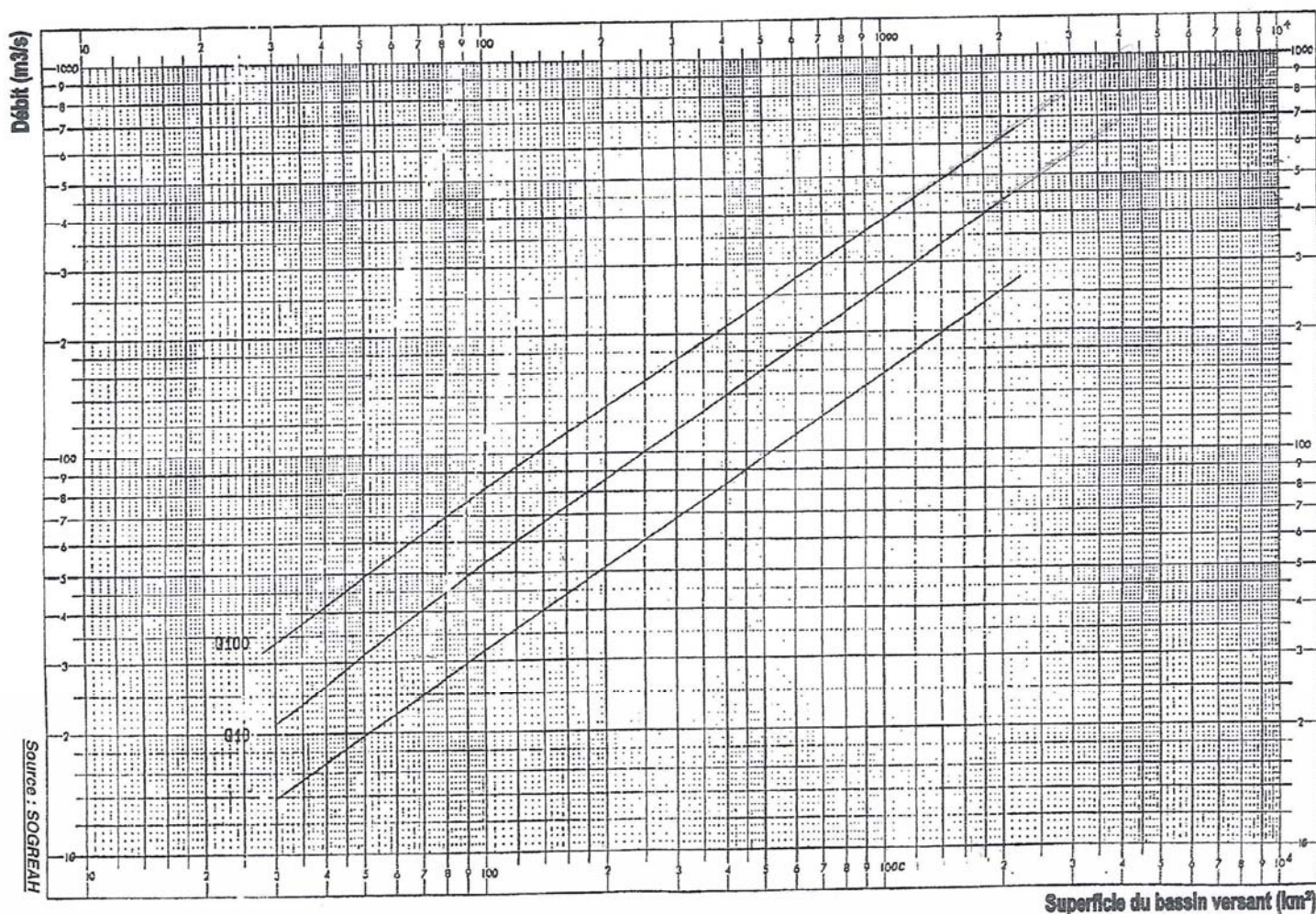
Les débits instantanés résultants sont les suivants :

- Pour l'Isère à Moûtiers ($S=907\text{km}^2$) : $Q_{i10}=170$, $Q_{i30}=200$, $Q_{i100}=360\text{m}^3/\text{s}$
- Pour l'Isère à Cevins ($S=1785\text{km}^2$) : $Q_{i2}=255$, $Q_{i10}=410$, $Q_{i30}=507$, $Q_{i100}=610\text{m}^3/\text{s}$
- Pour le Doron à Moûtiers ($S=668\text{km}^2$) : $Q_{i2}=120$, $Q_{i10}=200$, $Q_{i30}=248$, $Q_{i100}=300\text{m}^3/\text{s}$, (issus de la Figure 1)

Il s'agit de débits naturels qui peuvent être écrêtés par les aménagements de Tignes et Aigueblanche, et majorés en aval par la restitution de la Bâthie.

Avis sur la méthode : le diagramme se base uniquement sur les données anciennes et ne prend en compte ni les données récentes, ni l'ensemble des stations du bassin versant (Entre autre : Cevins, Doron à Moûtiers, Aigueblanche) ni les données instantanées enregistrées. Il n'a pas subi d'actualisation depuis les années 1980. On peut toutefois noter qu'il n'y pas eu de crue importante depuis 1981. En janvier 2011 Sogreah a réalisé une étude à Tours en Savoie et a retenu un débit centennal de $730\text{ m}^3/\text{s}$ à Tours en Savoie validant les calculs de Stucky.

Figure 1 : Diagramme de calcul des débits de pointe sur le bassin versant de l'Isère (S>30km²) – Sogreah



3.2 ANALYSE ET CRITIQUE DE LA METHODOLOGIE STUCKY

Stucky a procédé à l'étude des débits à l'aide des méthodes suivantes :

- ❑ Analyse statistique des débits journaliers et instantanés pour les périodes de retour faible à moyenne jusqu'à 20 – 30 ans, puis estimation des débits de période de retour élevés par :
 - La méthode du gradex
 - La méthode QDF du Cemagref
- ❑ Les ajustements statistiques sont réalisés sur la période 1903 à 2005. Les stations utilisées sont :
 - Arly à Ugine, S=225km², 1989-2004, débits instantanés,
 - Doron à Villard, S=213km², 1961-1973, débits instantanés
 - Isère à Moûtiers, S=907km², 1952-2002 + 1904-1951, distinction des périodes avant et post aménagements hydro-électriques, débit instantanés et journaliers
 - Doron de Bozel à la Perrière, S=330km², 1948-2002, débit journalier
 - Isère à Aigueblanche, S=1575km², 1955-2002, débit journalier naturel (+Randens)
 - Isère à Cevins, S=1785km², 1995-2004, débit instantané et journalier
 - Arc à Saint Michel de Maurienne, S=939km², 1977-2002, débit journalier
 - Arc à Saint Rémy de Maurienne, S=1760 km², 1988-2002, débit journalier

- Isère à Chamousset, S=4652km², 1971-2003, débit journalier et instantané
- Isère à Montmélian, S=4840km², 1988-2004, débit journalier et instantané

- **La méthode du gradex** est employée à partir d'une période de retour comprise entre 20ans pour l'Isère en amont de l'Arly et de l'Arc et 30ans en aval du Doron. Le point pivot est déterminé en calculant le déficit d'écoulement en comparant la lame d'eau précipitée et le volume d'eau écoulé. Un test de sensibilité a été réalisé pour mesurer l'impact du choix de la période de retour sur l'estimation des débits de pointe de l'Isère à Moûtiers et montrent les résultats suivants :

Point Pivot	5 ans	10ans	20ans	30ans
Qi ₁₀₀	620m ³ /s	520m ³ /s	420m³/s	360m ³ /s

- **La méthode QDF** (débit durée fréquence) développé par le Cemagref sur 3 bassins de référence (Dragne à Vandenesse 58, Roubion à Soyans 26, Mimente à Florac 48). Le modèle appliqué pour l'Isère et le Doron sur le domaine d'étude est le Roubion.

Les paramètres retenus pour l'estimation des débits sont les suivants.

- L'analyse est réalisée sur les débits au pas de temps journalier
 - Les coefficients de pointe sont ceux de l'étude Sogreah. L'extrapolation est réalisée à partir des débits instantanés lorsque ceux-ci existent. Les débits journaliers sont alors calculés en appliquant le coefficient de pointe. Pour les débits journaliers, une correction de Weiss est appliquée sur les résultats. Les débits instantanés sont déduits à l'aide du coefficient de pointe.
- Pour les sous bassins équipés de stations, les résultats retenus correspondent à la **moyenne des résultats obtenus par les méthodes du gradex et QDF**.

Tableau 5 : paramètre hydrologique – estimation Stucky

BV	Méthode extrapolation	Correction de Weiss	Point pivot (*)	Gradex des pluies	Coef. de pointe Qi/Qj	Méthode
Isère Moûtiers	Gradex+Qdf		20ans		1.31	
Isère Aigueblanche	Gradex+Qdf	1.1	20ans	11mm	1.15	
Isère amont Albertville	Meyer		20ans		1.15	$Q_2/Q_1=(S_2/S_1)^{0.75}$
Doron Perrière	Gradex+Qdf	1.1	20ans	11.8mm	1.68	
Doron Moûtiers	Meyer		20ans		1.30	Q _{24h} (Moûtiers)=1.82 Q _{24h} (Perrière)

Les débits instantanés résultants sont les suivants :

- Pour l'Isère à Moûtiers (S=907km²) : Qi₁₀=135, Qi₃₀=205, Qi₁₀₀=360m³/s
- Pour l'Isère à Cevins (S=1785km²) : Qi₁₀=320, Qi₃₀=440, Qi₁₀₀=730m³/s
- Pour le Doron à Moûtiers (S=668km²) : Qi₁₀=170, Qi₃₀=230, Qi₁₀₀=360m³/s

Avis sur la méthode : Concernant le débit centennal, les résultats issus de la moyenne des méthodes gradex et QDF avec un point pivot de **20ans** correspondent aux résultats obtenus par la méthode du gradex en appliquant un point pivot de **30 ans** pour l'Isère. La méthode a tendance à sous-estimer les débits de faibles périodes de retour.

3.3 COMPARATIFS DES RESULTATS DE STUCKY ET SOGREAH

Sur le secteur d'étude, la comparaison des résultats obtenus amènent les conclusions suivantes:

- Stucky a revue à la hausse les débits de pointe centennaux calculés par Sogreah :
 - pour l'Isère en aval du Doron : +100 à 120 m³/s (+18 à +20%)
 - Pour le Doron en amont de Moûtiers : +60 m³/s (+20%)

- Les débits de crue centennaux et trentennaux de l'Isère à Moûtiers sont équivalents
- Stucky a revu à la baisse les débits de pointe décennaux (resp. trentennaux en dehors de l'Isère Moûtiers) :
 - Pour l'Isère : -28 à -90m³/s (-7 à -24%)
 - Pour le Doron : -18 à -30m³/s (-7 à -15%)

Les différences s'expliquent par la prise en compte de durées de mesure plus longues, mais aussi par la prise en compte d'hypothèses de calcul de débit différentes.

Le Tableau 6 récapitule l'ensemble des débits pris en compte lors des études antérieures et les classent selon les périodes de retour équivalentes de 2 à 100ans sur l'ensemble du bassin versant.

Tableau 6 : Estimation des débits caractéristiques issus de la bibliographie

DEBITS INSTANTANES																						
SOURCE			Sogreah	Sogreah	Sogreah	Sogreah	Sogreah	Sogreah	Sogreah	Sogreah	hydretude	Geoplus	Geoplus	Stucky	Stucky	Stucky	Stucky	Stucky	Stucky	Stucky	Kouliniski	Kouliniski
Année d'étude			07.1984	07.1984	07.1984	07.1984	07.2000	07.2000	07.2000	04.2011	2002	2003	2003	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2005	2007	2007
	PK	surface	Débit	Débit	Débit	Débit	Débit	Débit	Débit	Débit	débit	Débit	Débit	débit	débit	débit	débit	débit	débit	débit	débit	débit
	modèle		2ans	10ans	100ans	1940	10ans	30ans	100ans	100ans	100 ans	100 ans	500ans	2 ans	5 ans	10 ans	30 ans	50 ans	100 ans	500 ans	10 ans	100 ans
LIEU DIT	km	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Isère à l'amont de Moûtiers	99.666	899	150	240	350	283	170	200	360	360		240	350									
Isère à Moûtiers	100.290	907												90	115	135	205	270	360		194	388
Isère à l'aval du Doron de Bozel	101.100	1575	220	360	530		360	418	550	530		375	550	180	240	275	390	490	650		266	532
Isère à l'amont de l'Eau Rousse	106.743	1654							550		550											
Isère amont Glaize	108.200	1711									560											
Isère amont Bayet	114.750	1785	250	400	590		400	492	590		570											
Isère amont Bénéfant	116.600	1819									580											
Isère amont Grand Ruisseau	122.220	1854						590			590											
Isère Bâthie CHAM	123.020	1854									590			205	280	320	440	540	730	1115		
Isère amont Arly	126.200	1888	255	410	610	550	410	507	610	730	600			205	280	320	440	540	730			
Isère aval Arly Albertville	127.350	2536	400	670	1000		670	829	1000		720		720	290	415	490	705	885	1170			
Doron à la Perrière		330												75	100	115	160	195	250		93	185
Doron de Bozel à Villarlurin		420										140	210									
Doron de Bozel au confluent de l'Isère		668					200	248	300	300				105	145	170	230	285	360		152	304
DEBITS JOURNALIERS																						
Isère à Moûtiers	100.29	907	112	181	268									65	89	105	155	200	275			
Isère à l'aval du Doron de Bozel	101.100	1575												155	205	240	340	430	570			
Isère amont Arly	126.200	1888												190	245	280	385	480	635			
Isère aval Arly Albertville	127.350	2536												240	310	365	530	665	875			
Doron à la Perrière		330												43	57	66	95	115	150			
Doron de Bozel à Villarlurin		420																				
Doron de Bozel au confluent de l'Isère		668												80	110	130	175	220	275			

4 ACTUALISATION DES DONNEES

4.1 METHODOLOGIE

Dans la présente étude, Hydratec a procédé à une actualisation des débits de crue par rapport à l'étude de Stucky en intégrant les 6 dernières années (2005-2011) notamment aux stations de Cevins, Moûtiers et Aigueblanche (2005-2009).

La méthodologie est la suivante :

- ❑ Traitement des débits de petite période de retour (1 à 30ans) aux stations d'enregistrement par ajustement de Gumbel (voir Tableau 7 ci-après)
- ❑ Considération des séries de données :
 - totales de 1903 à 2011 (inclus)
 - partielles en distinguant les données enregistrées avant (régime naturel) et après mises en service (régime influencé) des principaux aménagements hydro-électriques de l'Isère. Les dates charnières sont les suivantes :
 - ≈1952 : pour l'Isère en amont du Doron : aménagement de Tignes, etc.
 - 1954 : pour l'Isère en aval de Moûtiers : aménagement du barrage d'Aigueblanche + dérivation Randens
 - 1972 : pour le Doron à Moûtiers : usine de la Coche
- ❑ Extrapolation des débits pour les périodes de retour supérieures à 20 ou 30 ans par la méthode du Gradex des pluies qui suppose qu'à partir d'une période de retour donnée (généralement entre 10 et 30 ans), les sols sont saturés et les pluies ruissellent sur les terrains sans infiltration.
- ❑ Pour l'application de la méthode du gradex, deux hypothèses ont été considérées en extrapolant les débits à partir de la période de retour T=20 ans et T=30 ans afin de tester les incertitudes liées au choix du point pivot. Dans l'étude hydrologique de Stucky, les points pivot ont été pris entre T=20 ans (secteur amont Arly) et T=30 ans (secteur aval Arly).
- ❑ Les débits retenus pour la crue centennale correspondent aux débits naturels sans prise en compte de l'influence des retenues artificielles, ni des dérivations de débit pour l'exploitation hydroélectrique.

Les résultats des ajustements aux stations étudiées sont présentés sur les Figure 2 et le Tableau 7.

Ces valeurs sont assorties d'une incertitude liée en particulier à l'imprécision sur la valeur du coefficient de pointe de la crue (cf. Tableau 9 ci-après). Ce coefficient a été déterminé sur la base des hydrogrammes de crues historiques.

Les résultats de l'analyse mettent en évidence les résultats suivants :

- ❑ Effet des aménagements EDF sur les débits de crue :
 - Isère à Moûtiers : Baisse de 40 à 75 m³/s depuis 1952 pour les débits moyens journaliers de période de retour 2 à 10ans et de 30 à 40 m³/s pour les débits instantanés. L'impact diminue et devient quasi nul pour les fortes crues en raison des consignes de transparence hydraulique pour la gestion des ouvrages EDF.
 - Isère à Cevins : baisse significative depuis 1952 des débits instantanés de petite période de retour (1 à 10ans) de 30 m³/s en moyenne. De même qu'à Moûtiers, l'impact diminue pour les fortes crues. A Cevins les nouvelles consignes de gestion imposent d'arrêter progressivement les dérivations vers Randens. Cependant pour les crues avant 2000, le débit dérivé pouvait atteindre plus de 30 m³/s pendant des crues moyennes.
 - Doron de Bozel à Moûtiers : baisse des débits depuis 1972 (aménagement de la Coche) estimé entre 10 à 20 m³/s pour les petites périodes de retour (indicatif étant donné le faible nombre de données)

- ❑ La prise en compte d'un point pivot à T=20 ans au lieu de 30 ans sur l'Isère provoque une augmentation du débit centennal calculé de +50 m³/s (+12%) à Moûtiers et de +110 m³/s (+18%) à Cevins.
- ❑ L'absence de crue importante depuis plus de 30 ans (1981 environ trentennale à Moûtiers), voire depuis plus 70ans (1940 T=46ans à Moûtiers et 40ans en aval du Doron) augmente l'incertitude sur la validité des résultats obtenus

On soulignera les aspects suivants :

- ❑ Le réchauffement climatique peut potentiellement provoquer une augmentation des crues en début de printemps
- ❑ La suppression ou l'affaiblissement des crues de faibles et moyennes période de retour (inférieure à 10ans) réduit la quantité moyenne de matériaux charriés par l'Isère, avec en conséquence un engravement potentiel et une végétalisation accrue du lit, qui peut à terme être dommageable pour le transit de la crue centennale.
- ❑ L'absence ou la réduction des crues faibles à moyenne a un impact sur la sensibilisation des riverains aux risques de crue avec un effet de surprise plus grand lorsqu'une crue exceptionnelle arrive.

Figure 2 : Ajustements statistiques

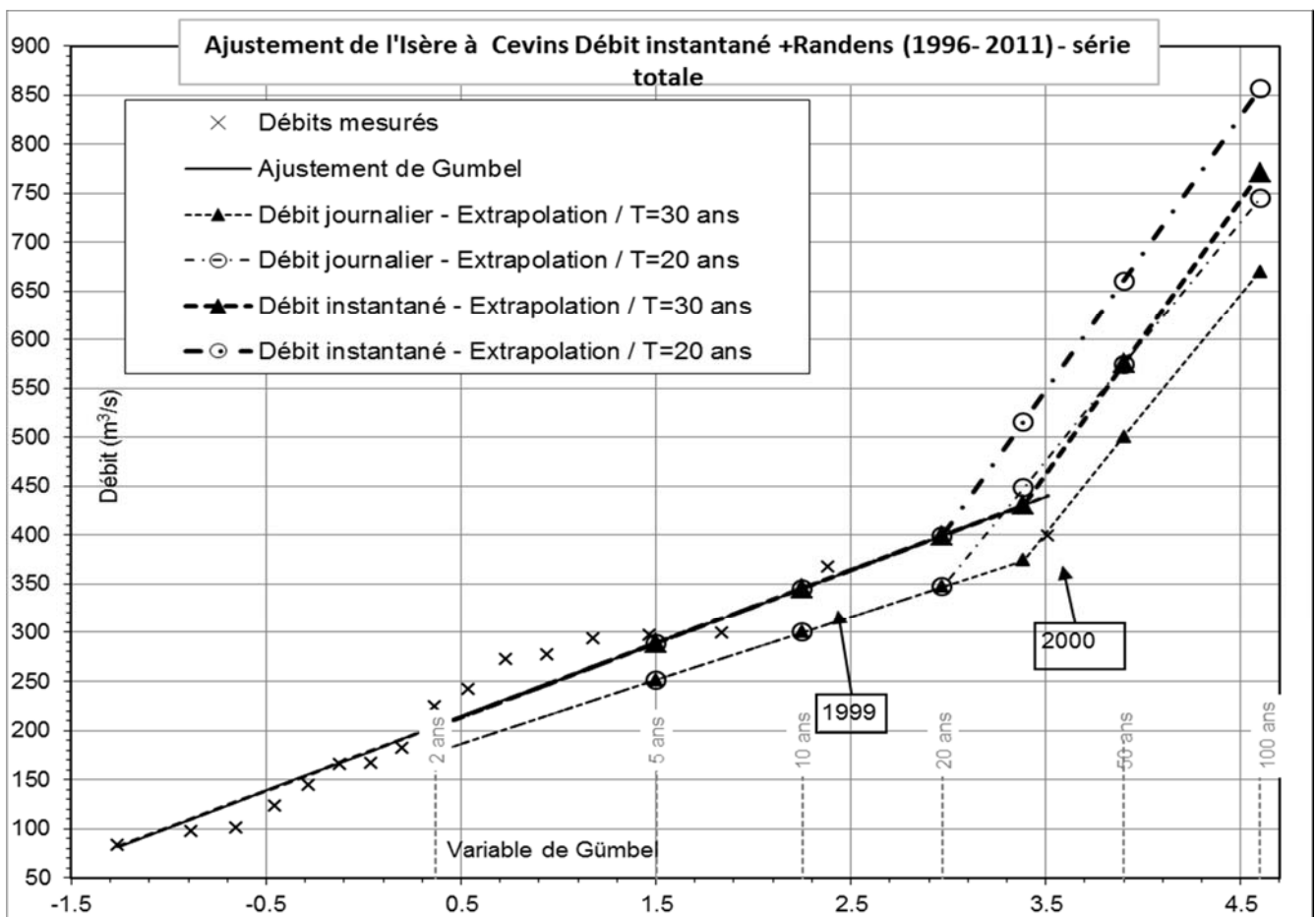


Tableau 7 : Estimation des débits caractéristiques

SOURCE			Série	Hydratec	Hydratec	Hydratec	Hydratec	Hydratec	Hydratec	Hydratec	Hydratec	Hydratec	Hydratec		
Année d'étude				2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012		
Série				Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total		
Mode d'évaluation				Ajustement	Ajustement	Ajustement	Ajustement	Ajustement	Extrapolation /T30	Extrapolation /T30	Extrapolation /T20	Extrapolation /T20	Extrapolation /T20		
	Année d'	PK	surface	débit	débit	Débit	débit	débit	débit	débit	débit	débit	débit		
	observation	modèle		2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans	30 ans	50 ans	100 ans		
LIEU DIT		km	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s		
DEBIT JOURNALIER				Débit journalier				Débit journalier				Débit journalier			
Isère à Moûtiers – Total	1903-2011	100.290	907	81.7	118.2	142.3	165.5	178.8	242.9	329.4	216.8	280.9	367.4		
Isère à Moûtiers – Partiel 1	1952-2011	100.290	907	65.5	90.3	106.7	122.5	131.6	195.7	272.2	173.8	237.9	324.4		
Isère à Moûtiers – Partiel 2	1903-1952	100.290	907	112.2	149.2	173.7	197.3	210.8	274.9	361.4	248.6	312.7	399.2		
Isère à Aigueblanche	1955-2009	101.100	1575	144.1	188.6	218.0	246.2	262.5	376.7	530.7	344.2	466.7	631.9		
Isère à Cevins (hors Randens)	1986-2011	116.600	1888	86.9	151.7	194.7	235.9	259.5	377.2	535.9	336.8	463.0	633.2		
Isère à Cevins + Randens	1986-2011	116.600	1888	123.6	195.3	242.8	288.3	314.5	432.2	590.8	389.3	515.5	685.7		
Doron de Bozel à Perrières – Total	1948-2002		330	39	51.5	59.8	67.8	72.3	98	132.6	88.3	114	148.6		
Doron de Bozel à Moûtiers – Total	1903-1977		668	74.3	96.1	110.4	124.2	132.2	179.4	243.1	162	209.2	272.9		
Doron de Bozel à Moûtiers – Partiel	1903-1971		668	77.6	98.7	112.7	126.2	133.9	181.2	244.8	164	211.1	274.9		
DEBIT INSTANTANES				Débit instantané				Débit instantané				Débit instantané			
Isère à Moûtiers – Total (a)	1903-2011	100.290	907	107.0	154.8	186.4	216.8	234.3	318.3	431.6	284.0	368.0	481.3		
Isère à Moûtiers – Partiel 1 (a)	1952-2011	100.290	907	85.8	118.3	139.8	160.5	172.4	256.4	369.7	227.7	311.7	425.0		
Isère à Moûtiers – Partiel 2 (a)	1903-1952	100.290	907	146.9	195.5	227.6	258.4	276.1	360.1	473.4	325.6	409.6	522.9		
Isère à Moûtiers – Total (b)	1904-1978	100.290	907	114.9	161.7	192.7	222.4	239.5	323.5	436.8	289.6	373.6	486.9		
Isère à Moûtiers – Partiel 1 (b)	1952-1978	100.290	907	92.9	139.7	170.7	200.4	217.5	301.5	414.8	267.6	351.6	464.9		
Isère à Moûtiers – Partiel 2 (b)	1903-1952	100.290	907	128.9	172.2	200.9	228.4	244.2	328.2	441.5	295.6	379.6	492.9		
Isère à Aigueblanche	1955-2009	101.100	1575	165.7	216.8	250.7	283.2	301.9	433.2	610.3	395.9	536.7	726.7		
Isère à Cevins - hors Randens (a)	1986-2011	116.600	1785	99.9	174.5	223.9	271.2	298.5	433.8	616.2	387.3	532.4	728.2		
Isère à Cevins - hors Randens (b)	1996-2011	116.600	1785	157.8	243.6	300.4	355	386.3	531.1	726.4	471.1	616.2	811.9		
Isère à Cevins + Randens (a)	1986-2011	116.600	1785	142.1	224.6	279.2	331.6	361.7	497	679.5	447.7	592.8	788.5		
Isère à Cevins + Randens (b)	1996-2011	116.600	1785	204	289.2	345.6	399.7	430.8	575.6	770.9	515.8	660.9	856.6		
Doron de Bozel à Perrières – Total	1948-2002		330	65.5	86.6	100.5	113.9	121.5	164.7	222.8	148.3	191.5	249.6		
Doron de Bozel à Moûtiers – Total (a)	1903-1977		668	96.6	124.9	143.6	161.5	171.8	233.2	316.0	210.6	272	354.8		
Doron de Bozel à Moûtiers – Partiel (a)	1903-1971		668	100.8	128.3	146.6	164	174.1	235.5	318.3	213.2	274.6	357.4		
Doron de Bozel à Moûtiers – Total (b)	1903-1977		668	98.8	127.5	146.5	164.7	175.2	236.6	319.4	213.8	275.2	358.0		
Doron de Bozel à Moûtiers – Partiel (b)	1903-1971		668	103.5	131.1	149.4	166.9	177	238.4	321.2	216.1	277.4	360.3		

les séries "Total" correspondent à l'analyse des données avant et après aménagements hydroélectriques.
 Les séries "Partiel 1" correspondent à l'analyse des données après aménagements hydroélectriques uniquement (généralement 1952 – 2011).
 Les séries "Partiel 2" correspondent à l'analyse des données avant aménagements hydroélectriques uniquement (généralement 1903 – 1951).
 Les valeurs "ajustement" correspondent aux débits calculés ou extrapolés par ajustement statistique
 Les valeurs "Extrapolation /T20 (resp. /T30)" correspondent aux débits calculés par extrapolation à l'aide de la méthode du gradex au-delà de la période de retour T=20ans (resp. T=30 ans)

(a); (b) : Pour certaines stations, les débits sont enregistrés de façon instantanée. Il est ainsi possible de calculer les débits de pointe à l'aide :
 (a) du coefficient de pointe à partir des débits journaliers
 (b) des ajustements des débits instantanés et application de la méthode du gradex

Au final, nous retiendrons les valeurs de crue centennales correspondant aux hypothèses suivantes :

Isère à Moûtiers	Série partielle 1952 - 2011 : Ajustement des débits instantanés (Q2-Q20) et Q100 calculé avec l'ajustement des débits journaliers et interpolation / T30 (gradex) puis coefficient de pointe pour obtention des débits instantanés. Q30 et Q50 sont déduits de Q20 et Q100 sur le graphique de Gumbel.
Isère Aigueblanche	Série totale 1955 - 2009 : ajustement des débits journaliers et Interpolation / T30 (gradex) puis coefficient de pointe pour obtention des débits instantanés
Isère à Cevins	Série totale 1986 - 2011 Isère à Cevins + Randens : Ajustement des débits instantanés (Q2-Q10) et Q100 calculé avec l'ajustement des débits journaliers et interpolation / T30 (gradex) puis coefficient de pointe pour obtention des débits instantanés. Q30 et Q50 sont déduits de Q20 et Q100 sur le graphique de Gumbel.
Doron à Moûtiers	Série totale 1904 - 1977 : Ajustement des débits instantanés (Q2-Q20) et Q100 calculé avec l'ajustement des débits journaliers et interpolation / T30 (gradex) puis coefficient de pointe pour obtention des débits instantanés. Q30 et Q50 sont déduits de Q20 et Q100 sur le graphique de Gumbel.

Tableau 8 : Débits de pointe obtenus aux principaux points du secteur

	PK modèle	Surface	Q _{2ans}	Q _{5ans}	Q _{10ans}	Q _{20ans}	Q _{30ans}	Q _{50ans}	Q _{100ans}
	Km	Km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Isère à Moûtiers	101.100	907	93	140	171	200	297	328	370
Isère aval Doron	101.100	1575	180	270	323	283	302	433	610
Isère à Cevins	114.764	1785	204	289	346	332	362	497	680
Isère à Tours en Savoie	124.850	1888	211	298	356	342	371	512	700
Doron Bozel à Moûtiers	100.68	668	99	128	147	165	211	272	355

Tableau 9 : Résultats de l'analyse des stations de mesure

Site	Surface km ²	Débits mesurés	Années prises en compte	Remarque	Gp	Kp	Kweiss	Tc (h)	Remarque
Doron de Bozel à la Perrières	330	moyen journalier	1948 – 2002	Série totale	11.8	1.68	1.1	8h	Incertitude sur le coefficient de pointe
			1952 – 2002	Série partielle					
Doron de Bozel à Moûtiers	668	moyen journalier	1903 – 1977	Série totale	11.8	1.68	1.1	10h	Incertitude sur le coefficient de pointe
			1952 – 1977	Série partielle.					
		instantané	1903 – 1977	Série totale	11.8	1.3	1	10h	Incertitude sur le coefficient de pointe
			1952 – 1977	Série partielle.					
Isère à Moûtiers	907	moyen journalier	1903 – 2011	Série totale	11.8	1.31	1	12h	Incertitude sur le coefficient de pointe
			1952 – 2011	Série partielle.					
		instantané	1904 – 1978	Série totale					
			1952 – 1978	Série partielle.					
Isère à Aigueblanche	1575	moyen journalier	1955 – 2011	Série totale	11.8	1.15	1.1	16.9h	Incertitude sur le coefficient de pointe

Site	Surface km ²	Débits mesurés	Années prises en compte	Remarque	Gp	Kp	Kweiss	Tc (h)	Remarque
Isère à Cevins	1785	moyen journalier	1986 – 2011	Série totale	11	1.15	1	18.3h	Incertitude sur le coefficient de pointe
		instantané	1986 – 2011	Série totale					
Randens		Moyen journalier	1996 – 2011	Série totale					
Gp gradex des pluies journalières Kp coefficient de pointe Kp coefficient de pointe					Kweiss coefficient de Weiss Tc(h) temps caractéristiques assimilé au temps de montée de la crue				

La comparaison avec les données de Stucky et de Sogreah donne les résultats suivants :

- ❑ **Isère à Moûtiers** : la nouvelle analyse confirme les débits de la crue centennale calculés par Sogreah et Stucky $Q_{100} \approx 360 \text{ m}^3/\text{s}$ (+/-3%)
- ❑ **Isère aval Doron** : $Q_{100} = 610 \text{ m}^3/\text{s}$ à Aigueblanche (resp. $680 \text{ m}^3/\text{s}$ à Cevins). Les débits obtenus en aval du Doron sont légèrement inférieurs à ceux de Stucky de $-40 \text{ m}^3/\text{s}$ (resp. $-25 \text{ m}^3/\text{s}$) mais sont supérieurs à ceux estimés par Sogreah de $+80 \text{ m}^3/\text{s}$ (resp. $+110 \text{ m}^3/\text{s}$). L'incertitude liée au choix du Pivote $T=20$ ans ou $T=30$ ans est importante ($\approx +110 \text{ m}^3/\text{s}$). Le choix du coefficient de pointe est lui aussi déterminant dans l'estimation des débits de pointe.
- ❑ **Doron de Bozel** : $Q_{100} = 355 \text{ m}^3/\text{s}$ cohérent avec la valeur estimée de Stucky ($360 \text{ m}^3/\text{s}$) et supérieure ($+60 \text{ m}^3/\text{s}$) aux estimations de Sogreah ($300 \text{ m}^3/\text{s}$)

En conclusion :

- ❑ **Isère à Moûtiers** : le débit de crue centennale **$Q_{100} = 360 \text{ m}^3/\text{s}$** est confirmé
- ❑ **Isère aval Doron** : le calcul réalisé par Sogreah semble fortement sous-estimer le débit de crue centennale de l'Isère (-15 à -20%), alors que la valeur de Stucky paraît les surestimer légèrement (+3% à +6%). Par soucis de cohérence avec le PPRi aval nous conserverons la valeur de Stucky de **$Q_{100} = 730 \text{ m}^3/\text{s}$ en amont de l'Arly**.
- ❑ **Doron de Bozel à Moûtiers**: le calcul réalisé par Sogreah semble fortement sous-estimer (-19%) le débit de crue centennale du Doron, alors que la valeur de Stucky semble cohérente avec les estimations réalisées. Nous conserverons la valeur de Stucky **$Q_{100} = 360 \text{ m}^3/\text{s}$** .

4.2 DEBITS DE POINTE RETENUS

Pour l'estimation des débits sur l'ensemble du secteur nous retiendrons donc les hypothèses suivantes :

- ❑ Pour les débits de l'Isère à Moûtiers et en amont de l'Arly,
 - **Q100** crue de référence centennale : les valeurs estimées par Stucky en 2005.
 - **Q2 à Q20** : les valeurs correspondent aux résultats des ajustements statistiques (cf. Tableau 8 page ci-avant)
 - **Q30 et Q50** : interpolation des débits entre Q20 et Q100 selon une loi de type Gumbel (voir **Figure 3** ci-après)
- ❑ **Pour les débits de l'Isère entre Moûtiers et Tours en Savoie**, les valeurs intermédiaires sont extrapolées en utilisant une formule de type Meyer $Q_2 = Q_1 \cdot (S_2/S_1)^{0.64}$. Le coefficient 0.64 est cohérent avec les estimations réalisées sur l'Isère entre Moûtiers et Cevins.
- ❑ **Pour les débits du Doron à Moûtiers**, les valeurs estimées par Stucky en 2005 pour la crue de référence centennale sont confirmées (cf. Doron à Moûtiers (2)). Afin de respecter le débit de pointe de crue centennale de l'Isère en aval du Doron, un décalage temporel sera appliqué entre les hydrogrammes du Doron et de l'Isère à Moûtiers. En effet une crue centennale de l'Isère

concomitante de l'Isère et du Doron génère une crue théorique au-delà de la crue centennale pour l'Isère en aval du Doron ($\approx T=150$ ans). La pointe de crue du Doron surviendra environ 6h en avance de celle de l'Isère.

Le profil en long des débits de crue caractéristiques de période de retour 2 ans à 100 ans de Moûtiers à Tours en Savoie est présenté dans le Tableau 10.

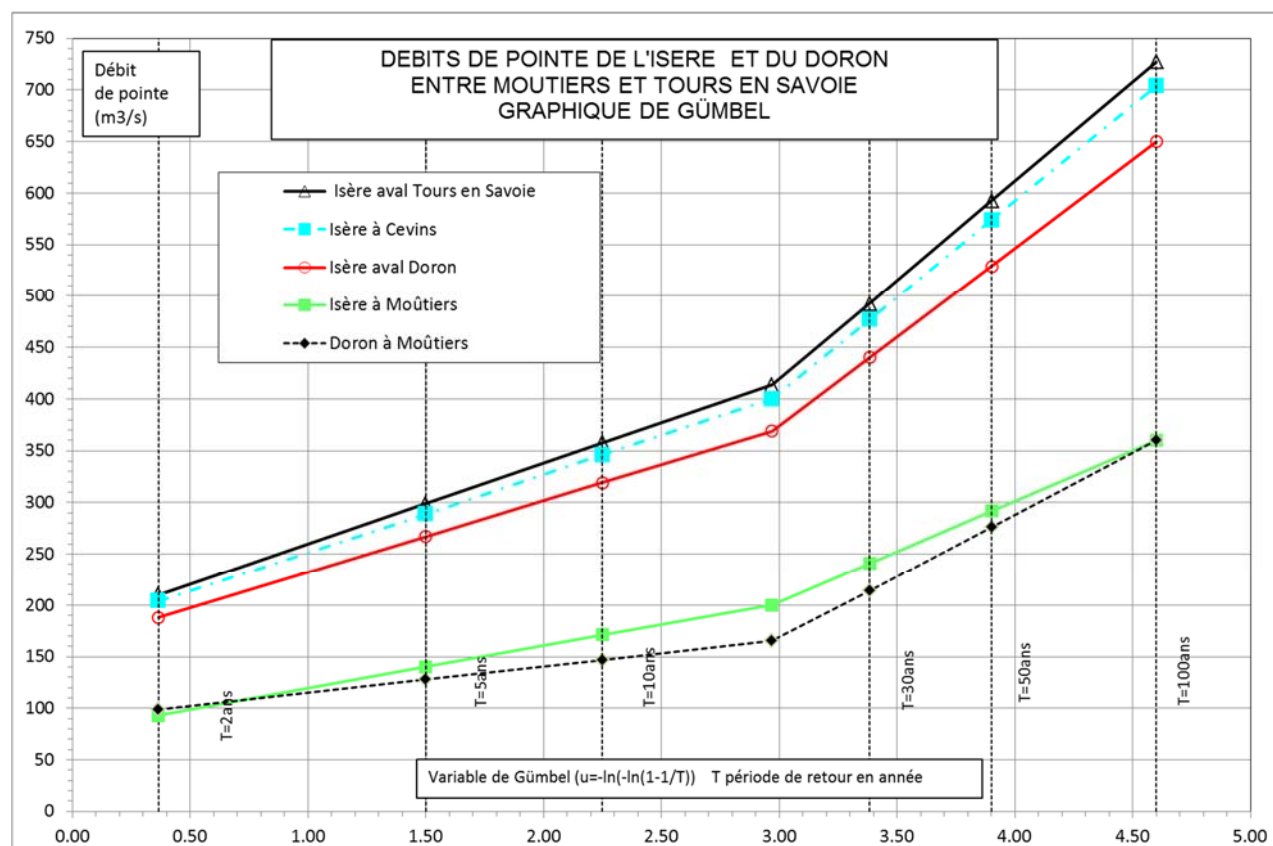
Tableau 10 : Débits de pointe retenus aux principaux points du secteur

	PK modèle	Surface	Q _{2ans}	Q _{5ans}	Q _{10ans}	Q _{20ans}	Q _{30ans}	Q _{50ans}	Q _{100ans}
	Km	Km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Isère à Moûtiers	101.100	907	93	140	171	200	241	292	360
Isère aval Doron	101.100	1575	188	267	319	369	440	529	650
Isère à Cevins	114.764	1785	204	289	346	400	477	574	704
Isère à Tours en Savoie	124.850	1888	211	300	359	415	494	595	730
Doron à Moûtiers	100.68	668	99	128	147	165	214	276	360

Tableau 11 : Débits journaliers retenus aux principaux points du secteur

	PK modèle	Surface	QJ _{2ans}	QJ _{5ans}	QJ _{10ans}	QJ _{20ans}	QJ _{30ans}	QJ _{50ans}	QJ _{100ans}
	Km	Km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Isère à Moûtiers	101.100	907	66.0	90.0	107.0	123.0	162.0	210.0	275.0
Isère aval Doron	101.100	1575	144.0	189.0	218.0	246.0	328.0	431.0	570.0
Isère à Cevins	114.764	1785	124.0	195.0	243.0	288.0	371.0	474.0	614.0
Isère Tours en Savoie	124.850	1888	128.0	202.0	252.0	299.0	384.0	491.0	635.0
Doron à Moûtiers	100.68	668	74.0	96.0	110.0	124.0	162.0	210.0	275.0

Figure 3 : Débit de projet de l'Isère selon le graphique de Gumbel



4.3 DYNAMIQUE DES CRUES DE L'ISERE

4.3.1 Hydrogrammes de crues caractéristiques

La durée et la forme des hydrogrammes de crues de l'Isère sont très irrégulières. Les hydrogrammes présentent souvent plusieurs pointes de crue, correspondant soit :

- à des apports successifs décalés des principaux affluents (Doron, etc.)
- à des variations spatiales et temporelles des scénarii pluviographiques à l'origine de la crue.

La construction des hydrogrammes caractéristiques est basée sur les paramètres caractéristiques suivants :

- Respect du débit de pointe calculé au paragraphe 4.2
- Le temps de montée et la durée de crue sont basés sur les hydrogrammes observés
- Respect du volume de crue maximum écoulé en 24h

Les temps caractéristiques des hydrogrammes de crue des bassins versants de l'Isère sur le secteur d'étude ont été estimés par Stucky à l'aide de la moyenne des méthodes théoriques classiques d'estimation. Nous les avons comparés aux hydrogrammes observés, notamment ceux d'octobre 1981 et octobre 2000.

Les temps caractéristiques résultants sont les suivants :

- Temps de montée de la crue : ~ 12h à Moûtiers, 18h à Cevins,
- Durée total de la crue : ~ 36h à Moûtiers à plus de 57h à Tours en Savoie.

Pour la construction des hydrogrammes on utilisera la formulation du Cemagref ci-après :

$$Q(t) = QIXA \times \frac{2}{1 + (t/D)^{2a}}$$

Avec :

- Q(t) débit instantané à l'instant t en m³/s
- QIXA débit de pointe en m³/s
- D temps de montée de la crue en h
- a coefficient de forme de l'hydrogramme pour le respect du volume de crue VCX24 en 24h

Tableau 12 : Paramètres des hydrogrammes de crues centennaux

		Doron à Moûtiers (*)	Isère amont Doron	Isère aval Doron	Isère à Cevins	Isère à Tours en Savoie
Débit de pointe	m ³ /s	360	360	650	704	729
Temps de montée	h	12	12	16.9	18.3	18.9
Durée de crue	h	29	36	51	55	57
Volume de crue / 24h	10 ⁶ m ³	20.2	23.2	43.4	47.78	49.79
Volume de crue / 60h	10 ⁶ m ³	26.7	35.8	62.5	72.99	75.27
a		2.1	1.6	2.1	2.1	2.1
Vitesse de propagation crue estimative	km/h	17	17	18	16	13

(*) Concernant le Doron, la pointe de crue n'est pas concomitante avec la pointe de crue de l'Isère à Moûtiers pour obtenir une crue centennale de l'Isère en aval de la confluence

Les hydrogrammes de crues centennales de Moûtiers à Tours en Savoie sont présentés sur la Figure 4 page ci-après.

Les hydrogrammes de crue théoriques des périodes de retour 2, 5, 10, 30, 50 et 100 ans estimés à Moûtiers et Cevins construits en respectant les caractéristiques débit-volume, sont présentés sur la Figure 5 et la Figure 6 page ci-après, et sont comparés aux hydrogrammes de crues historiques.

4.3.2 Amortissement des crues

L'amortissement de la crue le long de la vallée de l'Isère correspond à la déformation de l'hydrogramme (écrêtement, allongement, etc.) en fonction principalement de l'importance des débordements en lit majeur au fur et à mesure de la montée de la crue. Cet amortissement s'effectue en parallèle avec les apports de débits des affluents pour aboutir à l'hydrogramme résultant en chaque point du lit.

Figure 4 : hydrogrammes de crue centennale de l'Isère sur le secteur d'étude

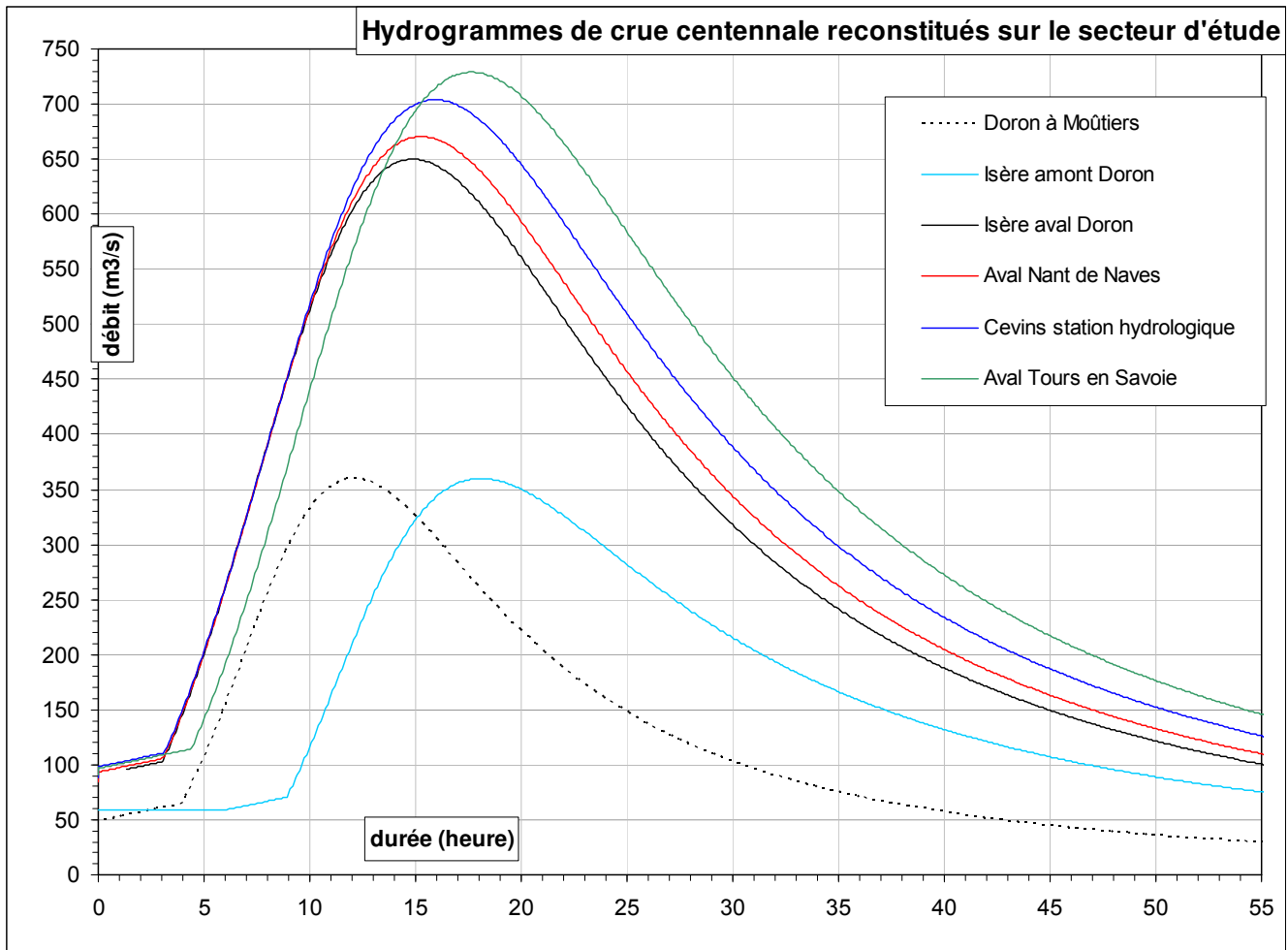


Figure 5 : hydrogrammes de crues historiques et reconstituées de l'Isère à Moûtiers

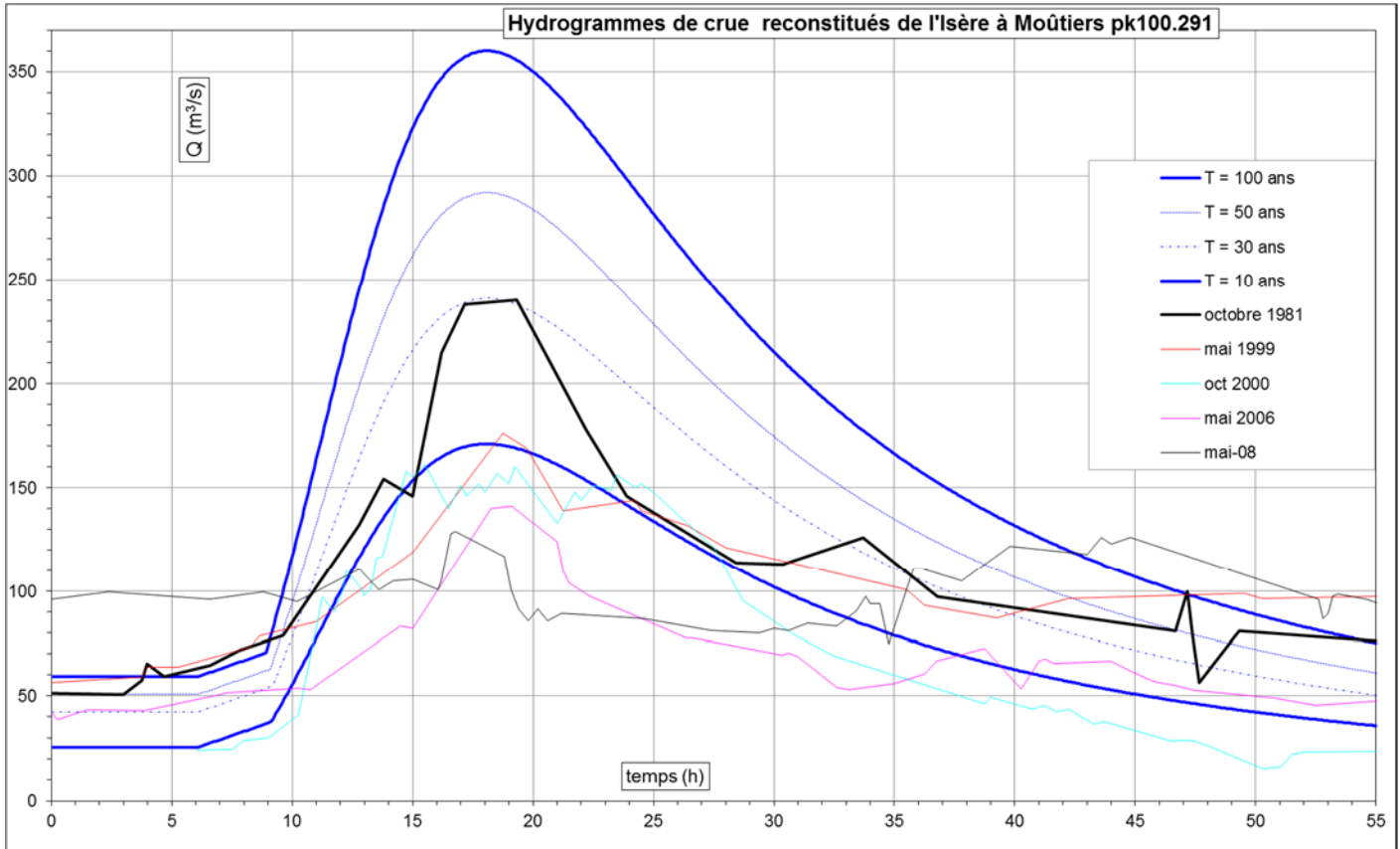


Figure 6 : hydrogrammes de crues historiques et reconstituées de l'Isère à Cevins

