

PREFECTURE DE LA SAVOIE

COMMUNE DE SAINTE-FOY TARENТАISE

# Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles Volet Inondation

## 2. Carte des Aléas

Atlas des zones inondables de l'Isère en crue centennale

Zonage des aléas :

Nature des risques pris en compte : inondation par l'Isère

Nature des enjeux : urbanisation

**Novembre 2003**

Direction  
Départementale  
de l'Équipement  
Savoie



Service de l'Habitat et de  
l'Environnement

L'Adret  
1, rue des Cévennes – BP 1106  
73011 CHAMBERY cedex  
Tel : 04.79.71.74.47

Direction  
Départementale  
de l'Agriculture  
et de la Forêt



Service RTM

83, avenue de Lyon  
73018 CHAMBERY Cedex  
Tel : 04.79.69.93.00



**DIREN RHONE-ALPES**  
19, rue de la Villette  
69003 LYON  
tel : 04.72.13.83.13

SOMMAIRE

OBJET .....	1
1. METHODE .....	2
2. ANALYSE HYDROLOGIQUE .....	3
2.1. DEBITS CLASSES PAR FREQUENCE D'OCCURRENCE.....	3
2.2. PROPAGATION DES CRUES .....	3
2.2.1. DUREE DES CRUES.....	3
2.2.2. CELERITE DE PROPAGATION DES CRUES.....	4
2.3. ECRETEMENT DUS AUX BARRAGES.....	4
3. ANALYSE MORPHOLOGIQUE.....	5
3.1. LE TRANSIT ALLUVIAL ET LE PROFIL D'EQUILIBRE DU LIT .....	5
3.2. LA RESPIRATION DU LIT AUX CONFLUENTS IMPORTANTS.....	5
4. ANALYSE HYDRAULIQUE .....	7
4.1. MODELES DU LIT DE L'ISERE.....	7
4.2. CALCULS D'ECOULEMENT .....	7
4.3. EXPLOITATION DES RESULTATS, INTERPRETATION .....	8
5. INTERPRETATION ET SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE.....	9
5.1. PRESENTATION.....	9
5.2. CARTOGRAPHIE SYNTHETIQUE .....	9
5.2.1. DECOUPAGE DES SECTIONS ETUDIEES.....	9
5.2.2. REPERAGE DES POINTS DU LIT .....	9

oOo

OBJET

La fréquence des catastrophes au niveau national, notamment depuis les inondations de 1992, et le constat d'un accroissement de la vulnérabilité en dépit de la mise en place de dispositifs réglementaires successifs, ont conduit l'Etat à renforcer la politique de prévention des risques naturels.

Cette politique s'appuie sur un programme décennal de prévention des risques naturels et s'est traduite, dans la Loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, par la création des Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR), qui unifient les procédures antérieures (PER, PSS, RIII-3 du Code de l'Urbanisme) et qui visent à limiter, dans une perspective de développement durable, les conséquences humaines et économiques des catastrophes naturelles.

C'est dans ce contexte que sont élaborés les Atlas des zones inondables sur le bassin de l'Isère Amont dans la continuité des études similaires réalisées à l'aval dans le Grésivaudan et plus récemment entre Alberville et Montmélián.

Des études locales conduites pour le compte des communes donnent une connaissance partielle des risques d'inondation liés à l'Isère en crue centennale.

Il est donc apparu nécessaire de disposer d'une connaissance globale des risques d'inondation dans ces secteurs, établie sur des critères identiques et avec une présentation unique.

Cet atlas intègre les analyses partielles déjà effectuées précédemment, qui présente les résultats pour la totalité, conformément à la doctrine nationale et **sert de base à l'établissement du PPR prescrit sur la commune pour le volet inondation.**

oOo

**1.**

**METHODE**

L'atlas est la résultante des analyses suivantes : une analyse hydrologique qui précise les hypothèses de projet à prendre en compte pour chaque tronçon homogène de rivière, concernant les débits de l'Isère pour la crue de référence centennale.

Une analyse morphologique, qui examine la stabilité du lit pour les différents tronçons, et les tendances d'évolution à admettre le cas échéant (abaissement ou engraissement), ainsi que les engravements ponctuels à prendre en compte aux confluent des torrents importants.

Une analyse hydraulique, qui détermine les niveaux d'écoulement de la crue de fréquence d'occurrence centennale, et les conditions de débordement, pour l'état du lit précédemment analysé.

Une interprétation circonstanciée des résultats théoriques obtenus, appuyée sur les reconnaissances effectuées sur place, et sur les éléments d'information recueillis (crues anciennes, configuration locale, témoignages, évolution du lit et des ouvrages, etc.).

La synthèse de ces analyses permet d'aboutir à une connaissance approfondie de la rivière et tout particulièrement de son comportement prévisible lors d'une forte crue, jusqu'aux hypothèses maximales admises, correspondant à la fréquence centennale.

Cette connaissance est exprimée par une cartographie synthétique réalisée sur un support de plans topographiques au 1/2000<sup>ème</sup>, qui a servi à la fois d'outil de travail pour les connaissances de terrain et pour les modélisations mathématiques des conditions d'écoulement des crues, ainsi que pour le rendu des résultats et conclusions de l'étude.

Le détail de ces analyses explicité dans les chapitres ci-après, ainsi que les modalités de présentation des résultats (cartographie synthétique, notice d'accompagnement) ont été conçus et réalisés en concertation avec la DDE, Administration gestionnaire de la rivière, dans le respect de la doctrine nationale relative aux risques hydrauliques, pour aboutir à un document opérationnel efficace, permettant de doter les services responsables de l'outil élémentaire d'aide à la décision, de mise à jour facile, dans leur mission d'évaluation des aléas, de la vulnérabilité et des risques résultants.

oOo

## 2. ANALYSE HYDROLOGIQUE

L'analyse hydrologique des débits de l'Isère classés en fréquences d'occurrence résulte des études antérieures réalisées par SOGREAH à plusieurs reprises<sup>1</sup>.

Cette analyse est fondée sur l'exploitation statistique des échantillons de mesures de débits aux stations de jaugeages existantes sur l'Isère.

Pour le cours amont de l'Isère, l'échantillon le plus significatif est celui de la station de Moutiers, pour laquelle on dispose de mesures de débit depuis 1903 (avec quelques lacunes).

Sans reprendre le détail de ces études, on peut en rappeler ci-après les résultats essentiels.

### 2.1. DEBITS CLASSES PAR FREQUENCE D'OCCURRENCE

Le classement des débits de crue de l'Isère en fonction de leur fréquence d'occurrence (ou de leur période de retour) a été établi, non seulement pour la station de Moutiers, mais de façon plus complète pour l'ensemble du bassin versant.

Cette analyse qui s'intègre elle-même dans une étude hydrologique plus globale de l'Isère, de l'Arc et des Dorons, impose une cohérence entre l'amont et l'aval des bassins, ainsi qu'entre les bassins voisins, et permet ainsi de mieux valoriser l'ensemble des données.

Elle se traduit par la relation entre les débits de crue de fréquences d'occurrence décennale et centennale d'une part, et la superficie du bassin intercepté d'autre part. Cette relation n'est valable que pour le bassin de l'Isère en Savoie, et au-delà d'une trentaine de kilomètres carrés.

Cette croissance des débits en fonction du bassin versant, doit être appliquée à chaque tronçon de rivière homogène, en tenant compte des affluents (en toute rigueur, en effet, la courbe représentative Q(s) est une succession de paliers à faible pente, applicables à chaque bief entre deux affluents, séparés par des augmentations ponctuelles du débit à chaque confluent).

Concrètement, sur les tronçons étudiés, la discrétisation des valeurs de débit aux principaux confluent, a été déterminée de façon à faire apparaître une croissance significative entre l'amont et l'aval de chaque confluent important. Les valeurs des débits entrants représentent donc l'intégralité des apports de débit sur le tronçon considéré.

Il est enfin utile de remarquer que la prise en compte de la fréquence d'occurrence centennale, correspondant à la référence nationale en matière de risque hydraulique (à défaut d'un phénomène historique connu d'intensité supérieure), s'applique aux débits de l'Isère seule. Les règles mathématiques de composition des fréquences impliquent en effet que la fréquence d'occurrence de la crue affluente soit supérieure (d'ordre décennal ou vingtenal, par exemple), pour obtenir à l'aval la crue centennale de l'Isère.

Le tableau suivant confirme les valeurs prises en compte pour les débits instantanés maxima de la crue centennale de l'Isère sur la commune :

	Q <sub>100</sub> (m³/s)
Isère amont (Les Brévières – Le Champet)	145
Isère à l'aval du Nant de Saint-Claude	217

### 2.2. PROPAGATION DES CRUES

Quelques notions concernant l'aspect transitoire des crues de l'Isère sur les tronçons considérés sont utiles à connaître pour appréhender l'ampleur des phénomènes.

#### 2.2.1. DUREE DES CRUES

Les crues à caractère torrentiel de l'Isère à l'amont de Moutiers sont très irrégulières et les hydrogrammes correspondants peuvent souvent présenter plusieurs pointes de crue, en fonction :

- soit des apports successifs décalés des affluents importants,
- soit des variations dans le temps des hyétoigrammes à l'origine de la crue.

En moyenne, et en tenant compte de cette forte variabilité, les ordres de grandeur des durées de la crue centennale sont les suivants :

Crue à l'amont de Bourg-Saint-Maurice	18 à 24 h
Crues à l'aval de Bourg-Saint-Maurice	24 à 28 h
Crues à l'aval de Moutiers	28 à 36 h
Durée de montée de la crue	-1/3
Durée de la décrue	-2/3

Compte tenu de ces durées relativement courtes et des durées d'application du débit maximum inférieures à une heure, les gradients de montée des eaux peuvent être très rapides, jusqu'à un mètre à l'heure.

<sup>1</sup> Notamment, rapports n°9923 (Décembre 1968) – 10 729 (avril 1971) – 12 206 (juillet 1975) – 36 1300 (juillet 1984) – 60 222 (avril 1989) – 30 0223 (janvier 1994)

2.2.2. CELERITE DE PROPAGATION DES CRUES

La propagation de l'onde de crue entre l'amont et l'aval du bassin versant, distincte de la vitesse d'écoulement, dépend de la loi hauteur-débit moyenne, qui s'applique à chaque tronçon (rapport de l'accroissement de débit à l'accroissement de hauteur de l'écoulement).

Elle est beaucoup plus rapide dans un lit encaissé (jusqu'à 30 km/h) que dans un lit avec un large champ d'inondation (5 à 10 km/h) et varie également avec la tranche de débits concernés (une petite crue dont les débits sont peu débordants se propage dans le lit mineur seul, beaucoup plus rapidement qu'une forte crue qui remplit tout le lit majeur).

En pratique, les temps de propagation d'une forte crue (d'ordre approximativement centennal) sont les suivants, sur le tronçon étudié, et avec des variations qui peuvent être très importantes :

PK 265	Les Brévières	Temps 0	Origine
PK 246	Bourg-saint-Maurice	30' à 50'	1 demi-heure environ

Ces temps courts mettent en évidence la difficulté de systèmes d'annonce de crue.

2.3. ECRETEMENT DUS AUX BARRAGES

L'écrêtement des crues par les barrages de retenue existants pour l'exploitation hydroélectrique de l'Isère est susceptible de modifier le régime naturel des crues, puisque ces ouvrages peuvent permettre la rétention de volumes d'eau non négligeables, et la restitution ultérieure contrôlée, avec des débits beaucoup plus faibles étalés dans le temps.

Ce principe d'écrêtement théoriquement efficace est constaté effectivement pour les petites crues et les crues moyennes (fréquence approximativement décennale).

En ce qui concerne les fortes crues et a fortiori les crues exceptionnelles (fréquence approximativement centennale), cet écrêtement est beaucoup plus difficile à établir : en effet, non seulement les volumes de rétention disponibles ne représentent plus qu'une fraction très réduite du volume de la crue, mais, de plus, aucune gestion spécifique des retenues n'est mise en œuvre par EDF dans ce but (ce qui d'ailleurs est normal, puisque les retenues ne sont pas conçues, ni exploitées pour l'écrêtement des crues, mais seulement pour la production d'énergie).

Une telle gestion est effet particulièrement exigeante et en pratique irréaliste (surtout économiquement) car elle consisterait, non seulement à maintenir les retenues partiellement vides pour disposer de volumes de réserve suffisants, mais surtout à organiser le remplissage et la vidange partielle simultanée des retenus pour optimiser le laminage des hydrogrammes, en fonction d'une prévision et d'un système adapté d'annonce des crues ; faute d'une telle gestion, très lourde à mettre en œuvre (une telle gestion au moyen d'un automate existe par exemple pour le Rhône, entre le Lac Léman et la mer), les conséquences des retenus deviennent négligeables pour les fortes crues, voire même exceptionnellement défavorables, si des manœuvres inappropriées sont effectuées (ce risque ne peut être exclu dans le contexte d'une crue catastrophique).

La confirmation de cette caractéristique des aménagements hydroélectriques existants sur la haute Isère a pu être apportée par une analyse statistique spécifique, grâce à l'utilisation des données très complètes de la station limnigraphique de Moutiers (déjà citée). En effet, l'échantillon de mesures de débit à cette station, exceptionnellement fourni puisqu'il débute en 1903, permet de différencier de l'exploitation statistique globale sur 1903-1999 :

- 1903-1953, représentatif du régime « naturel » antérieur de l'Isère,
- 1954-1999, représentatif du régime « influencé », après mise en servie de la retenue du barrage de Tignes à Val d'Isère (qui constitue de loin l'aménagement le plus important sur l'Isère à l'amont de Moutiers).

Les ajustement statistiques des trois échantillons mettent en évidence la nette diminution des débits correspondant aux crues fréquentes (avec une réduction maximale de 40 m³/s environ par rapport à la statistique globale, et de 80 m³/s environ, par rapport à la période ancienne 1903-1953), mais surtout la relative convergence des trois ajustements pour les crues peu fréquentes, au-delà de la fréquence centennale (entre 100 et 200 ans environ), qui traduit l'absence d'influence et le retour au régime naturel pour ces faibles fréquences.

En conclusion, (et en confirmation des études précédentes), on admettra que les hypothèses de débits à retenir pour la fréquence d'occurrence centennale correspondent à l'évaluation du régime naturel, sans influence des retenues et dérivations artificielles pour l'exploitation hydroélectrique de la rivière.

Il convient, en outre, de souligner les aspects suivants qui résultent de cette exploitation dans un sens défavorable vis-à-vis de l'équilibre de la rivière.

La disparition ou l'affaiblissement des crues fréquentes, effectivement écrêtées, adapte progressivement le lit à ce nouveau régime artificiel influencé, nettement inférieur au régime naturel antérieur, et réduit les capacités d'évacuation en conséquence (végétalisation, engravement) ; lorsque la crue exceptionnelle survient dans le lit étriqué et non entretenu par les crues courantes, l'écoulement y est plus difficile et entraîne des conséquences plus dommageables (érosions, débordements) que pour le régime antérieur.

Du point de vue du transit par charriage du matériau alluvial qui conditionne l'équilibre du profil en long, la réduction du régime des crues courantes se traduit par un déficit de l'énergie d'entraînement des matériaux (ce qui est logique, puisque cette énergie est transformée en kW par ailleurs) ; la diminution du transport solide qui en résulte, souvent masquée par les conséquences inverses de l'extraction des matériaux, peut être suivant les cas favorable ou défavorable à l'équilibre de la rivière, mais elle intervient nécessairement.

Du point de vue enfin de la prise de conscience des risques hydrauliques par les riverains, cette diminution du régime des crues courantes a également un effet psychologique, difficile à quantifier, mais certain, qui démotive les populations concernées vis-à-vis des aménagements de protection et des mesures réglementaires, et qui accroît l'effet de surprise – donc le risque – lorsque survient la crue exceptionnelle, à laquelle plus personne n'est habitué.

**3.****ANALYSE MORPHOLOGIQUE**

Cette analyse porte sur l'équilibre ou l'évolution éventuelle du lit, qu'il y a lieu de prendre en compte pour l'application des conditions d'écoulement.

Elle comporte deux volets distincts examinés successivement :

- le transit alluvial et le profil d'équilibre du lit.
- les confluences des torrents principaux et les respirations du lit correspondantes.

Les résultats de cette analyse sont indiqués dans les commentaires relatifs à chaque localisation ; les conclusions essentielles sont rappelées ci-après.

**3.1. LE TRANSIT ALLUVIAL ET LE PROFIL D'EQUILIBRE DU LIT**

L'équilibre d'une rivière torrentielle telle que l'Isère sur les tronçons étudiés ne résulte pas de la fixation intangible du lit, mais d'un transit alluvial permanent pour lequel le flux de transport solide, à l'entrée de chaque tronçon homogène considéré est identique au flux sortant.

S'il y a un gradient (positif ou négatif) de ce flux sur le tronçon, c'est-à-dire si le flux varie, il y a alors engravement (si le flux entrant est en excès) ou au contraire abaissement (si le flux entrant est en déficit par rapport au flux sortant).

L'engravement du lit diminue sa capacité et augmente les débordements en crue (en fréquence et en débit).

L'abaissement est parfois plus complexe, car les phénomènes de pavage (sélection et arrangement des blocs sur le fond du lit, pour leur assurer la meilleure résistance à l'entraînement), ralentissent ou empêchent l'approfondissement du lit.

Ces principes d'évolution du lit concernent les processus naturels ; les processus artificiels sous l'action des aménagements anthropiques peuvent être plus rapides et se superposent à l'évolution naturelle :

- Les extractions de matériaux déclenchent une érosion régressive vers l'amont qui abaisse le lit,
- Les barrages de retenue interrompent (totalement ou partiellement) le transit naturel.
- Les dérivations de débit diminuent l'énergie de la rivière, et par conséquent ses possibilités d'entraînement.

En ce qui concerne l'Isère sur les tronçons étudiés, la situation déjà analysée précédemment est systématiquement déficitaire par la conjugaison :

- d'extractions importantes, actuellement très réduites et limitées aux seules zones où le curage du lit est nécessaire pour assurer la capacité d'évacuation des crues (sortie de Moutiers par exemple),
- des barrages de retenue qui piègent une partie essentielle des apports (barrage de Tignes par exemple),
- des dérivations hydroélectriques du débit, nombreuses sur les tronçons de l'Isère concernés (Tignes Malgovert, par exemple).

L'essentiel de ces transformations d'origine artificielle du transit de l'Isère date de plusieurs décennies (construction des barrages : 1955/1965 – Extractions 1965/1985 environ, etc.) et ont permis une certaine stabilisation actuellement.

On constate essentiellement que sur tous les tronçons étudiés, l'évolution depuis le débit du siècle (relevés de référence en 1907/1908) est un abaissement systématique, de l'ordre d'un mètre, parfois jusqu'à deux mètres. Les seules zones en exhaussement relèvent d'un autre processus examiné ci-après. Cet abaissement endémique est par contre à peu près stabilisé, et les études de l'évolution du lit sur la dernière décennie ont confirmé cette stabilisation relative du lit.

**3.2. LA RESPIRATION DU LIT AUX CONFLUENTS IMPORTANTS**

Les apports de déjections torrentielles aux confluents des torrents importants qui rejoignent l'Isère parviennent généralement :

- avec une granulométrie et une pente du lit amont nettement supérieures à celles du lit de l'Isère, qui rendent difficile l'entraînement par les écoulements de l'Isère et de l'affluent réunis,
- avec une répartition dans le temps extrêmement différenciée (crue brutale en quelques heures, apports annuels des régimes de fonte en quelques jours, et inactivité de transport pendant le reste de l'année, etc.).

Il résulte de ces apports discrétisés, une « respiration » du lit dans la zone de confluence (en altitude et parfois aussi en plan, par des divagations latérales), qui évolue plus lentement, pour « digérer » des apports ponctuels massifs sur plusieurs années, etc.

On aura compris que le transit alluvial de matériaux qui façonne le lit n'est que l'intégrale des apports ponctuels discrets aux confluents et des dépôts / reprises dans le lit lui-même, sur une durée plus longue.

Les principales zones de respiration, indiquées et différenciées dans les commentaires, sont les suivantes :

- Le Nant de Saint-Claude, dont l'exiguïté de la zone de dépôt à l'amont du confluent et l'importance des apports grossiers exhausse le lit de l'Isère en fonction du régime des extractions dans la zone du confluent avec des conséquences à l'aval sur les risques de submersion dans la traversée du village de Viclaire,

- Plusieurs autres torrents secondaires, ou dont l'influence sur le lit de l'Isère, même importante n'a pas de conséquence proche (Torrent des Moulins, de Pissevielle etc.).



## 4.

### ANALYSE HYDRAULIQUE

L'analyse des conditions d'écoulement des crues de l'Isère, dont les débits pris en compte résultent de l'analyse hydrologique, et dont les variations du lit testées résultent de l'analyse morphologique, a été conduite au moyen de calculs d'écoulement.

Ces calculs utilisent plusieurs modèles mathématiques des différents tronçons de l'Isère concernés par l'étude, exploités au moyen d'un logiciel spécifique adapté aux rivières torrentielles. Certains calculs d'écoulement existaient déjà et avaient été réalisés récemment par SOGREAH pour des études localisées ; on a seulement vérifié dans ce cas la stabilité du lit et des hypothèses de projet pour confirmer les résultats, d'autres ont été créés et exploités spécifiquement pour cette étude.

#### 4.1. MODELES DU LIT DE L'ISERE

Les modèles mathématiques représentatifs des lits de l'Isère sur les tronçons étudiés ont été construits à partir de profils en travers du lit mineur et du lit majeur, auxquels sont associés les paramètres et coefficients hydrauliques (rugosités différenciées, pondération, dissipation d'énergie par convergence/divergence, etc.).

Des sections complémentaires sont ajoutées pour la représentation plus précise des ouvrages ou du lit majeur.

L'ensemble des points de calcul ainsi définis et repérés par leurs abscisses (PK kilométriques, voir § 5.2.2), sont indiqués sur les plans ci-après, et donnent lieu à un calcul préalable des débitances en fonction du niveau pour chaque section du modèle.

#### 4.2. CALCULS D'ECOULEMENT

Les calculs d'écoulement proprement dits sont réalisés pour les débits de crue de référence sur chacun des tronçons pré-existants ou nouvellement créés (une quinzaine de tronçons), à partir des conditions aux limites suivantes :

- une loi hauteur-débit à l'aval du modèle, résultant d'un autre calcul dans le lit aval, ou imposée avec un éloignement suffisant pour que son influence dans la zone de calcul soit négligeable,
- des débits permanents entrant à l'amont du modèle, qui résultent des analyses précédentes (voir § 2).

Les résultats de ces calculs figurent dans les tableaux suivants, où sont indiqués :

- La référence du point de calcul,
- L'abscisse kilométrique correspondante,
- Le débit pris en compte (crue centennale),
- Le niveau de l'écoulement théorique calculé,
- La vitesse moyenne de l'écoulement,
- La charge hydraulique correspondante.

Pour chaque confluent important, plusieurs calculs ont été réalisés, prenant en compte une hypothèse d'engravement du lit par les apports affluents et le tableau présenté indique les conditions les plus défavorables retenues en cohérence avec la fréquence centennale.

Il convient de remarquer que les niveaux d'écoulement calculés, s'appliquant à des fortes crues torrentielles sont susceptibles de variations importantes par rapport à ces valeurs calculées, essentiellement dues :

- aux obstacles ponctuels, corps flottants ou débris divers placés dans le courant, qui peuvent influencer localement les niveaux,
- aux instabilités transitoires de l'écoulement, qui peuvent modifier ponctuellement et instantanément les niveaux (ressauts hydrauliques, ondes diverses, déferlement etc.),
- aux fluctuations locales des fonds (basculement de bancs, affouillements ponctuels etc.), qui peuvent aussi transitoirement affecter les niveaux.

#### **4.3. EXPLOITATION DES RESULTATS, INTERPRETATION**

Les résultats bruts des calculs d'écoulement sont interprétés de façon détaillée en tenant compte :

- de l'ensemble des données topographiques disponibles (non seulement les plans au 1/2000, et les profils fournis pour cette étude, mais également d'autres éléments localisés de topographie dont SOGREAH disposait préalablement),
- des multiples reconnaissances de terrain effectuées sur place pour apprécier la validité physique des scénarios potentiels de crue mis en évidence, et des caractéristiques hydrauliques (niveaux, vitesses) correspondantes,
- des confrontations, témoignages, descriptions bibliographiques etc., dont nous avons pu avoir connaissance préalablement ou dans le cadre de cette étude, et qui valorisent le patrimoine et l'expérience que nous partageons avec les acteurs riverains ou institutionnels, mais qui permettent surtout une meilleure précision et une plus grande fiabilité dans l'appréciation des risques.

C'est enfin après intégration de ces éléments que sont tracées sur les cartes les limites d'emprise des zones inondables suivant les classes définies à partir du cahier des charges et en concertation avec les services de la DDE.

Il faut observer, concernant ces résultats, qu'un domaine d'incertitude important subsiste de façon irréductible, non pas du fait des analyses réalisées, mais du fait de la variabilité même des phénomènes naturels en cause, qui pour les crues torrentielles de fréquences rares, intègrent de multiples facteurs aléatoires. Une plus grande précision dans les résultats des analyses effectuées serait de ce point de vue illusoire.

oOo

---

**5.**

---

**INTERPRETATION ET SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE**

---

**5.1. PRESENTATION**

Les résultats de l'étude sont traduits de façon synoptique par une cartographie, réalisée sur un support planimétrique au 1/2000, où sont indiquées les différentes zones correspondant aux risques hydrauliques gradués.

Ces planches cartographiques en couleur sont complétées par des indications sur la nature et l'intensité des risques (hauteurs, vitesses, trajectoires moyennes des écoulements), et sur les principales caractéristiques des aléas mis en évidence pour la fréquence de référence centennale (et éventuellement pour d'autres fréquences le cas échéant).

Cette cartographie est accompagnée (et inséparable) d'une série de commentaires, rattachés précisément à la localisation des risques (PK kilométrique), qui fournissent les éléments nécessaires à la compréhension des phénomènes. Ces commentaires sont présentés avec la cartographie (découpée en feuilles A3), sous forme d'un cahier de l'amont vers l'aval de l'Isère.

**5.2. CARTOGRAPHIE SYNTHETIQUE****5.2.1. DECOUPAGE DES SECTIONS ETUDIEES**

La cartographie synthétique est présentée ci-après sur des feuilles au format A3 réunies en cahier et repérées de l'aval vers l'amont.

**5.2.2. REPERAGE DES POINTS DU LIT**

Tous les points ou les tronçons du lit sont repérés par leur abscisse kilométrique suivant l'axe approximatif des écoulements.

Pour la fixation de ces PK kilométriques, on a conservé le système établi au début du siècle par le Service des Grandes Forces Hydrauliques (rattaché ultérieurement à l'IGN), qui fixe pour origine le confluent avec le fleuve ou la rivière principale (pour l'Isère, il s'agit donc du confluent avec le Rhône), et qui remonte en croissant vers l'amont jusqu'à la source.

Ce système, un peu lourd à manipuler, est néanmoins impératif pour permettre les comparaisons, recalages et analyses chronologiques de l'évolution par rapport aux relevés anciens et aux études précédentes.

C'est également ce système qui a été utilisé pour l'ensemble des études à caractère général réalisées par SOGREAH antérieurement.

Il convient de remarquer que l'axe de la rivière qui sert de référence aux abscisses n'est pas immuable et est susceptible de varier, suivant :

- les divagations naturelles de la rivière,
- le débit d'écoulement considéré : les trajectoires de l'écoulement ne sont pas les mêmes à l'étiage et en forte crue.

Pour ces raisons, et en observant que ces éventuelles variations du PK ont très peu d'influence sur les conditions d'écoulement calculées, les PK indiqués sur les plans constituent des références fixes pour l'ensemble des calculs et interprétations ponctuelles, mais ne correspondent pas nécessairement aux intervalles géométriques rigoureux.

SECTION TIGNES LES BREVIERES - SEEZ

Planche médiane J

Feuille A3 (34) - (PK 253,50 à 254,40)

PK 253,30 A 253,80	<p>Ce tronçon de lit très encaissé et à forte pente, à l'aval du pont de la Bonneville, est relativement stabilisé par un pavage exogène (étranger au charriage propre de la rivière), constitué par de nombreux blocs rocheux éboulés des versants, qui fixent le lit, sur le fond et sur les berges.</p> <p>L'irrégularité qui en résulte, autant sur le fond du lit (chutes multiples de l'ordre du mètre sur les barrages successifs de blocs), que sur les berges (lit en « zig-zag » entre les gros blocs rocheux), implique des écoulements très violents, capables de déplacer plusieurs blocs et de déstabiliser localement le lit.</p> <p>L'encaissement du lit (une quinzaine de mètres sous la route départementale RD902), exclut toutefois toute conséquence de ces écoulements irréguliers à vitesses et niveaux très variables.</p>
PK 253,80 PONT DE LA BONNEVILLE	<p>Cet ouvrage élevé, à une travée et tablier en béton sur poutres indépendantes et culées verticales en murs maçonnés, offre un débouché largement suffisant pour le passage de la crue centennale avec une revanche de 2 m environ sous le niveau de sous-poutre, pour la crue centennale. Par contre les vitesses élevées sous l'ouvrage et dans le lit de part et d'autre, peuvent faire craindre l'entraînement de quelques gros blocs qui fixent le profil en long, et une déstabilisation ponctuelle du lit. Les culées ne sont apparemment pas affouillées, et une chute de 0,60 m à 1,00 m existe à l'amont de l'ouvrage sur quelques gros blocs (naturels ?) coincés.</p>
PK 253,80 A 254,40	<p>La configuration morphologique du lit à l'amont du Pont de la Bonneville, qui se prolonge en fait jusqu'au confluent du Nant de Saint-Claude, est radicalement différente du lit aval :</p> <p>En effet, le rétrécissement brutal du lit à l'amont du pont de la Bonneville (au PK 254,85), constitue un verrou qui sépare de façon très contrastée :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Le lit aval à forte pente (3,5 % environ), très encaissé, et fixé par des affleurements rocheux et un pavage de gros blocs éboulés des versants de Montvalezan et de Ronaz,</li><li>■ Le lit amont à faible pente (0,5 % environ), comportant un lit majeur très large et un lit mineur sinueux de faible profondeur, constitués de matériaux de granulométrie beaucoup plus réduite qu'à l'aval.</li></ul> <p>Le verrou marque donc à la fois un basculement de pente et un goulot d'étranglement latéral, qui ont imposé le remplissage alluvial du lit amont, avec une phase de divagations et de construction des terrasses latérales au cours des siècles précédents.</p>

Le verrou marque donc à la fois un basculement de pente et un goulot d'étranglement latéral, qui ont imposé le remplissage alluvial du lit amont avec une phase de divagations et de construction des terrasses latérales au cours des siècles précédents.

Du point de vue du fonctionnement hydraulique des fortes crues, ce contraste est encore plus marqué entre l'amont et l'aval :

- A l'amont, l'écoulement retenu par la « porte étroite » du verrou (PK 254,85), forme un « Lac » à vitesses faibles et niveaux élevés, avec des submersions importantes sur les deux rives (hauteurs d'eau supérieures à 2 m sur les prairies et bordures boisées), la route RD902 est atteinte par ces submersions avec une hauteur d'eau de l'ordre d'un mètre et ponctuellement 2 m pour la crue centennale (1 m environ pour la crue décennale, maison en bordure atteinte).
- A l'approche du verrou, au retour dans le lit mineur, les écoulements peuvent être fortement accélérés et peuvent provoquer des érosions aux passages dénivelés (murs, route, crêtes de berge).
- Au droit et à l'aval du verrou, l'écoulement « plonge » brusquement, les vitesses deviennent très fortes (5 à 6 m/s de vitesses moyennes), et les hauteurs d'eau diminuent beaucoup : le pont, le CD902 et l'essentiel des maisons d'habitation est hors d'eau (avec une revanche d'un mètre à peine pour la crue centennale).

Le mur ancien de rive droite et les protections en enrochements des deux rives paraissent en bon état et protègent efficacement les berges dans la zone de mise en vitesse.

Dans le lit aval, le lit n'est plus maintenu que par les gros blocs naturels (substratum de rocher en place ?), et les écoulements violents et irréguliers ne paraissent plus pouvoir déstabiliser la berge au point de menacer la RD902 située 4 à 5 m au-dessus des niveaux de la crue centennale.

Il faut noter à l'amont (au PK 254,33) la présence d'un ouvrage en rive gauche (déversoir et seuil) pour la restitution et le contrôle des écoulements sur le lit majeur, dans toute la zone endiguée à l'aval de la centrale EDF, qui servait de bassin de compensation, mais qui n'est actuellement plus utilisée. Les ouvrages en bon état apparent modifient peu le régime de submersion : malgré la digue en bordure de berge, dont l'arase est calée à un niveau supérieur d'un mètre environ à celui de la crue centennale, le passage par l'amont et par l'aval laissent toute la zone submersible (hauteurs d'eau supérieures à 1 m, vitesses inférieures à 1 m/s).

SECTION TIGNES LES BREVIERES - SEEZ

Planche médiane J

Feuille A3 (35) - (PK 254,40 à 255,30)

PK 254,40 A 254,85  
AVAL DU VILLAGE

- Rive gauche – L'ensemble des terrasses de la rive gauche de l'Isère, à l'aval et à l'amont du canal de fuite EDF, est submersible pour la crue centennale, soit directement par l'Isère, soit par les débordements d'amont et leur déversement sur la route de la centrale.

La zone de l'ancien bassin de compensation, examinée précédemment sur la feuille n°34, reste submersible par l'aval et par l'amont, malgré la digue insubmersible qui l'isole du lit mineur, avec des hauteurs supérieures à 1 m et des vitesses inférieures à 1 m/s.

Le terre-plein de l'usine EDF est les principaux bâtiments restent au-dessus des niveaux de la crue centennale, avec une revanche toutefois assez faible, de l'ordre de 0,50 m.

Les bâtiments annexes par contre, et toute la zone proche de l'Isère, sur une centaine de mètres de largeur, y compris la route d'accès à l'usine, peuvent être atteints par les débordements, en cas d'obstruction très probable du pont.

Il faut noter à cet endroit le remblai en cours d'un terrain antérieurement au niveau de la terrasse du lit majeur naturel (environ 2 à 3 m sous le niveau de la route transversale d'accès à l'usine); ce remblai élevé supprime ou réduit le passage possible des débordements sur la rive gauche et risque beaucoup d'aggraver sévèrement les débordements sur la rive droite, ainsi d'ailleurs que dans l'usine EDF.

- Rive droite – La terrasse basse de la rive droite, essentiellement boisée avec quelques prairies en bordure de la RD902, est largement submersible dès la fréquence décennale. Pour la crue centennale, les hauteurs d'eau sont supérieures à 1 m, en particulier au voisinage du torrent des Moulins, avec des vitesses de l'ordre de 1 m/s.

La route RD902 reste insubmersible avec une revanche de 1,50 m à 2,00 m, nettement plus faible par contre pour la zone des constructions (0,20 m à 1,00 m).

Le lit mineur, seulement protégé sur une courte longueur à l'aval du pont, peut subir des érosions de berge, apparemment sans conséquences graves.

PK 254,85 A 254,88  
ZONE DU PONT  
ET ROUTE  
TRANSVERSALE

Le lit majeur de l'Isère, largement submersible, dans son état naturel antérieur, a été barré par une route transversale surélevée d'environ 2 m au-dessus du terrain naturel.

Le lit mineur est franchi par un pont à deux travées et poutres indépendantes sur culées verticales en maçonnerie et une pile centrale. Seule la travée de rive droite est utilisée par les écoulements ordinaires, la travée de rive gauche est partiellement engravée par un banc alluvial d'une hauteur d'environ 1 m à 1,50 m au-dessus de l'étiage et prolongé à l'amont et à l'aval sur une longueur totale d'environ 200 m (berge convexe).

Le tablier est en limite de mise en charge pour l'écoulement de la crue décennale, et largement en charge, sur une hauteur minimale de 0,80 m à

1,00 m au-dessus du niveau de sous-poutre, pour la crue centennale.

Cette mise en charge précoce, conjuguée avec l'accrochage de corps flottants très probable en forte crue, provoque une obstruction partielle (voire même complète) du débouché de l'ouvrage qui impose alors un relèvement des niveaux et un débordement sur les deux rives.

Le déversement sur la route transversale contrôle les écoulements débordés. Le profil en long de la route est sensiblement au même niveau sur les deux rives et ne comporte pas de point bas localisé : le déversement est donc réparti sur une largeur importante d'une centaine de mètres sur chaque rive, avec une hauteur d'eau de l'ordre de 0,50 m et une vitesse qui peut être ponctuellement très forte (1 à 3 m/s).

Ce scénario peut s'aggraver si l'écoulement rapide déversant emporte localement la route et ouvre une brèche (dénivelée de 1 à 2 m des terrains à l'aval) : il y a alors une concentration des débits qui augmente localement les vitesses et peut provoquer des érosions et transports de matériaux très dommageables.

En ce qui concerne les protections des appuis du pont et des berges, seule la culée de rive droite est dégagée mais pas affouillée. Les protections en enrochements sur les deux rives sont en bon état mais sont largement submersibles pour la crue centennale (d'environ 1,00 m en rive gauche et 0,60 m en rive droite). Leurs sabots de pied sont engravés ; en rive droite, une deuxième protection plus élevée en recul limite une terrasse en bordure de berge, submersible à partir d'une fréquence approximativement vingtennale, et avec une hauteur d'eau de l'ordre de 1 m pour la crue centennale. Le bâtiment d'habitation riverain peut donc être inondé (sous-sol et garage).

PK 254,88 A 255,30  
ZONE ARTISANALE  
ET LIT AMONT

- Rive gauche – Le mur-digue en pierres sèches appareillées qui borde la berge de rive gauche constitue une protection efficace contre les divagations du lit mineur, mais il est largement submersible à partir d'une fréquence d'ordre décennal. Il peut également être contourné par l'amont. Les hauteurs d'eau sur la terrasse du lit majeur peuvent dépasser 2 m pour la crue centennale, mais les vitesses restent inférieures à 1 m/s. Cette zone de submersion s'étend sur une grande largeur, jusqu'au pied du versant, avec une hauteur d'eau dégressive, mais ne concerne que des terrains boisés et le chemin de berge (quelques prairies à l'amont)

- Rive droite – La zone artisanale de réalisation récente à l'amont de la route transversale a été construite sur des remblais dans le lit majeur submersible de l'Isère. Les terrains les plus élevés sont en bordure du lit mineur et protégés en pied par un talus d'enrochements. Ils sont insubmersibles avec une revanche de 0,50 m à 0,80 m.

Les terrains et les constructions situés à l'arrière entre cette zone plus élevée et la RD902 restent par contre largement submersibles avec des hauteurs d'eau et des vitesses à peine inférieures respectivement à 1 m et 1 m/s.

La route RD902 est également submersible pour la fréquence centennale avec des hauteurs d'eau et des vitesses plus modérées, inférieures respectivement à 0,50 m et 0,50 m/s.

Les niveaux de ces submersions sur la zone artisanale peuvent être relevés si des obstacles ou des pertes de charge plus importantes s'opposent à leur écoulement vers l'aval ; de même les vitesses peuvent localement être accélérées si des zones d'écoulement confiné réduisent les sections disponibles.

Ces écoulements débordés franchissent la route transversale dans les mêmes conditions que précédemment, et rejoignent la terrasse aval basse, après avoir inondé une partie du lotissement jusqu'au torrent des Moulins.

SECTION TIGNES LES BREVIERES - SEEZ

Planche médiane J

Feuille A3 (36) - (PK 255,20 à 256)

PK 255,20 A 255,70

Cette zone de divagation à l'aval du confluent du Nant de Saint-Claude présente des caractères similaires sur les deux rives :

Le lit majeur est compris entre la route RD902 (dont la revanche au-dessus du niveau centennal augmente progressivement vers l'amont de 0 à 1,50 m), et le chemin qui longe le pied du versant de rive gauche, en limite de submersion. Les hauteurs d'eau peuvent dépasser 1 m au voisinage du lit mineur, et les vitesses peuvent localement dépasser 1 m/s.

Les berges sont très érodables et peuvent donner lieu à de fortes divagations, avec déplacement complet du lit, création de chenaux multiples, îlots ... avec des risques d'évolution très rapide, violentes et imprévisibles.

Enfin cette zone entièrement boisée peut générer des embâcles importants en forte crue, avec des conséquences ponctuelles.

PK 255,70 A 256  
ZONE DU CONFLUENT  
DU TORRENT DE  
SAINT-CLAUDE

- Rive gauche – Comme à l'aval, la rive gauche de l'Isère dans cette zone de fortes divagations est submersible jusqu'au pied du versant raide et boisé que longe un chemin en limite des submersions.

Les hauteurs d'eau sont irrégulières, et peuvent dépasser 1 m au voisinage du lit mineur. Les vitesses peuvent également être localement supérieures à 1 m/s pour la crue centennale.

Ce sont surtout les risques de divagation qui affectent cette zone de confluence, qui peuvent provoquer des érosions et changements de lit violents et imprévisibles.

La zone entièrement boisée est également propice aux embâcles de corps flottants, et respiration importante en altitude du lit et des bancs latéraux.

- Rive droite – Avec plus d'une cinquantaine de km², le Torrent de Saint-Claude est un des gros affluents de l'Isère en Haute Tarentaise. Il réunit les torrents de la Louïe Blanche, de la Sassièrè et de Mercuel, dont les chevelus hydrographiques favorisent une concentration synchronisée des ondes de crue élémentaires, renforçant ainsi les débits de pointe du Torrent de Saint-Claude, dont les crues sont très violentes.

Malgré le charriage important de ce torrent, la phase actuelle d'alluvionnement est marquée par une incision profonde dans la zone de déjection (de 10 à 15 m de hauteur) du lit mineur du torrent qui traduit un excès des débits liquides et de leur énergie d'entraînement, par rapport aux apports du régime de transit solide.

Ce caractère est sans doute accentué par les extractions de matériaux dans la zone de confluence, qui par ailleurs, maîtrisent la position du lit des deux torrents, tant que les débits restent limités.

Par forte crue, les divagations naturelles reprennent toute leur efficacité, et peuvent engraver ou éroder toute la zone de divagation du torrent, sur plus d'une centaine de mètres de largeur.

C'est ainsi que le lit de l'Isère, à la différence des confluent des torrents de Bourg-Saint-Maurice, n'est maintenu qu'artificiellement au pied du versant de rive gauche au PK 256,00, par un cordon de matériaux qui l'isole temporairement d'une dépression (plan d'eau).

Cette situation est précaire car le cordon de séparation entre le lit mineur de l'Isère et le plan d'eau est peu élevé, et très érodable : il peut être franchi à la première crue par l'Isère qui capturera alors le bassin, en modifiant le confluent et en amorçant une érosion régressive (abaissement brutal de plus d'un mètre).

Ces divagations en plan, et fluctuations en altitude ont des conséquences directes sur toute la zone jusqu'à la scierie, elle-même exposée aux érosions latérales (et d'ailleurs protégée en conséquence par des enrochements).

L'ensemble de la zone est donc susceptible, non seulement de submersions sur des hauteurs d'eau qui peuvent dépasser 1 m, mais surtout de divagations potentielles avec des vitesses localement très élevées largement supérieures à 1 m/s (2 à 3 m/s), et avec entraînement de matériaux.

SECTION TIGNES LES BREVIERES - SEEZ

Planche médiane J

Feuille A4 537) - (PK 256,00 à 256,80)

PK 256,00 A 256,80

■ Rive gauche – La terrasse de rive gauche des Millières est à peine surélevée d’environ 2 m au-dessus du lit mais présente une dépression au pied du versant. Elle est relativement abritée des divagations de l’Isère dirigée vers sa rive droite, mais cette situation peut évoluer.

Dans l’état actuel, la Terrasse est submersible avec des hauteurs d’au inférieures à 1 m et des vitesses relativement modérées inférieures à 1 m/s. La construction existante est en limite de submersion sans aucune revanche et risque beaucoup d’être isolée en crue (pont amont coupé et chemin aval submergé).

■ Rive droite – Les terrains irréguliers et boisés de la rive droite sont largement submersibles jusqu’au-delà du torrent de Saint-Claude, avec des hauteurs d’eau et des vitesses élevées, mais sont surtout susceptibles d’être érodés par des divagations de l’Isère (ou du Torrent de Saint-Claude). Ces risques sont plus forts que sur la rive gauche, mais ne semblent pas avoir, sauf localement, des conséquences graves.

Les chalets du Champet sont largement au-dessus des limites de submersion pour la crue centennale (revanche de 3 m environ).

PK 256,29  
PONT DU CHAMPET

Il s’agit d’une passerelle sommaire constituée d’un platelage sur poutres métalliques posées sur deux culées précaires en béton et gabions bétonnés.

Cette passerelle est mise en charge et submergée par la crue centennale, ainsi que les deux berges (boisée en rive droite, prairies en rive gauche).

Les risques d’obstruction par les corps flottants sont élevés, et peuvent conduire à la destruction de l’ouvrage dont le tablier peut être emporté.

SOGREAH – 15513/JBY/810229 – NOVEMBRE 2003

PAGE 14



**SECTION TIGNES LES BREVIERES - SEEZ****PK 256,80 A 264,30**

Cette zone non cartographiée concerne le lit de l'Isère totalement encaissé entre des versants très élevés, ou dans des gorges inaccessibles, entre Sainte-Foy Tarentaise et Les Brévières.

Les villages riverains de Villaroger, La Gurraz et La Savinaz en rive gauche et de La Thuile en rive droite sont situés à plusieurs dizaines de mètres au-dessus de l'Isère et hors d'atteinte des crues.

Seuls quelques ponts peuvent être concernés :

- Le pont du CD84b (Villaroger), ouvrage de débouché non négligeable, sur culées verticales, qui doit permettre le passage de la crue centennale.
- La passerelle de La Thuile, ouvrage plus sommaire qui peut être au voisinage de sa limite de capacité pour la crue centennale.
- Le pont et le barrage de prise d'eau de Covier, où le lit est canalisé par des murs latéraux insubmersibles, avec une petite passerelle à l'amont en limite de submersibilité (obstruction par les corps flottants).
- La passerelle sommaire de La Gratte, susceptible d'être obstruée et emportée.
- Le pont de La Planche, ouvrage confortable reconstruit après la destruction de l'ancien pont à l'aval.