

PREFECTURE DE LA SAVOIE

COMMUNE DE VAL D'ISERE

Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles Volet Inondation

1. Note de présentation

Nature des risques pris en compte : Inondation par l'Isère et la Calabourdane

Nature des enjeux : urbanisation

DECEMBRE 2005



Direction Départementale de
l'Équipement de la Savoie
Service de l'Habitat et de
l'Environnement
L'Adret
1, rue des Cévennes – BP 1106
73011 CHAMBERY cedex
Tél : 04.79.71.74.47



Direction Départementale
de l'Agriculture et de la
Forêt de la Savoie
RTM
83 Avenue de Lyon
73018 Chambéry Cédex
Tél : 04.79.69.93.48



Agence de Chambéry
254 Route d'apremont
73490 La Ravoire
Tél : 04.79.70.61.31



Direction Régionale
de l'Environnement
Rhône Alpes
19, rue de la Villette
69003 LYON
Tél : 04.72.13.83.13

SOMMAIRE

1.	LA PREVENTION DES INONDATIONS.....	1
2.	LA POLITIQUE NATIONALE	1
3.	LA DOCTRINE NATIONALE	2
3.1.	LA LOI	2
3.2.	LES DIRECTIVES MINISTERIELLES EN MATIERE DE PREVENTION DES RISQUES D'INONDATION.....	2
3.3.	LE SDAGE DU BASSIN MEDITERRANEE-CORSE.....	2
3.4.	ALEAS – VALEURS REPERES.....	3
	3.4.1. QUALIFICATION DES ALEAS POUR L'APPLICATION DE LA LOI ET DE LA DOCTRINE NATIONALE	3
	3.4.2. ZONES D'EXPANSION DE CRUES A PRESERVER	3
	3.4.3. PHENOMENES DE REFERENCE.....	3
4.	RAPPELS.....	4
4.1.	CONSTAT POUR LES INONDATIONS	4
4.2.	CRUE CENTENNALE	4
4.3.	ZONE INONDABLE EN CRUE CENTENNALE	4
4.4.	OUVRAGE DE RETENUE.....	4
4.5.	DOMAINE DE COMPETENCE.....	4

oOo

1.

LA PREVENTION DES INONDATIONS

Les textes à l'origine des PPR

Depuis la Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992, l'Etat a redéfini profondément sa politique sur la gestion de l'eau.

En matière de prévention des inondations et de gestion des zones inondables, l'Etat a défini sa politique dans la circulaire du 24 janvier 1994. Cette politique est articulée autour des trois principes suivants :

- Interdire toute nouvelle construction dans les zones inondables soumises aux aléas les plus forts et réduire la vulnérabilité des constructions éventuellement autorisées dans les autres zones inondables,
- Contrôler strictement l'extension de l'urbanisation dans les zones d'expansion de crues,
- Eviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés.

L'outil dont dispose l'Etat pour mener à bien cette politique, le Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPRNP) a été institué par la Loi du 2 février 1995, en modifiant la loi du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs.

L'objet des PPRNP, tel que défini par la loi (articles 40-1 à 40-7) est de :

- délimiter les zones exposées aux risques,
- délimiter les zones non directement exposées aux risques, mais où les constructions, ouvrages, aménagements, exploitations et activités pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux,
- définir les mesures de prévention, de protection ou de sauvegarde qui doivent être prises dans les zones mentionnées ci-dessus,
- définir, dans ces mêmes zones, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, ouvrages, espaces mis en culture existants.

Le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux Plans de Prévention des Risques Naturels Prévisibles pris en application des lois précitées fixe les modalités de mise en œuvre des PPR et les implications juridiques de cette nouvelle procédure.

Le PPR approuvé par arrêté préfectoral vaut servitude d'utilité publique et est annexé au POS, conformément à l'article L 126.1 du Code de l'Urbanisme.

2.

LA POLITIQUE NATIONALE

Le Gouvernement a engagé en 1994 un programme pluriannuel de prévention des risques naturels qui marque un changement de cap en matière d'aménagement

Ce programme s'appuie sur le constat suivant :

- L'histoire nous montre que les phénomènes d'inondation ont toujours existé, mais que notre société se croyant à l'abri des aléas naturels grâce au développement technique, ne tolère plus leurs conséquences.
- La progression des connaissances (hydrologie, hydraulique) fait apparaître que les crues ne sont pas globalement plus fortes qu'autrefois, mais qu'on a eu tendance à les sous-estimer. L'aménagement moderne du territoire (urbanisation, agriculture intensive, aménagement des cours d'eau) a aggravé les risques :
 - par augmentation de la vulnérabilité (urbanisation en zone inondable),
 - par intensification des aléas (suppression des champs d'expansion des crues, imperméabilisation des sols, aménagements dur des cours d'eau et défaut d'entretien).

Le programme de prévention des risques naturels engagé par l'Etat développe les solutions suivantes :

- connaissance des risques (cartographie des zones inondables),
- prise en compte des risques dès leur connaissance dans les documents d'urbanisme, notamment au moyen des PPR,
- nouvelle gestion des zones inondables,
- modernisation des systèmes de surveillance et d'alerte,
- restauration des cours d'eau à l'échelle des bassins versants et développement de l'entretien.

oOo

3. LA DOCTRINE NATIONALE

3.1. LA LOI

A. Code de l'Urbanisme

Article L.121-10 :

“Les documents d'urbanisme déterminent les conditions permettant ... de prévenir les risques naturels prévisibles... Les dispositions du présent article valent loi d'aménagement et d'urbanisme au sens de l'article L.111-1-1 du présent code.”

Article R.111-2 :

“Le permis de construire peut être refusé ou n'être accordé que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales si les constructions, par leur situation ou leurs dimensions, sont de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique.”

B. Loi n° 95-101 du 2 Février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement

Elle fait référence aux principes suivants :

- **Principe de précaution**, selon lequel l'absence des certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable.
- **Principe d'action préventive et de correction**, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable.
- **Principe de participation**, selon lequel chaque citoyen doit avoir accès aux informations relatives à l'environnement, y compris celles relatives aux substances et activités dangereuses.

Son chapitre II traite des plans de prévention des risques naturels prévisibles et définit les objectifs de prévention de ces risques en introduisant les articles 40-1 à 40-7 dans la loi n° 87-565 du 22.07.87.

C. Le décret 95-1089 du 5.10.95 organise la procédure d'élaboration des plans de prévention des risques naturels prévisibles.

3.2. LES DIRECTIVES MINISTERIELLES EN MATIERE DE PREVENTION DES RISQUES D'INONDATION

A. Circulaire Interministérielle du 24 janvier 1994

(Intérieur, Equipement, Environnement)

Trois grands principes :

- Interdire toute nouvelle construction dans les zones inondables soumises aux aléas les plus forts et réduire la vulnérabilité des constructions éventuellement autorisées dans les autres zones inondables.
- Contrôler strictement l'extension de l'urbanisation dans les zones d'expansion de crues à préserver.
- Eviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés.

L'annexe à cette circulaire donne les prescriptions générales visant à interdire l'extension de l'urbanisation dans les zones inondables et à limiter la vulnérabilité des constructions nouvelles autorisées, pour les inondations en plaine.

B. Circulaire Interministérielle du 24 avril 1996

(Equipement, Environnement)

Dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables :

- Rechercher la réduction de la vulnérabilité lors de réaménagements.
- Ne pas augmenter la population exposée dans les zones d'aléas les plus forts et limiter strictement les aménagements nouveaux ou extension de locaux à usage d'habitation à rez-de-chaussée dans les autres zones inondables.
- Empêcher la dispersion d'objets ou produits susceptibles d'aggraver les risques.

L'annexe à cette circulaire donne des exemples de mesures applicables et leurs champs d'application.

3.3. LE SDAGE DU BASSIN MEDITERRANEE-CORSE

Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

Le SDAGE RMC, adopté par le Comité de Bassin et approuvé par le Préfet coordonnateur de Bassin le 12 décembre 1996, est opposable à l'administration (Etat, Collectivités locales, Etablissements Publics).

Dans ses règles essentielles de gestion, le SDAGE s'appuie sur la doctrine nationale présentée ci-dessus et fait appel à quatre principes majeurs, en matière de gestion du risque d'inondation :

- Connaître les risques.
- Maîtriser les aléas à l'origine des risques :
 - actions sur le ruissellement et l'érosion,
 - gestion des écoulements dans le lit mineur des cours d'eau,
 - conservation des champs d'inondation en lit majeur des cours d'eau.
- Ne pas générer de nouvelles situations de risques.
- Gérer les situations de risque existantes.

3.4. ALEAS – VALEURS REPERES

3.4.1. QUALIFICATION DES ALEAS POUR L'APPLICATION DE LA LOI ET DE LA DOCTRINE NATIONALE

Rappel :

- L'aléa correspond aux phénomènes naturels considérés.
- L'enjeu correspond aux activités, humaines en particulier, exposées à l'aléa.
- Le croisement aléa/enjeu donne le risque.

Les aléas les plus forts sont définis par les valeurs repères suivantes :

$Vitesse \geq 0,5 \text{ m/s}$ et $hauteur \geq 1 \text{ m}$

La grille ci-après propose une qualification de l'aléa inondation en fonction de la vitesse d'écoulement et de la hauteur d'eau :

Vitesse \ Hauteur	Hauteur		
	H < 0,5 m	0,5 ≤ H < 1 m	H ≥ 1 m
V < 0,5 m/s	Faible	Moyen	Fort
0,5 ≤ V < 1 m/s	Moyen	Fort	Fort
V ≥ 1 m/s	Fort	Fort	Très fort

Compte tenu des fortes pentes et du régime torrentiel de rivières étudiées, nous avons retenu la grille simplifiée suivante, comprenant trois classes d'aléas :

Vitesse \ Hauteur	Hauteur		
	H < 0,5 m	0,5 ≤ H < 1 m	H ≥ 1 m
V < 0,5 m/s	Faible	Moyen	Fort
0,5 ≤ V < 1 m/s	Moyen	Moyen	Fort
V ≥ 1 m/s	Fort	Fort	fort

3.4.2. ZONES D'EXPANSION DE CRUES A PRESERVER

Pour chaque bassin soumis à des phénomènes d'inondation, il est indispensable de repérer les zones d'expansion de crues qu'il convient de préserver, en raison de leur impact écreteur sur la crue elle-même.

3.4.3. PHENOMENES DE REFERENCE

La crue de référence préconisée par les textes est :

- soit la plus forte crue observée,
- soit la crue centennale modélisée, si la plus forte observée est d'intensité moindre.

La crue centennale (période de retour 100 ans) est considérée comme le phénomène minimum servant de référence pour la définition du risque, car elle se caractérise à la fois par :

- des facteurs aggravants multiples (embâcles, ruissellements anormaux),
- des difficultés pour la gestion de la crise (communications coupées),m
- des risques importants pour la sécurité des personnes (hauteur d'eau, force du courant, durée de submersion...),
- des dommages importants aux biens et aux activités.

Le PPR volet inondation de Val d'Isère est donc basé sur l'analyse des aléas d'inondation liés à une crue centennale, modélisée du bassin versant de l'Isère amont, à défaut de plus grande crue historique suffisamment connue, et en sachant que des phénomènes d'intensité supérieure se produiront un jour.

oOo

4. RAPPELS

4.1. CONSTAT POUR LES INONDATIONS

- Les phénomènes d'inondation ont toujours existé.
- Notre société ne les tolère plus, se croyant à l'abri grâce au développement technique.
- Notre société ne les connaît plus, les petits phénomènes étant effacés par les aménagements des cours d'eau.
- Les crues ne sont pas globalement plus fortes qu'autrefois, mais on les a parfois sous-estimées.
- L'aménagement moderne du territoire a aggravé les risques par :
 - l'augmentation de la vulnérabilité,
 - l'intensification des aléas (imperméabilisation des sols...),
 - la suppression des espaces d'autorégulation.

4.2. CRUE CENTENNALE

- Elle se produit sur un site environ dix fois pas millénaire.
- Elle peut se produire deux fois la même année.
- Elle est exceptionnelle à l'échelle d'une vie humaine.
- Elle est banale à l'échelle de la vie de la Terre.
- Des crues bien supérieures à la centennale se produisent régulièrement dans le monde, parfois au même endroit.

4.3. ZONE INONDABLE EN CRUE CENTENNALE

La délimitation de la zone inondable en crue centennale peut faire croire que les secteurs aux abords ne sont pas inondables. Il n'en est rien : ces secteurs sont exposés aux crues d'intensité supérieure.

4.4. OUVRAGE DE RETENUE

Le suivi et l'entretien des ouvrages de retenue sont indispensables à leur pérennité, faute de quoi leur ruine pourrait être brutale.

Un ouvrage de retenue assure durablement sa fonction de retenue pour les hypothèses pour lesquelles il a été conçu, dès lors que son débordement ainsi que les transports solides et la sédimentation ont été pris en compte.

L'ouvrage de retenue supprime, pour les terrains situés derrière, les crues de moindre importance que la population concernée oublie, même si cela lui est rappelé régulièrement.

La crue débordante submerge l'ouvrage de retenue et envahit les terrains non touchés par la crue jusque là. Cet envahissement est d'autant plus brutal que l'ouvrage, s'il n'est pas conçu pour être débordé, est ruiné lors du débordement.

4.5. DOMAINE DE COMPETENCE

La DDE a en charge la prise en compte du risque d'inondation sur le linéaire de l'Isère et de la Calabourdanne.

Tous les autres risques naturels sur le territoire de la commune de Val d'Isère relèvent du service RTM.

oOo

PREFECTURE DE LA SAVOIE

COMMUNE DE VAL D'ISERE

Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles Volet Inondation

2. Carte des Aléas

Atlas des zones inondables de l'Isère et de la Calabourdane en crue centennale

Zonage des aléas :

Nature des risques pris en compte : inondation par l'Isère et la Calabourdane
Nature des enjeux : urbanisation

DECEMBRE 2005



Direction Départementale de
l'Équipement de la Savoie
Service de l'Habitat et de
l'Environnement
L'Adret
1, rue des Cévennes – BP 1106
73011 CHAMBERY cedex
Tél : 04.79.71.74.47



Direction Départementale
de l'Agriculture et de la
Forêt de la Savoie
RTM
83 Avenue de Lyon
73018 Chambéry Cédex
Tél : 04.79.69.93.48



Agence de Chambéry
254 Route d'apremont
73490 La Ravoire
Tél : 04.79.70.61.31



Direction Régionale
de l'Environnement
Rhône Alpes
19, rue de la Villette
69003 LYON
Tél : 04.72.13.83.13

SOMMAIRE

OBJET	1
1. METHODE.....	2
2. ANALYSE HYDROLOGIQUE.....	3
2.1. DONNEES DE BASE UTILISEES.....	3
2.2. ANALYSES STATISTIQUES	3
2.3. CRUES REELLES OBSERVEES	4
2.4. DEBITS SOLIDES.....	4
2.5. PROPAGATION ET AMORTISSEMENT DES CRUES	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.....	6
4. ANALYSE HYDRAULIQUE	7
4.1. MODELES DU LIT DE L'ISERE ET DE LA CALABOURDANE	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
6. RESULTATS NUMERIQUES DES SIMULATIONS	25

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 Montmélian.

De nombreuses études hydrauliques ont été conduites sur différents secteurs ou sur la totalité de Val d'Isère depuis 1958 et ont donné lieu à la réalisation de plusieurs ouvrages importants, essentiellement les goulottes bétonnées partiellement couvertes pour la traversée du Centre de Val d'Isère par l'Isère et la Calabourdane. Ces études ont permis d'acquérir progressivement des éléments approfondis et parfois vérifiés par l'expérience du phénomène réels (crues de 1957, 1968, 1993...), sur les écoulements de crue de l'Isère et de ses affluents à l'amont de la retenue du barrage de Tignes.

Il est donc apparu nécessaire dans ce contexte 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

La plupart des éléments d'analyse nécessaires ont déjà été établis au cours des études antérieures.

Le travail réalisé dans le cadre de la présente étude a donc consisté à réunir ces éléments, souvent obtenus pour des problématiques différentes, à les vérifier, à les actualiser ou à les compléter le cas échéant, et surtout à les synthétiser dans une approche globale cohérente.

Les principales analyses que comporte l'étude sont les suivantes :

- Une analyse hydrologique, qui ajoute aux estimations précédemment utilisées l'application d'une nouvelle méthode de détermination des débits mise au point récemment par SOGREAH, et qui aboutit aux valeurs de débits de l'Isère amont, de la Calabourdane et de l'Isère aval, pour la crue de fréquence centennale.
- Une analyse morphologique, qui examine les critères de stabilité du lit pour les différents tronçons ou pour les points singuliers (confluents, ouvrages...) et qui apprécie les tendances de l'évolution prévisible et les risques ponctuels particuliers (engravements, abaissements...).
- Une analyse hydraulique, qui réunit tous les calculs d'écoulements relatifs à la crue de fréquence centennale, éventuellement actualisés et qui permet d'estimer les conditions de niveaux et de vitesses dans le lit, ainsi que les conditions de débordement hors du lit mineur pour le débit centennal (et éventuellement pour des fréquences supérieures : décennale, vingtennale, cinquennale).
- Une interprétation circonstanciée des résultats obtenus, appuyée sur plusieurs reconnaissances précises effectuées sur place au cours de l'été 2001 et sur l'ensemble des éléments d'information recueillis et des reconnaissances antérieures (témoignages, évolution du lit et des ouvrages, configurations particulières localisées, crues anciennes et récentes, retour d'expérience des aménagements précédemment réalisés, etc.).

La synthèse de ces analyses permet d'aboutir à une connaissance approfondie des torrents de l'Isère et de la Calabourdane et tout particulièrement de leur 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 à l'échelle de 1/2000^{ème}, avec les mêmes règles de présentation que pour les autres volumes de l'Atlas des zones inondables de l'Isère précédemment établis.

Le présent document comporte donc, sous une forme informatisée permettant une mise à jour ultérieure, les éléments suivants, réunis dans un cahier au format A3 :

- le rapport des analyses détaillées, hydrologique, morphologique et hydraulique, ainsi qu'une synthèse mettant en relief les risques prépondérants sur la commune de Val d'Isère,
- le plan synthétique des zones inondables au 1/2000^{ème}, découpé en 15 feuilles A3 avec recouvrement :
 - feuilles 1 à 5 pour l'Isère amont,
 - feuilles 6 à 10 pour l'Isère aval,
 - feuilles 11 à 15 pour la Calabourdane,
- les commentaires détaillés relatifs à chaque feuille et à chaque zone ou point particulier, précisant les indications cartographiques et indissociables du plan pour l'évaluation des risques,
- les planches photographiques, également relatives à chaque feuille du plan et repérées avec précision, permettant de visualiser simultanément l'état du lit, des ouvrages et des espaces riverains, identifiables sur le plan.

Cet ensemble cartographique synthétique, notice d'accompagnement et recueil photographique, accompagné du rapport d'analyse, a été conçu et réalisé en concertation avec l'Administration gestionnaire de la rivière, pour aboutir à un document opérationnel efficace permettant de doter les services responsables de l'outil élémentaire d'aide à la décision, dans leur mission d'évaluation des aléas, de la vulnérabilité et des risques résultants.

oOo

2.

ANALYSE HYDROLOGIQUE

L'analyse des débits de crue de l'Isère classés en fréquences d'occurrence a été effectuée à plusieurs reprises par SOGREAH et en particulier pour ce qui concerne les plus récentes dans les études suivantes :

- Traversée de Val d'Isère : Rapport n° 46 0014, Décembre 1984,
- Etude hydraulique de l'Isère et de la Calabourdane : Rapport n° 51 0620, Mai 1998.

Ces deux études, utilisant des méthodes différentes, aboutissent aux mêmes conclusions dont les résultats principaux sont rappelés ci-après.

2.1.

DONNEES DE BASE UTILISEES

Les mesures dont il a été possible de disposer pour ces études sont :

- les valeurs de débit mesurés sur l'Isère à la station du Laisinant, sur une période de 43 années,
- les valeurs de précipitation, mesurées à plusieurs stations du bassin versant de l'Isère, notamment Bourg-Saint-Maurice, sur une période de 41 années.

D'autre part, les bassins versants interceptés à Val d'Isère sont les suivants :

- Isère au Pont du Laisinant-----46 km²
- Isère au confluent de la Calabourdane -----47 km²
- Calabourdane au confluent de l'Isère -----45 km²
- Isère à l'aval de la Daille -----108 km²

On constate donc que les deux torrents ont des bassins versants équivalents à leur confluent.

Les dérivations artificielles de débit existent sur la Calabourdane (prise d'eau au Manchet et restitution à la sortie de Val d'Isère), ainsi qu'une liaison avec les dérivations de l'Arc supérieur (Lenta et Arc à l'Ecot). Ces dérivations n'interviennent pas pour les fortes crues, et ne sont pas prises en compte dans les analyses statistiques.

2.2.

ANALYSES STATISTIQUES

Le classement des valeurs de débit observées par fréquence d'occurrence et l'ajustement correspondant extrapolé (graphique 1) conduit à une valeur centennale du débit maximum instantané annuel de l'ordre de 75 m³/s.

Il convient de remarquer que cet ajustement différencie de façon particulièrement éloquente les crues les plus fréquentes, qui résultent du régime des perturbations océaniques d'Ouest, des crues beaucoup plus rares, mais plus intenses, qui résultent du régime des perturbations d'origine méditerranéenne, provenant de l'Italie et en extension sur la chaîne frontalière par les hautes vallées de la Durance (Guil), de la Maurienne (Arc) et de la Tarentaise (Isère).

Il s'agit du régime de « Lombarde », qui caractérise effectivement les plus fortes crues et notamment celles de juin 1957 et septembre 1993.

Une autre méthode d'extrapolation utilisant la propriété du gradex (égalité du débit écoulé et de la précipitation instantanée pour les phénomènes intenses, au-delà de la saturation complète du bassin versant, qui se traduit par le parallélisme des ajustements statistiques), fait intervenir les précipitations classées (graphique 2) et conduit au même résultat d'un débit centennal compris entre 70 et 80m³/s pour 46 km².

Il faut enfin observer que la conjonction des deux hydrogrammes de crue relatifs à l'Isère et à la Calabourdane à l'exutoire commun de leurs bassins versants équivalents (au confluent) est généralement décalée pour les crues modérées qui n'affectent simultanément qu'une partie du bassin, mais se rapproche de la concomitance pour les fortes crues qui s'appliquent à la totalité du bassin et même largement au-delà.

L'hydrogramme résultant à l'aval du confluent tend donc vers la somme des hydrogrammes élémentaires, ce qui justifie les valeurs élevées du débit centennal de l'Isère à la Daille.

En conclusion de cette analyse, les valeurs suivantes peuvent être retenues avec une marge d'incertitude en cohérence avec la variabilité des phénomènes naturels en cause :

Débit centennal de l'Isère amont	70 à 80 m ³ /s
Débit centennal de la Calabourdane	70 à 80 m ³ /s
Débit centennal de l'Isère aval	140 à 150 m ³ /s

2.3. CRUES REELLES OBSERVEES

Il est utile de remarquer, par rapport à ces valeurs précédentes, qui constituent les hypothèses prises en compte pour l'ensemble de cette étude, que les crues réelles récentes observées correspondent à des débits au Laisinant de :

- 46 m³/s pour la crue du 14 juin 1957,
- 44 m³/s pour la crue du 24 septembre 1993,
- et nettement moins pour les crues de 1994, 1984 et 1968.

Ces valeurs nettement inférieures aux hypothèses de projet à admettre permettent de fournir un point de comparaison, notamment pour les riverains de ce que pourrait être une crue centennale dans la traversée de Val d'Isère.

2.4. DEBITS SOLIDES

L'estimation du transport solide, indissociable de l'analyse des débits liquides précédente ne peut évidemment pas être réalisée de façon aussi précise, compte tenu de l'hétérogénéité et de la forte variabilité des relations débit liquide/débit solide et des phénomènes complexes qui interviennent (potentialité, érosion, pavage, etc.).

Les ordres de grandeur, qui peuvent être indiqués ci-après, résultent d'un calcul simplifié de la capacité d'entraînement d'un écoulement de crue centennale, avec des durées de crue variant entre 4 h et 8 h et pour une granulométrie moyenne de 0,02 à 0,06 m (hydrogramme triangulaire) :

Durée de la crue	Diamètre moyen des matériaux		
	2 cm	4 cm	6 cm
4 h	16 000 m³	15 000 m³	14 000 m³
8 h	32 000 m³	30 000 m³	28 000 m³

On constate donc que les apports d'une crue de type centennal peuvent atteindre plusieurs dizaines de milliers de m³, ce qui est cohérent avec l'environnement alluvial de la vallée de Val d'Isère. On peut alors mieux concevoir les effets possibles d'une forte crue, si l'on observe qu'il suffit de quelques milliers de mètres cubes pour engraver totalement le lit ou un élément de goulotte de 100 m de longueur, si la continuité du transit n'est pas assurée.

Il convient enfin de souligner l'importance des corps flottants et débris charriés par les torrents en crue, susceptibles d'être accrochés et retenus par les ouvrages ou les aspérités du lit, et de constituer alors une perte de charge élevée pour l'écoulement (proportionnelle au carré de la vitesse). Le ralentissement à l'amont qu'implique cette perte de charge conduit rapidement au dépôt des matériaux charriés et à l'obstruction du lit ou du débouché de l'ouvrage (embâcle et débordement).

Si les zones boisées capables de fournir des corps flottants sont effectivement peu importantes dans les lits amont de l'Isère et de la Calabourdane, de nombreux débris divers, souvent d'origine artificielle, peuvent jouer ce rôle et provoquer des embâcles catastrophiques (véhicules, éléments de construction arrachés aux berges, petits débris divers accumulés, etc.).

2.5. PROPAGATION ET AMORTISSEMENT DES CRUES

L'examen des conditions de propagation de l'onde de crue met en évidence une célérité élevée, de l'ordre de 20 à 30 minutes pour le parcours de la Vallée de Val d'Isère entre le Pont Saint-Charles et La Daille.

La forte proportion des tronçons de lit encaissé, voire de gorges rocheuses (Le Fornet, le Châtelard) et a fortiori les tronçons de lit aménagé et de goulottes bétonnées, expliquent cette célérité élevée.

De la même manière, les conditions de transformation de l'hydrogramme de la crue entre l'amont et l'aval ne permettent aucun amortissement : au contraire, le resserrement du lit, l'absence de champ d'inondation efficace et surtout les goulottes bétonnées ont plutôt tendance à amplifier la vitesse de montée des eaux (raidissement de l'hydrogramme) ; seule la zone de divagation entre Val d'Isère et La Daille pourrait avoir un léger effet d'amortissement qui compense à peine l'effet inverse de la traversée de Val d'Isère.

Les vitesses moyennes de montée des eaux sont de l'ordre de 0,20 m à 0,25 m par minute, mais peuvent être ponctuellement beaucoup plus rapides, à la suite des embâcles et débâcles successives ou s'il y a déferlement brutal dans un lit majeur (ouverture de brèches...).

oOo

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 de la notice d'accompagnement relative à chaque localisation ; les caractères généraux et les conclusions essentielles sont rappelés ci-après.

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

L'équilibre du lit de l'Isère et à un degré un peu moindre de la Calabourdane est conditionné par les points fixes du profil en long qui imposent un niveau minimum de passage obligé du fond de la rivière : dans la zone étudiée, ce sont essentiellement les gorges rocheuses, où le substratum de rocher compact est apparent et dont l'érosion n'est pas sensible à l'échelle humaine, qui constituent ces points de fixation (ou ces tronçons).

Il s'agit principalement :

- pour l'Isère :
 - du verrou du Cognon, à l'amont des Planets (PK 1,20 à 1,30),
 - de la gorge rocheuse du Fornet (PK 1,20 à 2,35),
 - des affleurements rocheux des Coves, à l'aval de la centrale EDF (PK 6,10 à 6,20),
 - du pavage naturel exogène de gros blocs à l'aval de la station d'épuration de La Daille (PK 6,95 à 7,50)
- pour la Calabourdane :
 - de la gorge rocheuse du Châtelard (PK 3,95 à 4,45).

A ces fonctions naturelles s'ajoutent les ouvrages artificiels de fixation, qui sauf dégradation jouent un rôle identique. Il s'agit évidemment des seuils et des goulottes bétonnées ouvertes et fermées, ainsi que des busages « Matière » pour la Calabourdane.

Entre ces points de fixation, le profil en long du torrent évolue de façon naturelle sur ses propres alluvions, qui transitent, se déposent ou sont emportées au gré des crues. L'équilibre du lit résulte alors de la stricte égalité du flux entrant de charriage solide avec le flux sortant du tronçon considéré. Le flux du charriage solide étant lui-même dépendant de l'énergie d'entraînement disponible, c'est-à-dire des écoulements, cet équilibre s'établit spontanément, sauf si un ou plusieurs facteurs naturels ou artificiels sont modifiés.

Les modifications qui peuvent intervenir (pour l'Isère à Val d'Isère) sont :

- soit d'origine naturelle :
 - apports ponctuels et momentanés de matériaux solides aux confluents,
 - entraves localisées à l'écoulement des crues par restriction naturelle du lit et embâcles,
 - hétérogénéité des matériaux solides transportés,
- soit d'origine artificielle :
 - modifications du régime des débits (dérivations),
 - extractions de matériaux dans le lit mineur au majeur,
 - transformations du lit d'écoulement (ouvrages) entraînant une modification des conditions de transport du charriage solide (endiguements, remblais latéraux, canalisations, entraves localisées à l'écoulement des crues, ponts, restrictions de l'alimentation en matériaux par suppression des divagations, etc.).

Dans l'état actuel des aménagements existants du lit des deux torrents dans la traversée de Val d'Isère, on constate une relative stabilité du profil en long due essentiellement à la multiplicité des ouvrages de fixation, avec deux exceptions :

- A l'entrée de Val d'Isère, entre les PK 4,16 et 4,35 environ, où un abaissement local est dû essentiellement à un aménagement de la rive droite non conforme au principe de l'aménagement initial réalisé en 1960 (restriction du lit et fixation de la berge de rive droite).
- A la sortie de Val d'Isère, entre les PK 5,80 et 6,00, où la conjugaison de plusieurs causes a entraîné un abaissement localisé du tronçon :
 - extractions anciennes à l'aval,
 - restitution d'eau claire par la centrale EDF,
 - diminution des apports d'amont,
 - réalisation d'une protection de la rive gauche favorisant les affouillements.

Ce abaissement, limité en tout état de cause par le seuil naturel rocheux immédiatement à l'aval accentue la dégradation de la protection de berge, mais réduit par ailleurs les risques de submersion graves qui s'appliquent à la rive droite.

3.2. LA RESPIRATION DU LIT AUX CONFLUENTS IMPORTANTS

Quelques torrents affluents peuvent provoquer une déstabilisation ponctuelle du profil en long de l'Isère et de la Calabourdane.

Ils parviennent en effet aux confluents :

- avec une granulométrie et une pente du lit amont nettement supérieures à celles du lit de l'Isère (ou de la Calabourdane), qui rendent difficile l'entraînement des déjections,
- avec une répartition dans le temps extrêmement différenciée (crue brutale en quelques heures et inactivité de transport pendant le reste de l'année, voire même pendant plusieurs années).

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 entre l'abaissement et l'exhaussement au gré de l'historique des crues et des apports.

Les principales zones de respiration sont :

- **Le torrent de Rouvines**, à l'aval du Cugnon (PK 1,4 à 1,6), qui charrie beaucoup plus que le ruisseau des Revers, affluent voisin. La respiration dans la zone des Planets peut mettre en cause la protection de berge et la passerelle existantes...
- **Le torrent de l'Iseran**, à l'amont du Fornet (PK 2,06), dont le lit inférieur sur le versant de rive gauche est très rapide (sur un substratum affleurant de dalles rocheuses) et dont le bassin supérieur est étendu (jusqu'au col de l'Iseran). La gorge rocheuse de l'Isère dans la traversée du Fornet facilite la reprise des apports, mais la passerelle amont et la terrasse de rive droite peuvent avoir à subir les effets de la respiration.
- **Le torrent de Leissières**, à l'amont du Laisinant, (PK 3,4), qui descend du versant de rive gauche avec un cône de déjections important, implique un risque avéré (déjà constaté plusieurs fois) d'exhaussement du lit aval (réduction du débouché du Pont du Laisinant), et même de changement de lit pour l'Isère.
- **Le torrent du Grand Pré**, à l'amont du passage busé des Chavonnes (PK 3,24), qui débouche en rive gauche de la Calabourdane avec des apports fréquents et importants qui ont repoussé le lit de la Calabourdane contre le pied du versant de rive droite. La respiration dans cette zone peut avoir des conséquences sérieuses par l'obstruction du passage busé et l'embâcle puis la débâcle qui peuvent en résulter.

oOo

4.

ANALYSE HYDRAULIQUE

L'analyse des conditions d'écoulement des crues de l'Isère et de la Calabourdane, dont les débits pris en compte résultent de l'analyse hydrologique, et dont les variations potentielles du lit résultent de l'analyse morphologique, a été conduite au moyen de calculs d'écoulement réalisés récemment pour l'étude de la traversée de Val d'Isère (Rapport n° 51 0620, Mai 1998).

D'autres calculs réalisés antérieurement sur les mêmes tronçons, ont été consultés, mais on a seulement retenu les plus récents, correspondant à la situation actuelle du lit.

Ces calculs ont été réalisés au moyen de modèles mathématiques, établis à partir de relevés topographiques du lit (profils en travers) et s'appliquent aux tronçons principaux où les enjeux existants sur les espaces riverains sont importants ; sur les autres tronçons, une évaluation des niveaux d'écoulement a été approchée par le calcul ponctuel des conditions de l'écoulement critique et de l'écoulement uniforme.

4.1. MODELES DU LIT DE L'ISERE ET DE LA CALABOURDANE

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

Des sections complémentaires ont quelquefois été ajoutées pour la représentation plus précise des ouvrages ou du lit majeur (sections doubles ou sections intermédiaires).

Deux types de logiciels ont été étudiés suivant les tronçons étudiés :

- soit un calcul par sections, qui fournit à chaque point de calcul les niveaux, vitesses et charges de l'écoulement pour chaque débit imposé et pour les conditions aux limites retenues (loi hauteur/débit aval),
- soit un calcul par tronçon qui positionne sur chaque tronçon compris entre deux sections, les différents points caractéristiques de l'écoulement, en suivant la ligne d'eau relative à un débit imposé (écoulement torrentiel, fluvial, critique, uniforme, ressaut hydraulique, etc.).

Chaque tronçon étudié donne lieu à un repérage indépendant en abscisse des points de calcul. Les graphiques des lignes d'eau et les plans au 1/2000 permettent le positionnement de ces points par rapport au repérage d'ensemble (PK kilométrique de référence, origine au pont Saint-Charles).

Les différents tronçons ayant donné lieu à cette représentation sur modèles mathématiques sont les suivants :

- Tronçon Isère amont, entre l'amont du Pont du Laisinant et le seuil de contrôle de la zone de rétention,
- Tronçon Isère entre les deux seuils, entre le seuil de contrôle et l'aval du seuil d'entonnement de la goulotte bétonnée,
- Tronçon goulotte amont confluence, entre l'entonnement de la goulotte bétonnée et le confluent avec la Calabourdane,
- Tronçon goulotte aval confluence, entre la confluence avec la Calabourdane et l'aval du Pont de la Centrale EDF,
- Tronçon Isère aval, entre le Pont de la Centrale EDF et la sortie de la traversée de La Daille,
- Tronçon Calabourdane, entre la sortie du busage « Matière » de la Calabourdane et le confluent avec l'Isère.

4.2. CALCULS D'ECOULEMENT

Après une série préalable de calculs de débitances relatives à chaque section en fonction du niveau, les calculs d'écoulement proprement dits sont réalisés pour les débits de référence (crue centennale) sur chacun des tronçons indiqués ci-dessus.

Les conditions aux limites permettant d'initialiser ces calculs sont :

- 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,
- Un débit permanent entrant à l'amont du modèle, qui résulte des analyses hydrologiques précédentes ; il s'agit du débit centennal appliqué sur tous les tronçons de calcul. Toutefois, d'autres valeurs de débit inférieurs qui figuraient dans les calculs antérieurs, ont été conservées à titre indicatif, au moins sur les graphiques des lignes d'eau.

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.

Sur certains tronçons, plusieurs calculs ont été réalisés, prenant en compte une hypothèse d'engrèvement du lit, 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.

Enfin, les graphiques des profils en long des lignes d'eau calculées ont également été reproduits ci-après, pour permettre le repérage des points de calcul et l'interpolation éventuelle de points intermédiaires.

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

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.

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 et de la Calabourdane.

5.2. CARTOGRAPHIE SYNTHETIQUE

5.2.1. DECOUPAGE DES SECTIONS ETUDIEES

La cartographie synthétique est présentée ci-après de façon détaillée pour une utilisation pratique, sur des feuilles au format A3 réunies en cahier et repérées par les indices (1) à (15).

La mise à disposition sous forme informatique permet, en outre, toute autre présentation ou exploitation des résultats.

Le découpage des feuilles, avec recouvrement pour une utilisation plus facile, est le suivant :

Section Isère amont

- Feuilles 1 à 5 Pont Saint-Charles/Val d'Isère

Section Isère aval

- Feuilles 6 à 10 Val d'Isère/La Daille

Section Calabourdane

- Feuilles 11 à 15 Le Manchet/confluent

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.

L'origine des abscisses est fixée au Pont Saint-Charles et les abscisses (PK) sont comptées positivement vers l'aval pour l'Isère. Pour la Calabourdane, les abscisses sont comptées à partir de l'abscisse commune au confluent et en régression vers l'amont.

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.

COMMENTAIRES PAR FEUILLE ET PAR PK

ISERE AMONT

FEUILLES 1 A 5 – PONT SAINT-CHARLES / LAISINANT

Feuille 1 - (PK 0,00 à 0,80)

PK 0 AMONT DU PONT- SAINT-CHARLES

En rive droite, le parking est en contrebas d'une digue peu protégée : risque d'érosion de la berge et de submersion violente (brèche) du parking inférieur.

La rive gauche est moins exposée.

PK 0 PONT SAINT- CHARLES

Pont ancien en maçonnerie à une arche en plein cintre.

Pas d'affouillements actuellement.

Revanche supérieure à 1 m pour la crue centennale.

Lors de la crue de septembre 1993, une érosion sévère en rive droite avait entamé le remblai routier.

Un risque de contournement existe sur la rive droite en cas d'obstruction du débouché du pont, mais il est faible (apport massif des Rouvines de Bazel), inférieur à la probabilité centennale.

PK 0 A 0,7 LIT LARGEMENT DIVAGANT

Le tronçon du lit de l'Isère est marqué par de larges divagations sur le fond de la vallée, au sortir des gorges étroites et à forte pente du Malpasset (20 à 25 %).

La forte réduction de la pente (5 à 7 %) et le charriage important favorisent les divagations et les érosions latérales dans les terrasses de berge alluviales vulnérables.

Le lit est modifié à chaque forte crue, et les deux berges sont submersibles et érodables sur une largeur moyenne du lit majeur d'une cinquantaine de mètres, pour un lit mineur d'une dizaine de mètres environ.

La route (RD 902, ancienne RN 202), située 10 à 20 m au-dessus du lit, est largement hors d'atteinte des écoulements de crue.

PK 0,7 A 0,8 LIT ENCAISSE

A l'aval du confluent du ruisseau du Couart, le lit s'encaisse entre des versants plus raides, qui ne permettent plus aucune divagation.

Les deux berges sont irrégulièrement soumises aux érosions.

Feuille 2 - (PK 0,8 à 1,6)

PK 0,8 A 1,4 LIT ENCAISSE

Jusqu'aux affleurements rocheux du verrou du Cognon, le lit de l'Isère reste très encaissé entre des versants raides et très élevés.

Les apports du ruisseau des Sounières en RG et à fortiori du ruisseau des Revers, en RD perturbent peu l'équilibre du lit, dont la pente localement accentuée (10 à 12 %) permet l'entraînement.

PK 1,4 A 1,6 CONE DES ROUVINES

A l'inverse, dans la zone des Planets, les apports de déjections du torrent de Rouvines (éboulis de la Balletta) ont rempli ponctuellement le fond de la vallée et permis quelques divagations au droit du cône de déjections, en rive droite.

La route RD 902, située 20 à 40 m au-dessus du lit, est hors d'atteinte des crues de l'Isère, mais susceptible d'engravement au franchissement du ruisseau des Rouvines. La passerelle qui franchit l'Isère à l'aval du confluent est soumise aux risques d'érosion ou d'engravement dans cette zone instable de respiration du lit.

Feuille 3 - (PK 1,6 à 2,4)

PK 1,6 A 2,1

A un degré moindre qu'aux Planets, les apports de déjections des ruisseaux du Samos (RD), du Petit Bois et de l'Iseran surtout (RG) donnent localement au lit de l'Isère un caractère faiblement divagant, sur ce tronçon avec quelques érosions et bancs vifs de dépôts en bordure des terrasses alluviales des deux rives.

PK 2,03 PASSERELLE

Cette passerelle, reconstruite récemment avec un débouché confortable sur deux culées verticales (murs en béton avec ailes d'entonnement), doit permettre l'écoulement de la crue centennale avec une revanche d'environ 1 m, qui peut être réduite par l'engravement potentiel du lit immédiatement à l'aval, sous l'effet d'un apport de déjections du torrent affluent de rive gauche : le ruisseau de l'Iseran.

PK 2,03 A 2,1 TERRASSE RD

La terrasse de rive droite à l'aval de la passerelle, remblayée et sommairement protégée (enrochements de berge), constitue un terre-plein actuellement peu utilisé (stationnement d'engins), mais soumis à un risque non négligeable d'érosion de berge et exceptionnellement de submersion, en cas d'apport de déjections du ruisseau de l'Iseran (risque approximativement centennal).

**PK 2,1 A 2,4
TRAVERSEE DU
HAMEAU DU FORNET**

A l'aval du franchissement de l'Isère par le téléphérique, le lit s'encaisse rapidement dans un court tronçon de gorge étroite qui traverse le verrou rocheux sur lequel est établi le village du Fornet.

Le sillon étroit (5 à 6 m à la base) et profond (une quinzaine de mètres) du lit, ne présente pas de risque hydraulique, si ce n'est celui d'un éboulement ponctuel des berges rocheuses, dû à la qualité médiocre du rocher en place, éventuellement aggravée par un effet d'affouillement en pied.

Ce risque est apparemment faible et les constructions existantes sont en retrait des crêtes de berge.

**PK 2,22 A 2,33
PONTS DU FORNET**

Les deux ponts du Fornet, ouvrages anciens à une travée voûtée en maçonnerie sans appui dans le lit (culées fondées sur appui rocheux pour les deux rives) sont hors d'atteinte de l'écoulement des crues de l'Isère.

Le petit pont ancien amont présente une revanche de 1 à 2 m environ au-dessus du niveau centennal, mais la très forte vitesse de l'écoulement dans le goulet rocheux implique une forte variation des niveaux et un risque faible (probablement inférieur à une fréquence centennale) d'une obstruction accidentelle du débouché.

Le pont principal aval présente une revanche de sécurité d'une douzaine de mètres et n'est pas concerné par les crues de l'Isère.

Feuille 4 - (PK 2,4 à 3,2)

**PK 2,4 A 3,2
LIT SINUEUX ET
ENCAISSE**

Entre le Fornet et la chapelle Saint-Lucie, le lit de l'Isère reste encaissé avec des berges raides en pied de versant. Le lit et les pieds de berge parsemés de blocs naturels semblent relativement stables, malgré un risque d'érosion à l'extrados des sinuosités.

La route située entre 10 et 15 mètres au-dessus du lit est hors d'atteinte des écoulements, si ce n'est par érosion du pied de la berge de rive droite, qui pourrait déséquilibrer le talus raide et entamer le bord de la chaussée, avec une probabilité qui reste faible, inférieure à la fréquence cinquantennale (en particulier au droit de la chapelle Saint-Lucie, PK 3,1 à 3,2).

Feuille 5 - (PK 3,2 à 4)

**PK 3,2 A 3,6
CONFLUENT RUISSEAU
DE LESSIERES**

A l'amont du hameau du Laisinant, la pente du lit diminue (environ 3 %) au passage du confluent du ruisseau de Lessières, en rive gauche.

Ce torrent qui peut apporter dans l'Isère une quantité importante de matériaux de charriage, est susceptible d'engraver le lit au confluent et de surélever les niveaux d'écoulement de 1 à 2 m environ.

**PK 3,6 A 3,7
PONT DU LAISINANT**

Une telle surélévation peut alors entraîner la submersion de la berge de rive droite, et plus accessoirement, celle de rive gauche également.

Cette submersion, qui peut atteindre et franchir la route RD 902, trouve alors des terrains en contrebas (ancien lit de l'Isère) qu'elle peut suivre jusqu'au delà du pont de la RD 902.

Ce scénario a été effectivement observé le 24 septembre 1993, pour une crue bien inférieure à la crue centennale (voir photos) : l'écoulement débordé a emporté la route et creusé un nouveau lit jusqu'à l'aval du Laisinant.

Ce risque peut éventuellement être violent (vitesses supérieures à 3 m/s et hauteurs d'eau supérieures à 2 m) et entraîner des ruptures de brèches et des transports de matériaux importants et brutaux dans le lit aval.

Il s'agit donc d'un risque grave qui peut mettre en danger des vies humaines ; son extension potentielle indiquée sur le plan correspond à un phénomène centennal, mais le débordement peut intervenir avec une extension plus réduite dès une fréquence plus élevée, d'ordre vingtenal ou trentennal.

Le Pont du Laisinant qui franchit l'Isère au PK 3,7 est un ouvrage voûté en maçonnerie sur culées verticales.

Son débouché nettement insuffisant implique une mise en charge par les écoulements de crue à partir d'une fréquence approximativement vingtenale qui peut même intervenir plus précocement encore, si l'ouvrage est obstrué par les corps flottants et débris charriés.

Cette mise en charge, et a fortiori l'obstruction partielle ou complète du débouché, relève beaucoup les niveaux de l'écoulement à l'amont et entraîne le débordement sur les deux rives et le contournement de l'ouvrage ; elle implique également un ralentissement de l'écoulement dans le lit amont qui favorise le dépôt des matériaux charriés, et l'exhaussement du lit, aggravant donc les débordements.

Cet enchaînement peut aboutir à l'obstruction totale de l'ouvrage et au changement de lit radical de l'Isère, qui peut d'ailleurs retrouver un ancien lit au pied du versant de rive droite, marqué par une dépression des terrains, nettement en contrebas de la route RD 902. Ce phénomène d'obstruction (déjà observé partiellement au cours de la crue de septembre 1993) se cumule avec l'engravement au confluent du ruisseau de Lessières, pour amplifier l'exhaussement du lit amont et l'ensemble de l'enchaînement catastrophique qui en découle.

**PK 3,7 A 3,9
CAMPING DU
LAISINANT**

Le tronçon du lit de l'Isère entre le Pont du Laisinant et le pont de la RD 902 a été récemment rectifié et protégé sur ses deux berges, par des talus de gros enrochements disposés avec un fruit très raide sur environ 3 m de hauteur.

Ces protections beaucoup trop raides et instables, mises en place sur des talus remblayés mal compactés, montrent de nombreux affaissements, déplacements des blocs et éboulements partiels. Le fond du lit, sommairement fixé par des cordons d'enrochements transversaux insuffisants, est localement affouillé.

Les terrains de la rive gauche, sur 50 à 80 m de largeur, sont en contrebas d'environ 1 m sous le niveau d'arase de la berge et sont occupés par un camping.

Cette situation constitue un risque très grave en cas de forte crue :

- soit par l'inondation provenant d'un débordement à l'amont du pont du Laisinant, qui peut balayer le camping sur toute sa longueur avec des hauteurs d'eau inférieures à 1 m, mais des vitesses supérieures à 1 m/s,
- soit par l'inondation provenant d'une érosion du cordon de berge, par suite de l'éboulement des blocs de protection affouillés et déstabilisés, ou par suite d'une surverse de l'écoulement sur l'arase du cordon (engravement du lit). Dans les deux cas, l'ouverture d'une brèche dans le cordon de berge provoque un déferlement très violent avec des hauteurs d'eau jusqu'à 2 m et des vitesses ponctuelles qui peuvent dépasser largement 2 m/s.

Pour ces deux hypothèses principales (qui peuvent se cumuler), l'évacuation du camping, bien que favorable (pente accessible vers le versant, sortie moins exposée) ne peut pas intervenir en temps utile (débordement brutal et délai de propagation de la crue depuis le Pont Saint-Charles de l'ordre de 10 minutes seulement).

Les terrains de la rive droite, arasés au même niveau que la rive gauche, mais sans contrebas à l'arrière de la berge, sont soumis au même risque de débordement, mais avec des conséquences beaucoup moins graves (pas de rupture de brèche).

L'extension des débordements, qui peuvent également provenir de l'amont du Pont du Laisinant, peut atteindre le pied de versant, au-delà de la RD 902 (terrains en dépression) et se propager jusqu'au cimetière à l'aval, en contournant le pont de la RD 902.

**PK 3,9
PONT DE LA RD 902**

Ce pont-dalle en béton armé, sur murs-culées verticaux, est très biais par rapport au lit de l'Isère. Sa largeur importante (11,50 m) correspond à la largeur du lit (8 m environ) sans rétrécissement.

La faible hauteur du débouché, malgré l'épaisseur réduite du tablier ne permet pas l'écoulement de la crue centennale. Il y a donc mise en charge de l'ouvrage et débordement sur le tablier et sur les deux berges, pour une fréquence comprise entre la fréquence cinquantennale et la fréquence centennale.

La hauteur d'eau et les vitesses du débordement peuvent rester faibles (hauteur inférieure à 0,40 m et vitesses inférieures à 1 m/s) s'il n'y a pas d'obstruction du débouché par les corps flottants ou par les blocs des protections amont désorganisées et entraînées par l'écoulement, mais peuvent dépasser 1 m et 1 m/s, s'il y a obstruction. Cet ouvrage a été submergé en 1993 (photo).

Il convient de noter que le parapet à claire-voie et peu résistant (actuellement en bois) doit être maintenu pour permettre le passage de l'écoulement et même sa destruction éventuelle, si l'écoulement est important, sans imposer de perte de charge élevée qui relèverait les niveaux à l'amont.

ISERE AVAL

FEUILLES 6 A 10 – TRAVERSEE DE VAL D'ISERE ET LA DAILLE

Feuille 6 - (PK 4 à 4.68)

PK 4 A 4,16 ZONE DE RETENTION

Entre le lit mineur de l'Isère et la route RD 902, l'ensemble de la berge de rive gauche est volontairement submersible et doit permettre le dépôt d'une partie du débit solide pour diminuer le risque d'engrèvement de la goulotte fermée dans la traversée de Val d'Isère.

Cette zone de rétention, qui avait été progressivement rehaussée par des remblais (tennis, parkings), a été récemment décaissée et retrouve, au moins partiellement, sa fonctionnalité hydraulique essentielle pour la sécurité de la traversée urbaine à l'aval.

Elle est donc soumise, non seulement à un risque de submersion à partir d'une fréquence approximativement décennale, mais également à un effet d'engrèvement plus irrégulier.

Les débordements peuvent provenir de l'amont (submersions sur les deux rives au Laisinant) ou seulement du tronçon à l'aval du pont de la RD 902, auquel cas (moins probable) ils restent limités par la RD 902.

Ces débordements pourraient avoir des hauteurs d'eau modérées, inférieures à 1 m, mais des vitesses localement élevées, supérieures à 1 m/s.

Entre la RD 902 et le lit mineur de l'Isère, dans les zones décaissées, les hauteurs d'eau peuvent être plus importantes, jusqu'à 2,50 m.

Enfin, les pentes actuelles des surfaces pourraient conduire une partie des débordements d'amont à s'écouler par la route principale RD 902 à travers la zone urbanisée.

En rive droite, les niveaux plus élevés des terrains restent insubmersibles, mais une frange latérale de la berge peut subir des érosions.

PK 4,16 A 4,55 LIT CANALISE AMONT

Ce tronçon du lit entre le seuil de contrôle de la zone de rétention amont et le seuil de mise en vitesse à l'entonnement de la goulotte à l'aval a été canalisé dès l'origine de l'aménagement (1959-1961) de façon dissymétrique.

La rive gauche, destinée à l'urbanisation avait été protégée par un perré maçonné et une longrine bétonnée en pied ; la rive droite, à l'époque totalement naturelle, avait au contraire été laissée libre de toute protection, pour permettre aux écoulements de conserver une latitude d'expansion et d'érosion, en équilibre avec l'énergie développée (débit x pente).

Depuis, quelques constructions ont été réalisées sur la rive droite (sur une centaine de mètres à l'amont) auxquelles ont été associées (parfois a posteriori) des protections de berge hétéroclites et mal adoptées (perrés de gros blocs trop raides, blocs de béton, enrochements insuffisamment fondés).

Il en est résulté un déséquilibre local du fond du lit entraînant le découverture, l'affouillement et le basculement de la longrine de pied de la protection de rive gauche, qui a fait récemment l'objet d'une intervention de SOGREAH pour leur consolidation.

Il subsiste un risque non négligeable de déstabilisation des protections de la rive droite (les protections de la rive gauche sont en cours de consolidation).

A l'aval, la situation du lit est plus stable et le risque d'érosion ne concerne que la rive droite naturelle non protégée, sans conséquence.

Parallèlement au lit mineur canalisé, dont les berges sont insubmersibles, les écoulements éventuellement débordés à l'amont, et qui n'auraient pas rejoint le lit mineur, peuvent suivre la route principale RD 902 en se déversant progressivement vers les terrains situés au nord, localement plus bas.

Il est important de souligner qu'il est impératif de ne pas entraver cette possibilité exceptionnelle d'écoulement, qui peut rejoindre le lit mineur de l'Isère au PK 4,55.

PK 4,55 SEUIL D'ENTREE DE LA GOULOTTE

Cet ouvrage a une fonction très différente du seuil de contrôle de la rétention amont : il permet la mise en vitesse de l'écoulement à l'entrée de la goulotte bétonnée, stabilise le profil en long du tronçon amont, et rassemble les écoulements, soit provenant du lit mineur amont sous diverses incidences possibles, soit provenant du lit majeur de rive gauche (débordements d'amont).

Ces multiples fonctions conditionnent la forme de l'ouvrage, qui réunit :

- une chute profilée, qui permet la mise en vitesse,
- des bayogers convergents qui focalisent les lignes de courant,
- une échancrure latérale qui permet le retour au lit des débordements d'amont.

PK 4,16 OUVRAGE DE CONTROLE

L'ouvrage de contrôle de la zone de rétention amont est constitué par un seuil composé, de largeur de déversement variable en fonction de la hauteur, qui impose une loi hauteur-débit à croissance très rapide, pour les faibles valeurs de débit (jusqu'à la fréquence décennale environ), et au contraire maintient une croissance beaucoup plus lente pour les débits élevés.

Le but de cet ouvrage est de favoriser dans la zone de rétention amont des hauteurs d'eau élevées, donc des vitesses faibles, donc un dépôt des matériaux charriés les plus grossiers, en cas de forte crue.

L'état actuel de l'ouvrage reste acceptable (altération de surface des bétons sans conséquence appréciable du point de vue hydraulique), sauf en ce qui concerne le coursier profilé et le pied de la chute, dont l'usure du béton directement et en permanence soumis à l'écoulement est importante et a largement dégagé le ferrailage du béton armé.

La passerelle supérieure de l'ouvrage permet l'écoulement du débit centennal avec une revanche de sécurité supérieure à 1 m diminuée toutefois par plusieurs conduites accrochées sous le tablier.

L'état actuel de l'ouvrage, après quarante ans de fonctionnement sans défaut, est préoccupant du point de vue de l'usure du coursier en béton, très forte au pied du seuil et qui régresse jusqu'à la crête déversante.

Cette usure par abrasion et impact des galets transportés, normale pour une telle durée de fonctionnement et qui est constatée également sur tous les autres ouvrages en béton de l'aménagement initial, a largement dépassé l'épaisseur du revêtement spécifique d'usure prévu dès l'origine, et entame actuellement le béton de structure, plus vulnérable et indispensable à la stabilité de l'ouvrage.

Du point de vue des risques hydrauliques, l'ouvrage conserve encore toute sa fonctionnalité et joue un rôle capital pour la sécurité de l'aménagement, qui justifie d'assurer sa maintenance d'une façon impérative.

Il convient de souligner le rôle important de la terrasse de rive gauche, qui aboutit à l'échancrure dans le mur-bayoyer, dont le maintien des niveaux et du dégagement conditionne le retour au lit des débordements d'amont et constitue, par conséquent, un facteur de sécurité fondamental pour la traversée de Val d'Isère. L'état actuel de ce point de vue est satisfaisant.

**PK 4,55 A 4,68
TRONÇON AMONT DE
GOULOTTE OUVERTE**

Ce tronçon de goulotte ouverte à l'amont de la goulotte fermée est nécessaire pour permettre d'achever la mise en vitesse de l'écoulement et de s'approcher des conditions de l'écoulement uniforme le plus performant possible pour le passage en souterrain, à la fois du point de vue des hauteurs d'eau et du point de vue de l'évacuation du transport solide.

Les risques hydrauliques sur ce tronçon sont faibles et limités à l'état d'usure du radier très préoccupant comme sur la quasi-totalité du linéaire de l'ouvrage bétonné.

Feuille 7 - (PK 4,8 à 5,6)

**PK 4,68 A 5,10
GOULOTTE FERMEE**

La section fermée de la goulotte bétonnée de l'Isère diffère peu de la section ouverte, en ce qui concerne les caractéristiques de l'écoulement, qui doit rester libre (à la pression atmosphérique) dans les deux cas. Du point de vue des risques hydrauliques, une différence essentielle doit pourtant être prise en compte.

Une obstruction partielle ou totale de la goulotte ouverte peut entraîner un débordement et un retour au lit à l'aval de l'obstruction.

Une obstruction de la goulotte fermée entraîne inévitablement et instantanément le remplissage complet et l'engrèvement de la partie couverte obstruée (il suffit d'une minute pour remplir toute la goulotte fermée), et, par conséquent, le débordement immédiat de la totalité du débit, sans retour au lit possible.

Ce risque catastrophique est évidemment peu probable, mais reste tout à fait plausible et a déjà été constaté sur d'autres aménagements du même type ; sa probabilité est difficile à évaluer dans la mesure où il intègre des phénomènes potentiels non hydrauliques, qui échappent à toute statistique (chute et entraînement d'un véhicule dans le torrent, éboulement, effondrement d'un bâtiment ou d'une partie de la structure de l'ouvrage, etc.).

Il est néanmoins impératif de tenir compte de ce risque extrême rapporté à une crue centennale et cette prise en compte a eu lieu dès la conception de l'aménagement.

Elle se traduit par l'obligation de laisser libre à l'écoulement une bande de terrain de caractéristiques géométriques suffisantes (pente, largeur, tracé) pour permettre cet écoulement en surface de la crue. Evidemment, cette bande de terrain peut être utilisée, mais à condition de rester compatible avec ce risque exceptionnel.

A Val d'Isère, il a été prévu dès l'origine de conserver la possibilité de cet écoulement exceptionnel en surface sur la route principale (RD 902, Avenue du Prarion, Avenue Olympique 92), et cette exigence a été maintenue et observée par les autorités successives responsables de l'occupation des sols.

Cette exigence fondamentale pour la sécurité de l'agglomération reste actuellement satisfaite et doit donc évidemment être maintenue.

Les points particuliers de cette disposition de sécurité exceptionnelle sont les suivants :

- L'entrée de la goulotte fermée, au PK 4,68, est le point d'obstruction le plus probable et surtout la zone de débordement préférentiel en cas d'obstruction. C'est surtout à ce titre que le dégagement de la berge de rive gauche (débordement préférentiel) doit être maintenu, sur une cinquantaine de mètres au moins à l'amont, et avec un parapet peu résistant, fusible en cas de déversement (la balustrade actuelle en bois et le terre-plein existant sont bien adaptés à cette fonction et doivent donc être maintenus). A un degré secondaire, le dégagement de la rive droite (impasse des gentianes) est également nécessaire et doit aussi être maintenue.

- La section courante qui doit être maintenue disponible, non seulement sur le linéaire du tronçon de goulotte fermée (PK 4,68 à 5,10), mais bien au-delà, jusqu'au PK 5,60 environ, pour permettre la restitution, doit avoir une largeur d'environ 20 à 25 m au moins, libre de tout obstacle fixe important, et à la pente uniforme du terrain naturel, d'environ 2,5 %. Cet espace libre (entre les façades des immeubles) peut avoir à subir des écoulements rapide exceptionnels (hauteur d'eau de l'ordre de 1 m et vitesses jusqu'à 3 m/s), et n'exclut pas une extension de l'inondation dans les quartiers riverains, mais avec des vitesses d'écoulement beaucoup plus faibles (inférieures à 0,50 m/s environ).

Un obstacle important sur cette zone se traduirait par une forte augmentation des hauteurs d'eau et des vitesses, ainsi qu'une extension latérale des débordements aggravant beaucoup le risque. L'ouverture au PK 4,80, qui permet d'assurer une remise à la pression atmosphérique : un éventuel écoulement en charge dans la goulotte fermée ou un remplissage statique, développeraient en effet des pressions importantes capables de faire exploser l'ouvrage, qui peuvent être réduites par les ouvertures. Celles-ci doivent également rester dégagées pour permettre un refoulement le cas échéant ou un retour au lit au moins partiel des débordements.

**PK 5,10 A 5,72
GOULOTTE OUVERTE**

Le tronçon de goulotte ouverte à l'aval de la goulotte fermée pose moins de problèmes hydrauliques que le tronçon amont, dans la mesure où l'écoulement qui est parvenu à transiter par la goulotte fermée subit moins de contraintes (engravement, obstruction, mise en charge, etc.) que lors du passage inverse de la goulotte ouverte à la goulotte fermée.

Les risques hydrauliques sont donc plus faibles qu'à l'amont, et en particulier le risque de débordement. Toutefois, la possibilité d'obstruction accidentelle partielle ou totale subsiste, localisée essentiellement à tous les ouvrages de franchissement, qui présentent tous des caractéristiques semblables. La probabilité qui s'applique à ces risques peut être estimée inférieure à la fréquence centennale.

Il faut rappeler également, comme pour l'amont, la nécessité impérative de prévoir la possibilité de l'écoulement en surface de la totalité du débit de l'Isère (ou de la Calabourdane), en cas de débordement à l'amont de la goulotte fermée. Cet écoulement, qui peut emprunter la route principale et ses bas-côtés, ne doit pas être entravé ; on peut remarquer que le retour au lit des eaux débordées a été rendu plus difficile qu'à l'origine de l'aménagement, par la mise en place de murets en béton en remplacement des barrières métalliques à claire-voie, sur une partie importante du linéaire. Le gain de hauteur des bajoyers de la goulotte n'est pas utile pour l'écoulement limité en tout état de cause par les niveaux de sous-poutre des tabliers des ponts.

Enfin, comme pour l'amont, on constate une dégradation très préoccupante du radier de la goulotte qui présente une surface très irrégulière avec des cavités nombreuses dont la profondeur apparente peut atteindre un mètre et qui ont donc largement dépassé l'épaisseur du radier bétonné. Cette forte irrégularité du fond de la goulotte (voir photos) a plusieurs conséquences :

- Une forte augmentation de la rugosité, qui diminue la capacité d'écoulement de la goulotte avant débordement.
- Un ralentissement des vitesses, et particulièrement des vitesses de fond, qui réduit beaucoup la capacité d'entraînement des matériaux de charriage, et accroît donc le risque d'engravement.
- Une aggravation du risque d'obstruction par blocage et coincement des corps flottants ou débris charriés, qui peuvent amorcer une obstruction de la goulotte.
- Une déstabilisation enfin de la structure même de l'ouvrage, pouvant se traduire par le basculement d'un élément de mur-bajoyer, entraînant brutalement érosions, engravements, débordements, etc.

L'urgence de la réparation du radier, déjà signalée depuis 1984, et à plusieurs reprises ultérieurement, est motivée non seulement du point de vue de la sécurité hydraulique, mais aussi du point de vue économique : la reconstitution du radier structurel de l'ouvrage en béton armé, est évidemment beaucoup plus onéreuse que la seule réfection du revêtement d'usure.

**PK 5,41
LES ORIADES**

Il est utile de souligner le risque ponctuellement aggravé d'un débordement à l'amont du pont d'accès à l'immeuble « Les Oriades » en rive gauche. L'entrée du parking souterrain avec une rampe descendante est orientée de la façon la plus défavorable possible vis-à-vis d'un éventuel débordement qui envahirait alors brutalement tout le niveau inférieur du bâtiment.

Feuille 8 - (PK 5,72 à 6,2)

- Une forte augmentation de la rugosité, qui diminue la capacité d'écoulement de la goulotte avant débordement.
- Un ralentissement des vitesses, et particulièrement des vitesses de fond, qui réduit beaucoup la capacité d'entraînement des matériaux de charriage, et accroît donc le risque d'engravement.
- Une aggravation du risque d'obstruction par blocage et coincement des corps flottants ou débris charriés, qui peuvent amorcer une obstruction de la goulotte.
- Une déstabilisation enfin de la structure même de l'ouvrage, pouvant se traduire par le basculement d'un élément de mur-bajoyer, entraînant brutalement érosions, engravements, débordements, etc.

L'urgence de la réparation du radier, déjà signalée depuis 1984, et à plusieurs reprises ultérieurement, est motivée non seulement du point de vue de la sécurité hydraulique, mais aussi du point de vue économique : la reconstitution du radier structurel de l'ouvrage en béton armé, est évidemment beaucoup plus onéreuse que la seule réfection du revêtement d'usure.

**PK 5,72 A 5,80
BATIMENTS RD**

A l'aval de l'extrémité de la goulotte bétonnée et du divergent, la rive gauche est protégée efficacement par un perré maçonné incliné jusqu'à un niveau insubmersible (centrale EDF).

Par contre, la rive droite est un talus naturel sans protection et de faible hauteur.

Il en résulte un risque important d'érosion et de submersion de la berge, capables d'atteindre les bâtiments existants, surtout le bâtiment aval (hôtel) qui comporte des ouvertures basses sur les façades exposées aux débordements.

Ce risque peut être amplifié par l'engravement du lit à la sortie de la goulotte (réduction de la capacité d'entraînement des matériaux solides).

La fréquence d'occurrence de ce risque localisé est supérieure à la fréquence centennale (trentennale à cinquennale), et les conditions hydrauliques de submersion peuvent être violentes (brèche dans le cordon de berge).

**PK 5,80 A 6,00
CENTRALE EDF**

Ce court tronçon concerne le lit de l'Isère au droit de la centrale hydroélectrique EDF jusqu'à la restitution du canal de fuite des eaux turbinées au lit de l'Isère.

La rive gauche sur ce tronçon est entièrement protégée par un perré maçonné incliné jusqu'à l'aval de la restitution.

Cette protection insubmersible est fondée sur une longrine en béton initialement au niveau du fond du lit, et actuellement largement découverte par l'abaissement du lit dans cette zone (un peu inférieur à 1 m environ, et dû à la fois aux extractions d'aval, et à la longrine elle-même, hydrauliquement lisse, qui accélère les vitesses de contact et favorise l'affouillement). Une réparation par bétonnage du fond devant la longrine n'améliore pas la situation, car elle maintient les fortes vitesses et écarte seulement l'affouillement (provisoirement).

La rive droite, constituée d'une berge naturelle non protégée et d'une terrasse dégagée (prairie), est progressivement submersible, à la fois par les débordements de l'Isère (berge peu élevée), et par la restitution au lit des débordements d'amont provenant de la RD902.

Ces submersions restent toutefois modérées (fréquence cinquantennale, hauteur d'eau et vitesse inférieures à 1 m et 1 m/s) ; elle peuvent cependant être aggravées en cas de forte crue par le dépôt d'une partie des matériaux charriés, à la transition entre la goulotte bétonnée et le lit naturel aval, et qui engraveraient alors le lit et rehausseraient les niveaux d'écoulement.

**PK 6,00 A 6,20
SEUIL NATUREL**

Cette zone d'affleurements rocheux maintient le profil en long du lit amont, et forme une succession de rapides et de petites chutes irrégulières sur une dénivelée d'environ 5 m et sur 180 m de longueur.

Il faut noter que le lit mineur dans cette zone n'est pas très stable, et peut notamment avoir tendance à divaguer latéralement, surtout à l'amont, au gré de la découverte et de la dégradation des dalles irrégulières qui forment le substratum rocheux.

La berge de rive gauche, localement basse et irrégulièrement boisée (bois de mélèzes) est de ce fait érodable et submersible.

La berge de rive droite, artificiellement remblayée et protégée par des enrochements (exploitation de matériaux) est localement insubmersible (dépôts très élevés). Elle est par contre plus basse à l'aval, dans une zone non remblayée et retrouve alors une submersibilité modérée, du même ordre de grandeur qu'à l'amont, jusqu'au talus de la RD902.

Feuille 9 - (PK 6,20 à 6,95)

**PK 6,20 A 6,60
ZONE DE DIVAGATION**

Cette zone élargie du lit de l'Isère dont la pente est très faible (0,5 % environ) est essentielle du point de vue de l'équilibre du lit et de la sécurité de la traversée de la Daille à l'aval.

En effet, les larges divagations que suscite cette diminution de pente permettent le dépôt et la régulation du transport solide et réduisent le risque d'un engravement du lit à l'aval, catastrophique pour la traversée de la Daille, déjà en limite de capacité.

Ces divagations indispensables à l'équilibre du lit ont été restreintes par des remblais importants, partiellement protégés (parkings), et un ouvrage de franchissement au PK 6,60, qui imposent des limites insubmersibles et résistantes aux érosions et au méandrement de la rivière.

Dans l'état actuel, l'espace qui subsiste, de l'ordre d'une cinquantaine de mètres de largeur moyenne sur 300 m de longueur, constitue un minimum qu'il convient de préserver, voire d'agrandir (terrasses submersibles par exemple...).

Les risques qui s'appliquent à cette zone du fait des crues de l'Isère sont les suivants :

En rive gauche, la berge naturelle non protégée (sauf à l'aval) subit un risque modéré d'érosion et de submersion, limité par la pente du pied du versant boisé.

L'aménagement existant d'un bassin à l'amont de la zone (PK 6,20), séparé du lit par un merlon non protégé et submersible constitué en graves alluviales, reste soumis à un risque exceptionnel de submersion et d'érosion, qui reste toutefois compatible avec ce type d'aménagement, qu'il serait dangereux de protéger plus efficacement.

En rive droite, les terrains de berge remblayés sont insubmersibles, avec une revanche importante comprise entre 1,60 m et 2,60 m pour la crue centennale ; il faut cependant tenir compte d'une tendance naturelle à l'engravement de cette zone en crue, favorable du point de vue de la sécurité de la Daille, et qui peut atteindre un ordre de grandeur d'un mètre.

La protection par un talus d'enrochements de la berge sur la partie aval (PK 6,41 à 6,63) rend négligeable le risque d'érosion ; la partie amont non protégée subit par contre un risque modéré d'érosion de la berge, qu'il est préférable d'admettre.

**PK 6,60
PASSERELLE DU
FUNICULAIRE**

La passerelle d'accès au Funiculaire est un ouvrage métallique d'une trentaine de mètres d'ouverture, sur culées verticales en béton.

L'écoulement de la crue centennale laisse une revanche de sécurité assez réduite, de l'ordre d'une trentaine de centimètres sous le tablier de l'ouvrage, par ailleurs plutôt favorable à l'accrochage des corps flottants (treillis métallique).

La largeur importante du débouché diminue toutefois le risque d'obstruction, qui ne pourrait être que partielle, du débouché.

Les deux berges sont protégées par des talus d'enrochements, à l'amont et à l'aval de l'ouvrage.

**PK 6,60 A 6,77
DE LA PASSERELLE
AU PONT DES
ETROITS**

Ce tronçon du lit de l'Isère rectifié et protégé sur sa rive gauche concave, marque l'entrée de la traversée de la Daille ; les risques hydrauliques qui s'y appliquent peuvent être nettement aggravés en cas d'obstruction partielle ou totale du pont des Etroits. Il s'agit :

En rive gauche, d'un risque de submersion limité à une bande de terrains étroite en bordure de la berge, mais qui s'élargit au droit et à l'aval du bâtiment du téléphérique.

En rive droite, d'un risque de submersion dès la fréquence d'occurrence vingtennale ou trentennale qui s'étend jusqu'au talus de la route RD902, avec des hauteurs d'eau et des vitesses qui peuvent dépasser 1 m et 1 m/s pour la crue centennale.

**PK 6,77
PONT DES ETROITS**

Cet ouvrage d'une douzaine de mètres de portée à culées verticales, et avec des semelles importantes au pied des culées en béton, affouillées, et qui restreignent la section utile du débouché, est mis en charge par l'écoulement de la crue centennale.

La submersion des deux berges permet alors le contournement partiel du pont, qui peut entraîner la destruction de l'ouvrage, surtout si cette mise en charge est aggravée par une obstruction du débouché (corps flottants et engrèvement).

Le contournement par la rive droite peut rejoindre le lit à l'aval ; en rive gauche par contre, la déclivité des terrains en contrebas de la berge peut entraîner des submersions très étendues avec des hauteurs d'eau qui peuvent atteindre 1 m, jusqu'aux immeubles. Les hauteurs d'eau importantes et les limites d'extension de ces submersions pourraient être précisées par des relevés topographiques de la zone urbanisée.

**PK 6,77 A 6,85
LIT INTERMEDIAIRE ET
PASSERELLE EN BOIS**

La passerelle en bois lamellé-collé qui limite ce tronçon du lit rectifié de l'Isère est également mise en charge par l'écoulement de la crue centennale, et relève ainsi les niveaux d'écoulement sur tout le tronçon intermédiaire depuis le pont des Etroits.

**PK 6,85 A 6,95
LIT INTERMEDIAIRE ET
PONT AVAL EN BETON**

Cette mise en charge contrôle donc partiellement les submersions sur les berges du lit amont, et le contournement de l'ouvrage par les écoulements débordés, sensiblement équivalents sur les deux rives.

Les hauteurs d'eau atteintes sur les berges devraient, sur cette zone, rester inférieures à 1 m, mais les vitesses peuvent être importantes, jusqu'à 2 ou 3 m/s, et l'ouvrage est susceptible d'être emporté, surtout si le tablier est accroché par des corps flottants.

L'ouvrage de franchissement à l'aval de la Daille est un pont-dalle en béton sur culées verticales, avec une portée d'une quinzaine de mètres.

Le débouché hydraulique permet le passage de la crue centennale avec une faible marge de sécurité de quelques décimètres seulement.

D'autre part, les conditions un peu plus favorables d'entonnement sous cet ouvrage, et surtout la présence des deux ponts amont (en charge) qui ont beaucoup plus de chances de retenir les corps flottants, limitent le risque d'obstruction.

Dans ces conditions, on peut admettre que les deux berges (sensiblement aux mêmes niveaux) restent insubmersibles pour la crue centennale, mais avec une faible revanche de sécurité, nettement inférieure à 1 m.

Les risques d'érosion sur l'ensemble des berges dans la traversée de la Daille restent limités, dans la mesure où elles sont régulières et protégées, sauf aux abords des ponts si un contournement a lieu avec des fortes accélérations ponctuelles de l'écoulement, qui peuvent déstabiliser les protections et les culées des ouvrages.

Feuille 10 - (PK 6,95 à 7,50)

**PK 6,95 A 7,50
LIT AVAL – QUEUE DE
RETENUE DU LAC DE
TIGNES**

Le lit de l'Isère à l'aval de la Daille est rapidement encaissé entre deux versants d'éboulis très raides (en limite de stabilité) surmontés par des barres rocheuses très élevées (plus de 400 m) des Plats de la Daille en rive droite, et du Rocher du Saut en rive gauche.

Ce défilé étroit qui se prolonge sur un kilomètre environ aboutit au lac de retenue du barrage de Tignes.

Le lit sur ce tronçon aval est totalement fixé de façon naturelle :

- en plan par les talus raides des pieds des versants qui limitent le lit mineur, et qui ne comportent aucune berge submersible,
- en altitude par un pavage cyclopéen exogène, produit par les gros blocs rocheux éboulés des deux versants et qui forment un squelette de fixation du lit inamovible à l'échelle humaine.

Une piste en rive droite et un chemin piétonnier en rive gauche sont situés à des niveaux largement supérieurs aux niveaux maxima d'écoulement et hors d'atteinte des crues.

Les écoulements sur ce tronçon dépendent des conditions de niveau de la retenue du lac de Tignes. Trois cas de figure peuvent se présenter, analysés en détail dans le rapport d'étude de 1984 :

- Soit la retenue est vide, ou en cours de remplissage ou de vidange, et le niveau du lac est inférieur à la cote 1790,00 NGF.

Dans ce cas, l'écoulement est uniquement déterminé par les caractéristiques du lit, et les niveaux atteints correspondent aux niveaux minima (pour chaque débit).

- Soit la retenue est pleine, à sa cote normale de fonctionnement, fixée à 1 790,00 NGF, et ce niveau horizontal du lac remonte dans le lit, pour la crue centennale, jusqu'au voisinage du profil P0, situé au PK 7,42.

Dans ce cas, les niveaux atteints sont constants à 1 790 à l'aval du profil P0, quel que soit le débit, et suivent une courbe de remous à l'amont qui rejoint la ligne d'eau précédente une centaine de mètres à l'amont (compte tenu de la forte pente).

- Soit enfin la retenue est pleine, et une crue exceptionnelle ou un dysfonctionnement accidentel des dispositifs d'évacuation intervient, et oblige le niveau de la retenue à s'élever au-dessus de la cote de fonctionnement normale. Le niveau ne peut alors dépasser la cote de retenue exceptionnelle de 1 791,00 NGF, correspondant au fonctionnement des évacuateurs de crue de surface pour un débit très largement supérieur au débit centennal.

Dans ce cas extrême, le niveau de la queue de retenue régresse jusqu'au voisinage du profil I20 (station d'épuration), et suit à l'amont une courbe de remous qui rejoint la ligne d'eau précédente moins de cent mètres à l'amont.

Dans ces trois cas de figure, les niveaux pour la crue centennale sont donc les mêmes à l'amont du PK 7,00, et correspondent aux caractéristiques d'écoulement indiquées précédemment.

CALABOURDANE

FEUILLES 11 A 15 – LE MANCHET - CONFLUENT

Feuille 11 - (PK 1,50 à 2,30)

PK 1,50 A 1,53 TORRENTS AMONT ET CONFLUENT

La Calabourdane naît de la réunion du Torrent des Fours et du Torrent du Charvet, au pied du hameau du Manchet.

Ce confluent des deux torrents illustre bien l'activité intense de charriage, surtout en ce qui concerne le Charvet, issu des gorges rocheuses d'amont.

La position même du confluent a fréquemment varié, au cours même des dernières décennies, malgré les ouvrages de défense (grands épis en gabions partiellement basculés), mis en place au fur et à mesure des divagations successives des torrents.

La passerelle située actuellement à l'aval immédiat du confluent (au PK 1,55) a été emportée et reconstruite récemment.

Les risques dans cette zone résultent des divagations vigoureuses qui déplacent les deux lits à chaque forte crue avec des variations en plan et en altitude limitées par les deux versants raides de la vallée.

PK 1,53 A 2,13 LIT SINUEUX AMONT

Ce tronçon naturel du lit de la Calabourdane est marqué par une nette diminution de la pente longitudinale du lit qui conditionne les modalités de transport des matériaux.

Les tendances aux divagations du lit sont limitées par les versants qui restent assez pentus pour restreindre l'extension des érosions de berge pourtant nombreuses.

La route du Manchet, située une dizaine de mètres au-dessus du lit, est suffisamment écartée pour rester à l'abri des divagations et une butte artificielle protège le parking et le pied du Télésiège du Manchet, en rive droite.

Au PK 2,13, une passerelle sommaire a été déposée (remplacée par la passerelle amont).

PK 2,13 A 2,30 REMBLAI DE RG

Cette zone, qui se prolonge jusqu'au pont de la Rosière, au PK 2,58, a été le siège d'importantes extractions de matériaux jusqu'à une période assez récente (environ une décennie), et a été réaménagée par la régularisation d'une terrasse remblayée élevée en rive gauche du torrent.

Cette terrasse, située 5 à 6 m au-dessus du lit, est insubmersible ; elle peut par contre subir des érosions importantes, ou provoquer des érosions importantes sur la rive opposée (par effet de ricochet), compte tenu de la vulnérabilité irrégulière des terrains constitutifs des berges et de leur faible cohésion.

Feuille 12 - (PK 2,40 à 3,20)

PK 2,40 A 2,58 TERRASSE REMBLAYEE EN RG

La terrasse de rive gauche sur cette zone a été pendant longtemps le siège d'une ancienne exploitation de matériaux (extraction, criblage, béton), qui réduisait et régularisait, de façon artificielle, les apports de matériaux de charriage du torrent.

La suppression de cette exploitation restitue un régime naturel d'apports solides plus irréguliers et plus importants, dont il y a lieu de tenir compte pour la stabilité du lit aval.

Localement, la terrasse de rive gauche s'abaisse aux abords du Pont de la Rosière, et devient submersible, en particulier en cas d'obstruction du débouché de l'ouvrage.

La rive droite non protégée est soumise à un risque d'érosion sur toute la zone.

PK 2,58 PONT DE LA ROSIERE

Cet ouvrage en béton sur culées verticales permet le passage du débit centennal dans l'état actuel du lit, mais l'engrèvement par le transport solide au cours d'une seule crue est susceptible d'entraîner une obstruction partielle ou totale de l'ouvrage, avec risque de contournement (risque approximativement centennal).

PK 2,58 A 2,73 ZONE DE LOISIRS EN RG

Ce court tronçon se distingue par une rive gauche remblayée à un niveau insubmersible supprimant le lit majeur qui existait antérieurement, et par la route établie en rive droite sur l'ancien chemin à un niveau inférieur en limite de submersion par les plus fortes crues.

Il en résulte un risque d'érosions sur les deux berges aggravé par le confinement du lit mineur, et une submersion possible de la rive droite, pour une fréquence d'ordre cinquantennal à centennal.

PK 2,73 A 2,84 PASSERELLE

La passerelle construite récemment au PK 2,77 (accès à la zone de loisirs) sur deux culées sommaires en murs bétonnés présente un débouché inférieur à celui du pont de la Rosière à l'amont. Le risque d'une obstruction partielle ou totale de l'ouvrage, ou même seulement la perte de charge importante au rétrécissement du lit entre les deux culées a pour conséquence directe le relèvement des niveaux d'écoulement à l'amont et le débordement consécutif en rive droite sur le parking.

Les pentes naturelles du terrain conduisent dans ce cas l'écoulement débordé à contourner la passerelle et à rejoindre le lit à l'aval ; dans le cas d'une obstruction importante du débouché de la passerelle (engrèvement du lit), ce contournement par un débit élevé peut entraîner une forte érosion et creuser un nouveau lit (exemple comparable pour l'Isère au Laisinant lors de la crue de septembre 1993).

**PK 2,84 A 2,90
PONT DU GORAY**

A la différence de l'ouvrage de franchissement précédent, le pont du Goray est nettement plus étroit et le lit amont est compris entre deux berges remblayées élevées et insubmersibles. Le risque d'obstruction de cet ouvrage est donc supérieur à celui qui s'applique à la passerelle amont, et les conséquences d'une obstruction ne peuvent aboutir qu'à la destruction de l'ouvrage.

**PK 2,90 A 3,20
REMOUS SOLIDE DU
RUISSEAU DU GRAND
PRE**

Cette zone (qui se prolonge jusqu'au PK 3,40) est marquée par la confluence, en rive gauche, du ruisseau du Grand Pré, dont les apports de charriage importants ont constitué un cône de déjection entre le Goray et les Chavonnes, qui repousse la Calabourdane contre le pied du versant raide de rive droite.

Ces apports solides ont localement engraisé et élargi le lit amont de la Calabourdane, qui dispose alors d'une zone de divagation d'une cinquantaine de mètres de largeur sur un peu plus de 200 m de longueur. Cette zone submersible et érodable, où le lit mineur sinueux et transitoirement divisé en plusieurs bras, fluctue fréquemment, était utilisée jusqu'à une période récente (il y a une décennie environ) pour favoriser la rétention et le tri granulométrique des matériaux charriés (pièges à gravier). Ces installations de régulation et d'extraction d'une partie du charriage sont actuellement abandonnées, et il en résulte un risque accentué d'une respiration importante au confluent (variation du lit en altitude), au gré des crues respectives (et surtout des apports solides) des torrents du Grand Pré et de la Calabourdane.

Les conséquences à l'amont sur l'érosion des berges et la divagation du lit sont peu sensibles, compte tenu de l'éloignement des routes sur les deux rives, qui restent hors de portée du torrent, mais affectent surtout le franchissement situé immédiatement à l'aval (voir feuille 13).

Feuille 13 - (PK 3,20 à 4,00)

**PK 3,20 A 3,26
CONFLUENT RG
PONT DES
CHAVONNES**

Le franchissement de la Calabourdane au droit des Chavonnes a été réalisé récemment au moyen d'un conduit « Matière » traversant un remblai sommairement protégé par quelques enrochements, qui barre perpendiculairement le lit du torrent.

Ce busage se situe immédiatement à l'aval du confluent du Ruisseau du Grand Pré, qui débouche en rive gauche de la Calabourdane quelques mètres à l'amont du franchissement.

Cette disposition, et le débouché très réduit de l'ouvrage sans entonnement, impliquent un risque d'obstruction élevé, très aggravé par la proximité du confluent où des apports importants peuvent contribuer à l'engravement et à l'obstruction du lit de la Calabourdane.

**PK 3,26 A 3,85
ANCIENS SEUILS ET
PIEGES A GRAVIERS**

Dans ces conditions, la submersion et l'érosion violente des berges, consécutives à l'obstruction à l'amont de l'ouvrage, peuvent entraîner la rupture du remblai et la destruction de l'ouvrage accompagnées éventuellement d'un effet brutal de débâcle dans le lit aval.

Ce risque élevé peut être de fréquence approximativement vingtennale, nettement supérieur aux risques qui s'appliquent aux autres ouvrages de franchissement de la Calabourdane jusqu'à Val d'Isère.

Comme au PK 3,00, plusieurs ouvrages de « pièges à graviers » subsistent sur ce tronçon du lit de la Calabourdane, dont l'exploitation systématique a été abandonnée, et qui sont partiellement ruinés.

Ces ouvrages étaient constitués par des seuils biais ou droits, isolant de l'écoulement vif plusieurs bras de sédimentation (parfois équipés de vannages) et permettant ainsi une rétention contrôlée d'une partie du charriage extrait ensuite au fur et à mesure.

La constitution sommaire de ces ouvrages (gabions, enrochements) et surtout l'abandon de leur exploitation, entraînent une dégradation rapide de la stabilisation locale du lit qu'ils assuraient, générant un risque d'apports supplémentaires de matériaux solides en cas de forte crue.

Les érosions et divagations susceptibles d'accompagner cette déstabilisation n'ont a priori que peu de conséquences sur les zones riveraines du lit, ne comportant pas d'enjeu apparent.

**PK 3,86
PONT DU CHATELARD**

Ce nouvel ouvrage de franchissement, qui remplace une passerelle pour skieurs (platelage sommaire), comporte un débouché relativement important et des culées en murs bétonnés avec entonnement.

Le risque d'obstruction de cet ouvrage est nettement plus faible que pour les autres franchissements du lit amont, par contre l'érosion des berges, déjà amorcée, est d'autant plus probable que l'implantation de l'ouvrage impose une sinuosité excessive au lit.

C'est essentiellement sur la rive droite à l'amont du pont que cette érosion est susceptible de se produire.

**PK 3,86 A 4,00
ENTREE DES GORGES**

Après avoir longé une terrasse remblayée et protégée sur sa rive gauche à l'aval du nouveau pont, le lit de la Calabourdane pénètre dans une gorge rocheuse au droit du hameau du Châtelard, puis du Joseray. Le lit fixé sur le substratum rocheux est alors très encaissé sans aucune possibilité de débordement ni d'érosions importantes (berges localement rocheuses).

La passerelle de la Légettaz, qui franchit la Calabourdane au Chatelard, au PK 3,96, est élevée et hors d'atteinte des écoulements. La forte pente du lit (plus de 5 %) garantit enfin le transit total du charriage solide provenant du lit amont, sans aucune latitude de rétention ou de régulation.

Feuille 14 - (PK 4,00 à 4,65)

**PK 4,00 A 4,45
AMONT DU PONT DU
JOSERAY**

A la sortie des gorges du Châtelard, le lit de la Calabourdane reste très encaissé jusqu'au Pont du Joseray, sans aucune possibilité de débordement.

Par contre, des érosions sont possibles (et sont constatées) sur les deux berges, au pied des talus très raides qui bordent le lit.

En rive droite, le rocher affleurant ou sub-affleurant, et parfois en surplomb, limite les érosions, sans risque de déstabilisation (du seul point de vue hydraulique).

En rive gauche, la terrasse de berge à l'avant des bâtiments a été remblayée en empiètement sur le lit, avec une protection sommaire en gros blocs en pied de talus très raide. Cette situation, qui implique une forte accélération de l'écoulement confiné, entraîne un risque élevé de désorganisation de la protection, d'érosion violente du pied du talus, et d'effondrement de la berge élevée, pouvant atteindre les bâtiments (fondations ?). Cette érosion de la terrasse de berge peut avoir des conséquences également graves, par l'effet d'obstruction du lit aval, et notamment du passage en souterrain au droit de la piscine, provoqué par l'apport brutal dans l'écoulement des matériaux arrachés aux deux berges, surtout des blocs (rive gauche) et des arbres (rive droite), susceptibles de former des embâcles.

**PK 4,46
PONT DU JOSERAY**

Cet ouvrage en maçonnerie offre un débouché suffisant pour permettre le passage des fortes crues jusqu'à la fréquence centennale, en conservant une revanche de sécurité minimale (environ 0,50 m) et en entonnement acceptable (lit amont étroit à forte pente assurant une mise en vitesse efficace, qui diminue le risque d'obstruction).

Toutefois, ces conditions mêmes de fortes vitesses ont affouillé le lit à l'aval de l'ouvrage (radier dégagé de 1 m environ) et peuvent mettre en danger la stabilité des fondations.

Les risques hydrauliques qui s'appliquent à ce Pont du Joseray restent donc modérés, mais ne sont pas à négliger.

**PK 4,46 A 4,65
HOTEL ALTITUDE**

Sur ce tronçon, compris entre le Pont du Joseray et l'entrée du passage souterrain de la Calabourdane, les deux berges sont élevées et apparemment stables, sauf sur un court tronçon de la rive gauche, sur moins 100 mètres de longueur où la terrasse de berge à l'amont et au droit de l'Hôtel « Altitude » est submersible pour une forte crue de fréquence centennale.

Cette submersion potentielle concerne la terrasse de rive (pelouse, piscine) sur une largeur faible, de 10 à 15 m limitée par la pente du talus naturel, mais aussi le rez-de-chaussée de l'immeuble, qui comporte plusieurs ouvertures exposées au courant vif.

Ce risque est aggravé par la mise en place récente d'une passerelle au droit du bâtiment qui, bien que légère et susceptible d'être emportée, peut favoriser ponctuellement un embâcle et augmenter transitoirement les vitesses et les hauteurs d'eau du débordement.

Compte tenu des niveaux de la berge, les hauteurs d'eau du débordement devraient rester inférieures à 1 m, mais les vitesses peuvent être fortes, de 2 à 3 m/s et la submersion brutale.

**PK 4,65
ENTREE DU PASSAGE
SOUTERRAIN**

Le passage souterrain de la Calabourdane, réalisé il y a une dizaine d'années au moyen d'un busage de type « Matière » sur 150 m de longueur environ, et recouvert d'un remblai élevé (pistes de ski), pose un problème majeur du point de vue de la sécurité vis-à-vis des risques hydrauliques pour l'ensemble de la traversée de Val d'Isère.

En effet, à la différence de la goulotte fermée de l'Isère, l'obstruction accidentelle, pour une cause hydraulique ou pour toute autre raison, de l'ouvrage, conduit à des submersions importantes et violentes dans les zones d'urbanisation dense de Val d'Isère, sans retour au lit facile et avec des conséquences graves.

Ces risques hydrauliques majeurs, déjà soulignés dans les études précédentes, résultent de la conjugaison de plusieurs facteurs, dont les principaux sont :

- la rétention amont insuffisante,
- la mise en vitesse inefficace,
- le passage en surface difficile.

a. Rétention amont

La rétention, ou au moins le laminage des apports solides provenant du lit amont, dont l'importance et la brutalité ont été augmentés par tous les aménagements récents du lit depuis le Manchet (suppression de zones de divagation et remblais du lit majeur du torrent) ne peuvent être assurés que d'une façon dérisoire, sans commune mesure avec les volumes d'apports potentiels par le dispositif prévu.

Non seulement en effet l'élargissement ponctuel du lit à l'amont du seuil ne constitue qu'un volume de stockage de quelques centaines de mètres cubes, hors de proportion avec les débits solides du torrent en forte crue, mais surtout la forme de l'ouvrage de contrôle, constitué d'un seuil à parement lisse (écoulements ordinaires) accolé à un seuil de gros blocs bétonnés plus rugueux (écoulements de crue), sur une largeur totale de plus d'une quinzaine de mètres, abaisse la loi hauteur-débit et entraîne donc une accélération dans le lit amont, à l'inverse du ralentissement qui serait nécessaire pour obtenir un dépôt.

b. Mise en vitesse

La mise en vitesse de l'écoulement indispensable avant sa pénétration dans la section fermée du busage, (pour permettre l'évacuation du débit avec une section réduite) s'effectue dans des conditions très défavorables.

L'énergie disponible, au moyen de la chute de 2,50 m environ sur le seuil composé, est largement dissipée en pied de chute par un profil inadapté et surtout par le rétrécissement brutal, sans forme convergente progressive à l'entrée de la buse.

Il en résulte une forte perte de charge entre le seuil et la section fermée de la buse, capable de relever beaucoup les niveaux et de provoquer à la fois une mise en charge prématurée et un risque ponctuel d'obstruction (ressaut).

La quantification statistique de ce risque est difficile sans une analyse hydraulique détaillée de l'ouvrage, mais on peut évaluer l'ordre de grandeur de la fréquence d'occurrence du débordement comprise entre la fréquence vingtennale et la fréquence cinquantennale.

c. Le passage en surface

L'obstruction partielle ou complète du passage busé souterrain, entraîne inévitablement et immédiatement le débordement sur la rive droite (la rive gauche est plus élevée) de la totalité ou d'une partie du débit liquide du torrent, ainsi que l'entraînement ou le dépôt partiel du débit solide charrié par le torrent.

Il peut donc s'agir d'un écoulement chargé de plusieurs dizaines de mètres cubes par seconde et d'un apport de plusieurs de milliers de mètres cubes de matériaux sur la zone riveraine, avec des vitesses ponctuelles fortes (plus de 3 m/s) et des hauteurs d'eau supérieures à 1 m, capables d'éroder les zones vulnérables (pelouses).

La pente actuelle des terrains conduirait ces écoulements de part et d'autre du bâtiment de la piscine couverte (qui risquerait beaucoup d'être envahie par le déferlement des eaux chargées contre les baies vitrées), puis à l'aval contre le bâtiment biais qui impose le retour au lit (ancien mur de rive courbe).

Le comportement des écoulements chargés débordés est difficilement prévisible, compte tenu des engravements ou creusements possibles des terrains : la zone indiquée sur le plan reste donc très approximative.

Enfin, le bâtiment en construction de la future gare du téléphérique de Belvarde, situé contre la piscine, restreint encore un peu plus la capacité d'évacuation en surface de l'écoulement (passage disponible sous le bâtiment), et risque d'être obstrué.

Le retour au lit canalisé à la sortie du passage souterrain est entravé par l'ancien mur de rive (courbe), qui confine une partie de l'écoulement dans le passage étroit en contrebas contre le bâtiment biais ; cette zone peut être le siège de vitesses ponctuelles fortes et d'érosions

Feuille 15 – (PK 4,65 à 5,30)

**PK 4,65 A 4,90
PASSAGE
SOUTERRAIN SORTIE
ET LIT AVAL**

Au droit du passage souterrain, l'écoulement peut s'effectuer sans problème si la totalité du débit parvient à pénétrer dans la section fermée à l'entrée ; les fortes vitesses sont toutefois susceptibles de dégrader rapidement le radier d'usure qu'il y a lieu de surveiller attentivement.

Dans l'hypothèse probable d'une obstruction à l'entrée de la section fermée, une partie ou la totalité des débits liquide et solide déborde en rive droite (exclusivement) et se répand sur les terrains autour de la piscine. Il est difficile de prévoir alors le comportement de l'écoulement débordé ; on peut toutefois fournir les indications suivantes :

- Un débordement partiel évolue très rapidement vers un débordement total : en effet, la perte d'une partie du débit dès l'amorce du débordement prive l'écoulement d'une fraction de son énergie utile au transport des matériaux de charriage. Il s'ensuit donc un déséquilibre et une sédimentation des matériaux ; le débordement s'amplifie donc et le processus s'accélère jusqu'à obstruction complète du lit (il suffit de quelques minutes pour remplir complètement le lit de matériaux).

- L'écoulement en surface peut se répandre en nappe sur une largeur de plusieurs dizaines de mètres avec une hauteur d'eau un peu supérieure à 1 m et des vitesses fortes de 2 à 3 m/s (pour une hypothèse centennale). Ces conditions sont capables de développer des saignées d'érosion importantes, compte tenu de la nature des terrains (pelouses, voiries, tennis...) et a fortiori si le torrent apporte aussi des matériaux de charriage qui peuvent se déposer en langues et en cordons, de façon très irrégulière.

En outre, à chaque obstacle ou restriction du passage des eaux débordées (en particulier autour des bâtiments de la piscine et de la gare du téléphérique), les effets de perte de charge peuvent augmenter beaucoup ponctuellement les vitesses et/ou les hauteurs d'eau.

Il en résulte rapidement une utilisation mal répartie de l'espace disponible, par l'écoulement, et un confinement qui accroît encore davantage les effets violents du courant vif.

Ces conditions constituent donc un risque grave capable d'envahir et d'emporter des constructions et de mettre en danger plusieurs vies humaines.

- Les surfaces indiquées très approximativement sur le plan représentent l'extension possible des débordements avec une zone périphérique de caractéristiques hydrauliques plus modérées. Ces limites sont toutefois très indicatives et peuvent être largement modifiées de façon aléatoire, en fonction des modalités d'érosion, de dépôts, de contournement des obstacles, etc.

Compte tenu de l'état actuel de la zone concernée et des niveaux des terrains, on peut prévoir que ces débordements seront restitués au lit de la Calabourdane sur le tronçon compris entre la sortie du passage souterrain et le grand immeuble biais, 60 m à l'aval, entre les PK 4,84 et 4,96 ; on ne peut pas exclure toutefois une défluence partielle ou totale de l'écoulement débordé vers le Nord, en direction du Centre de l'agglomération de Val d'Isère, sans retour possible au lit de la Calabourdane.

Les effets du passage de l'écoulement débordé à travers la zone centrale d'urbanisation dense pourraient alors être beaucoup plus graves encore.

**PK 4,90 A 5,00
PONT DE LA RUE DE
LA CALABOURDANE**

Les caractéristiques du court tronçon du lit à l'amont du pont et du débouché de l'ouvrage devraient permettre l'écoulement du débit centennal avec une revanche de l'ordre de 0,50 m.

Le risque d'obstruction est comparable à celui des autres ouvrages, mais la situation du pont à l'aval diminue la probabilité d'une obstruction qui se produirait d'abord pour les ouvrages situés à l'amont.

**PK 5,00 A 5,06
MEANDRE AVAL**

Le court méandre du lit à l'aval du Pont comporte en rive droite un cordon de matériaux en remblai de 1 m de hauteur environ, non protégé, qui borde le lit.

Le terrain riverain se trouve donc en contrebas de l'arase du cordon de berge. Cette situation crée un risque important de submersion violente de cette zone riveraine, heureusement d'étendue très limitée : la submersion possible du cordon pour le débit centennal entraînerait en effet inévitablement une brèche dans ce cordon de berge et un déferlement brutal de l'écoulement sur la terrasse riveraine.

**PK 5,06 A 5,30
AMONT CONFLUENT
RG SUBMERSIBLE**

Ce dernier tronçon de la Calabourdane est constitué par une goulotte bétonnée de même type que celle de l'Isère, avec un entonnement convergent et une rive gauche amont protégée par un perré en mastic bitumineux.

L'ensemble des ouvrages est dans un état acceptable ; on note toutefois quelques affouillements au pied du perré bitumineux, dus notamment à une restriction locale du lit par un remblai, en empiètement sur la rive droite qui a subsisté plusieurs années, mais qui a été corrigé depuis.

La rive droite, plus élevée que la rive gauche, peut être considérée comme insubmersible.

La rive gauche, un peu plus basse, dispose d'une revanche minimale par rapport à l'écoulement d'une crue centennale, d'environ 0,50 m. Cette revanche de sécurité est nettement insuffisante dans le cas d'un apport de charriage important, ou a fortiori dans l'hypothèse d'une obstruction des deux passages fermés de la goulotte à proximité du confluent (immeuble d'habitation construit au-dessus de la goulotte).

Dans cette hypothèse, dont la fréquence d'occurrence peut être comprise entre les fréquences cinquantennale et centennale, le débordement se produit en rive gauche, dès l'origine du perré bitumineux et dans la zone d'entrée de la goulotte. Ce débordement concerne un terrain irrégulier, puis un parking devant les bâtiments récemment construits.

Le risque de submersion, initialement modéré (zone du PK 5,60 ; hauteurs d'eau et vitesses inférieures à 1 m et 1 m/s), est très aggravé à l'aval contre la façade du bâtiment (PK 5,70) :

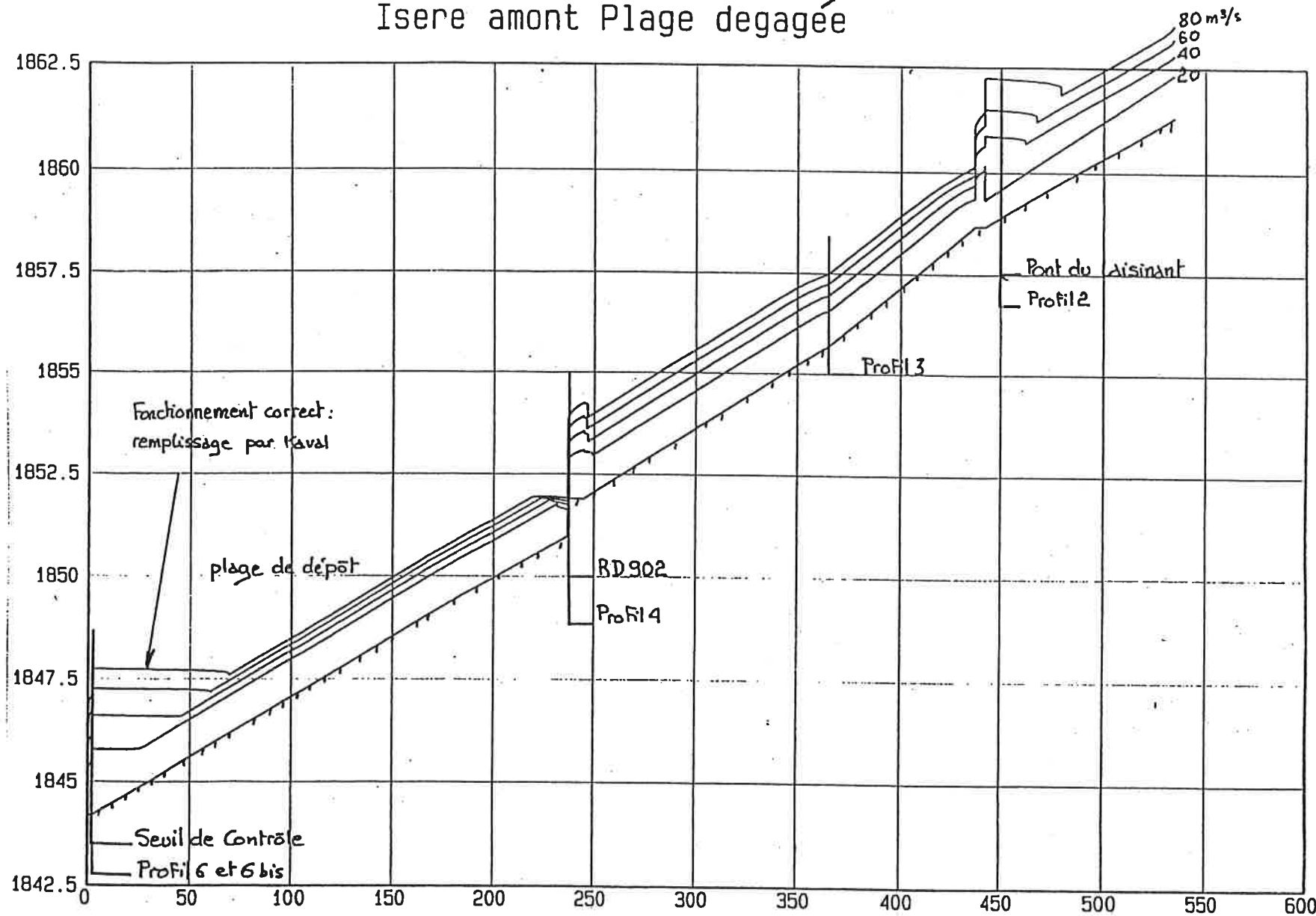
En effet, pour rejoindre le lit de la Calabourdane à l'aval du confluent, l'écoulement doit franchir la route et les niveaux sont donc nettement relevés, d'environ 1,50 m à 2,00 m. Ce relèvement des niveaux contre le bâtiment constitue un risque grave, car le rez-de-chaussée comporte de nombreuses ouvertures (baies vitrées) et des locaux d'habitation, qui peuvent donc être brutalement envahis par l'écoulement.

Malgré un carénage réalisé à l'entrée du passage fermé, le risque d'obstruction ne peut être exclu et aggraverait alors radicalement le débordement, si plusieurs dizaines de m³/s alimentaient la submersion de la rive gauche.

6.
RESULTATS NUMERIQUES DES SIMULATIONS

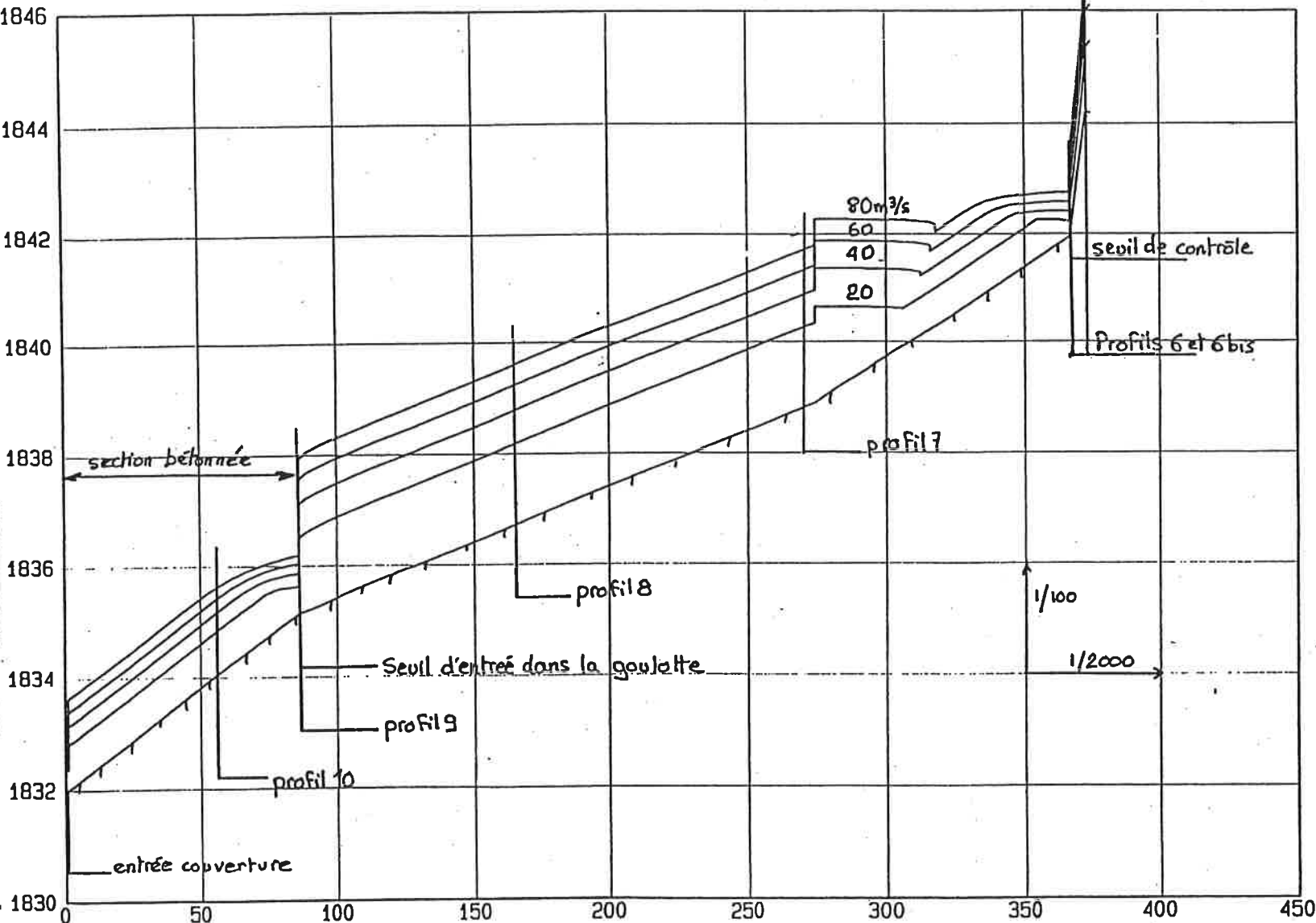
Extrait du rapport d'étude 810174 de Juillet 2001.

Isere amont Plage degagée



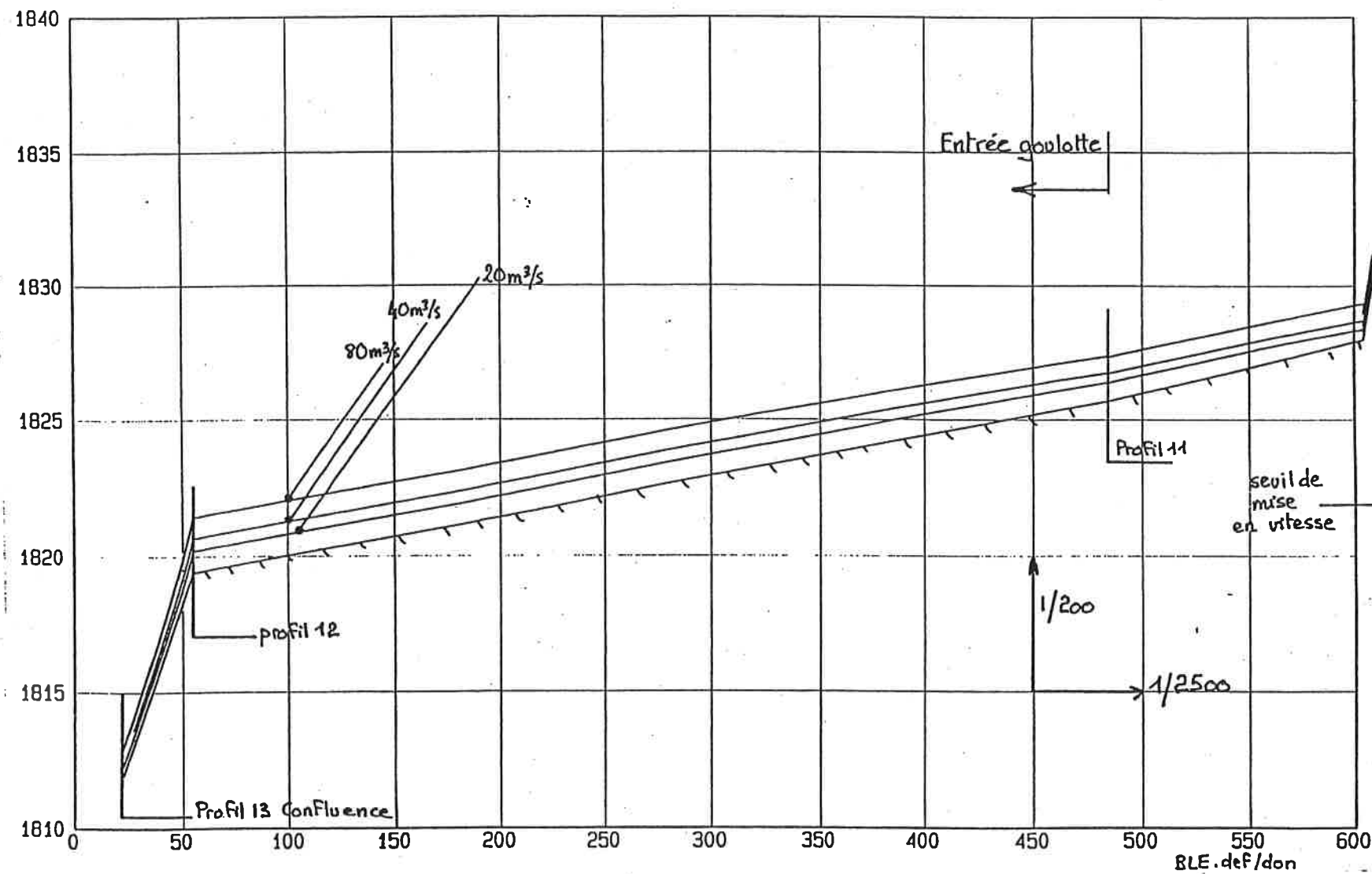
DEBIT = 80.00 m³/s						
tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
LAISAM	534.0	1861.32	2.20	3.02	4.02	critique
	533.4	1861.30	2.15	3.02	4.15	torrentiel
	516.4	1860.82	2.10	3.03	4.29	unif torrentiel
	479.5	1859.76	2.10	3.03	4.29	ressaut ondulé
	479.5	1859.76	2.31	3.03	3.77	ressaut
	479.4	1859.76	2.31	3.03	3.76	fluvial
PTLAIS	442.0	1858.69	2.77	3.73	4.34	fluvial
	437.0	1858.69	2.35	3.51	4.77	critique
CAMP1	437.0	1858.69	1.44	3.51	6.37	torrentiel
	379.4	1856.29	1.80	2.93	4.71	unif torrentiel
	365.0	1855.69	1.80	2.93	4.71	unif torrentiel
CAMP2	365.0	1855.69	1.80	2.93	4.71	torrentiel
	313.2	1854.05	1.93	2.86	4.27	unif torrentiel
	246.7	1851.95	1.93	2.86	4.27	ressaut ondulé
	246.7	1851.95	2.25	2.86	3.46	ressaut
	246.0	1851.93	2.29	2.87	3.37	fluvial
	245.0	1851.90	2.34	2.88	3.27	fluvial
PTLAISAV	245.0	1851.90	2.36	2.87	3.17	fluvial
	237.0	1851.90	1.90	2.73	4.03	critique
TER1	237.0	1851.00	0.91	3.63	7.31	torrentiel
	221.4	1850.56	1.38	1.90	3.17	ressaut ondulé
	221.4	1850.56	1.50	1.90	2.78	ressaut
	220.3	1850.53	1.54	1.90	2.68	fluvial
	167.0	1849.04	3.09	3.15	1.05	fluvial
TER2	167.0	1849.04	2.30	3.15	4.07	critique
	166.5	1849.02	2.25	3.15	4.20	torrentiel
	144.2	1848.37	2.19	3.16	4.35	unif torrentiel
	24.6	1844.86	2.19	3.16	4.35	ressaut ondulé
	24.6	1844.86	2.41	3.16	3.81	ressaut
	24.3	1844.85	2.43	3.16	3.77	fluvial
	2.0	1844.20	3.23	3.58	2.60	fluvial
SEUIL1	2.0	1844.20	2.88	3.58	3.70	fluvial
	0.0	1844.20	2.63	3.53	4.21	critique

Isere entre les 2 seuils



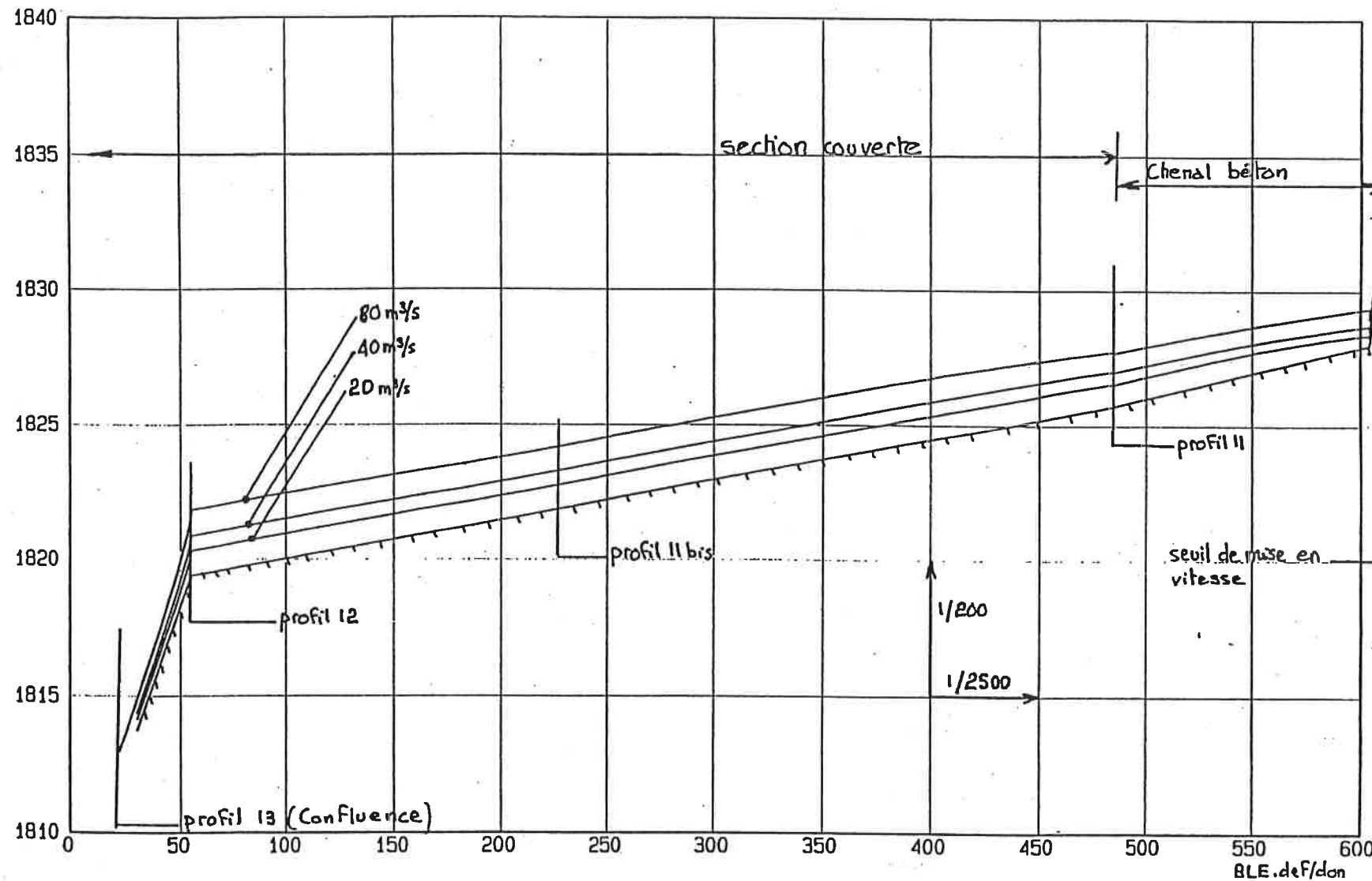
DEBIT = 80.00 m3/s						
tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
SEUIL1	375.0	1844.20	2.88	3.58	3.70	fluvial
	373.0	1844.20	2.63	3.53	4.21	critique
cours1	373.0	1844.20	2.63	3.53	4.21	critique
	373.0	1844.20	2.58	3.54	4.33	torrentiel
	367.0	1841.95	1.51	5.15	8.45	torrentiel
SAV1	367.0	1841.95	0.83	5.15	9.20	torrentiel
	325.8	1840.58	1.75	2.72	4.36	unif torrentiel
	317.2	1840.30	1.75	2.72	4.36	ressaut ondulé
	317.2	1840.30	1.87	2.72	4.07	ressaut
	317.0	1840.29	1.88	2.72	4.05	fluvial
	275.0	1838.90	3.38	3.64	2.25	fluvial
SAV2	275.0	1838.90	2.89	3.64	3.83	unif fluvial
	115.6	1835.73	2.89	3.64	3.83	fluvial
	86.0	1835.14	2.75	3.63	4.14	critique
SAV3	86.0	1835.14	1.05	3.63	7.11	torrentiel
	36.0	1833.29	1.62	2.30	3.64	unif torrentiel
	1.0	1832.00	1.62	2.30	3.64	unif torrentiel
SEUIL2	1.0	1832.00	1.20	2.30	4.64	torrentiel
	0.0	1831.96	1.21	2.29	4.60	torrentiel

Goulotte etat actuel K=50



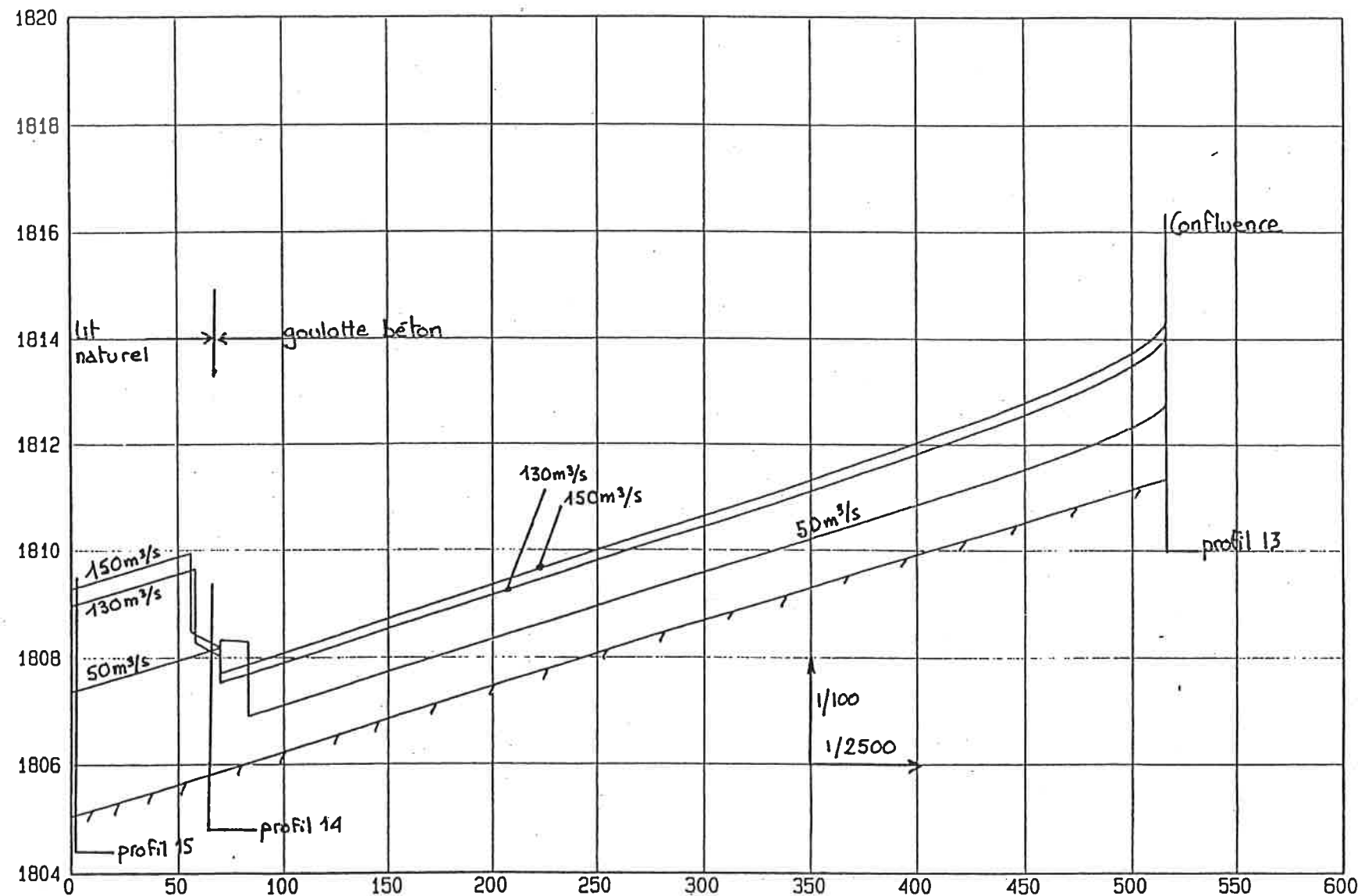
DEBIT = 80.00 m³/s						
tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
SEUIL2	613.0	1832.00	2.25	2.56	2.46	fluvial
	612.0	1831.96	2.30	2.59	2.42	fluvial
cours1	612.0	1832.00	1.70	2.55	4.09	critique
	612.0	1832.00	1.65	2.56	4.21	torrentiel
	610.0	1831.00	0.99	3.52	7.05	torrentiel
cours2	610.0	1831.00	1.18	3.52	6.77	torrentiel
	608.0	1830.00	0.97	4.46	8.27	torrentiel
cours3	608.0	1830.00	1.17	4.46	8.03	torrentiel
	606.0	1829.00	1.02	5.38	9.26	torrentiel
cours4	606.0	1829.00	1.09	5.38	9.18	torrentiel
	604.0	1828.00	0.98	6.28	10.19	torrentiel
canal	604.0	1828.00	1.36	6.28	9.83	torrentiel
	484.0	1825.70	1.66	4.94	8.02	torrentiel
goulotte	484.0	1825.70	1.70	4.94	7.98	torrentiel
	384.0	1824.20	1.89	4.51	7.17	torrentiel
goulotte	384.0	1824.20	1.89	4.51	7.16	torrentiel
	284.0	1822.70	1.96	4.41	6.93	torrentiel
goulotte	284.0	1822.70	1.96	4.40	6.93	torrentiel
	184.0	1821.20	1.97	4.38	6.87	torrentiel
goulotte	184.0	1821.20	1.97	4.38	6.87	torrentiel
	55.0	1819.41	2.03	4.31	6.69	torrentiel
goulott2	55.0	1819.41	2.03	4.31	6.69	torrentiel
	0.0	1806.93	0.91	12.13	14.84	torrentiel

Goulotte avec charriage K=40



DEBIT = 80.00 m³/s						
tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
SEUIL2	613.0	1832.00	2.25	2.56	2.46	fluvial
	612.0	1831.96	2.30	2.59	2.42	fluvial
cours1	612.0	1832.00	1.70	2.55	4.09	critique
	612.0	1832.00	1.65	2.56	4.21	torrentiel
	610.0	1831.00	0.99	3.52	7.05	torrentiel
cours2	610.0	1831.00	1.18	3.52	6.77	torrentiel
	608.0	1830.00	0.97	4.46	8.27	torrentiel
cours3	608.0	1830.00	1.17	4.46	8.03	torrentiel
	606.0	1829.00	1.02	5.38	9.26	torrentiel
cours4	606.0	1829.00	1.09	5.38	9.18	torrentiel
	604.0	1828.00	0.98	6.28	10.19	torrentiel
canal	604.0	1828.00	1.36	6.28	9.83	torrentiel
	484.0	1825.70	1.98	4.30	6.74	torrentiel
goulotte	484.0	1825.70	2.04	4.30	6.66	torrentiel
	384.0	1824.20	2.31	4.07	5.88	torrentiel
goulotte	384.0	1824.20	2.31	4.07	5.88	torrentiel
	297.6	1822.90	2.32	4.06	5.83	unif torrentiel
	284.0	1822.70	2.32	4.06	5.83	unif torrentiel
goulotte	284.0	1822.70	2.32	4.06	5.83	torrentiel
	184.0	1821.20	2.32	4.06	5.83	torrentiel
goulotte	184.0	1821.20	2.32	4.06	5.83	torrentiel
	55.0	1819.41	2.39	4.03	5.67	torrentiel
goulott2	55.0	1819.41	2.39	4.03	5.67	torrentiel
	0.0	1806.93	0.99	10.56	13.70	torrentiel

Goulotte aval confluence (sans charriage)



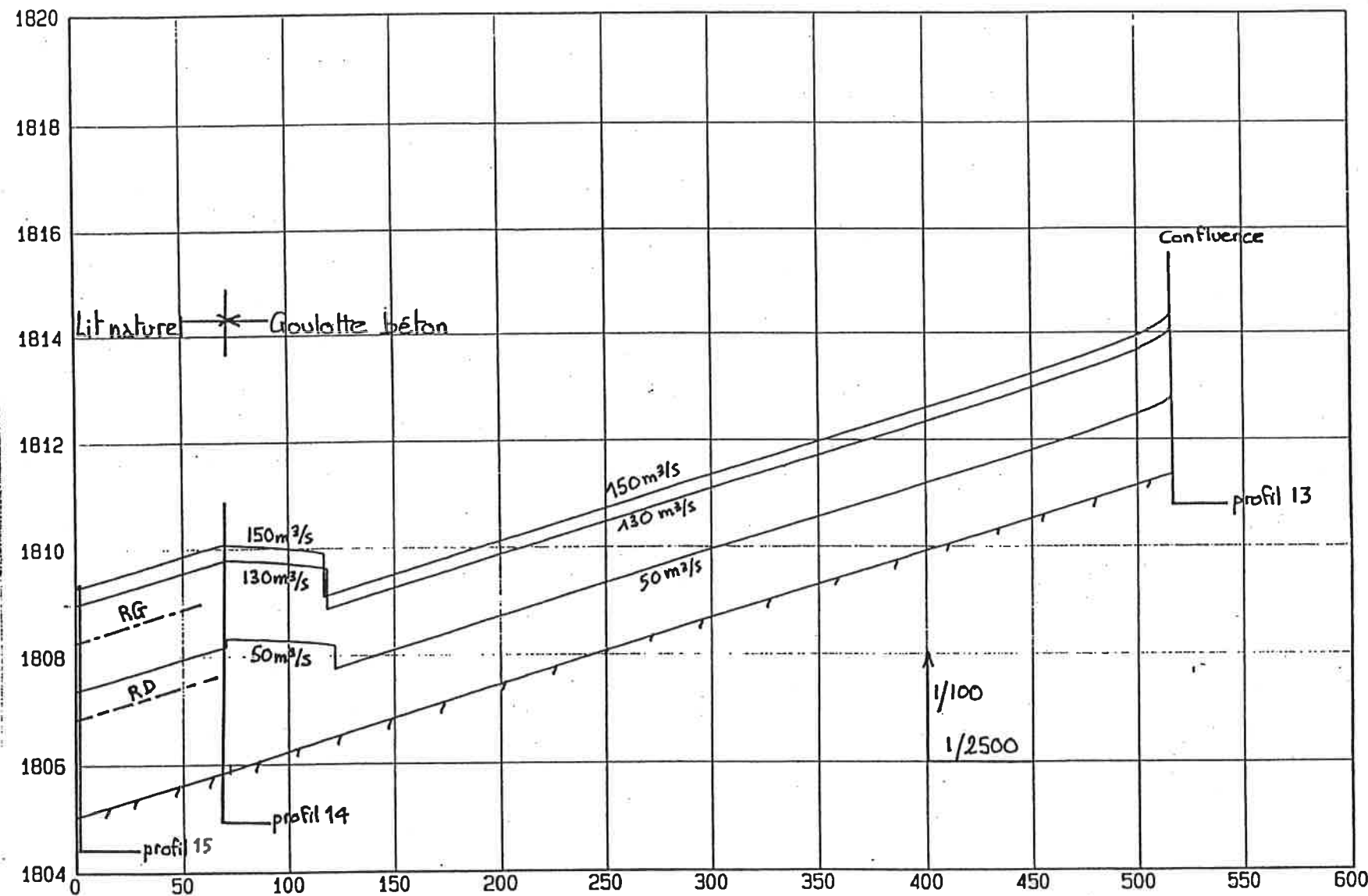
ISERE - Goulotte aval confluence - Non engravé -

DEBIT = 50.00 m³/s						
tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
goulam	516.0	1811.35	1.47	2.20	3.79	critique
	515.7	1811.35	1.42	2.20	3.93	torrentiel
	83.2	1806.02	0.88	2.91	6.31	ressaut franc
	83.2	1806.02	2.27	2.58	2.45	ressaut
	83.1	1806.02	2.27	2.58	2.44	fluvial
	70.0	1805.86	2.47	2.73	2.25	fluvial
goulav	70.0	1805.86	2.32	2.73	2.85	unif fluvial
	0.0	1805.04	2.32	2.73	2.85	unif fluvial

DEBIT = 130.00 m³/s						
tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
goulam	516.0	1811.35	2.77	4.16	5.21	critique
	515.9	1811.35	2.72	4.16	5.31	torrentiel
	70.0	1805.86	1.67	5.48	8.65	torrentiel
goulav	70.0	1805.86	2.16	5.48	8.07	torrentiel
	58.1	1805.72	2.56	4.72	6.50	ressaut ondulé
	58.1	1805.72	3.93	4.62	3.69	ressaut
	0.0	1805.04	3.93	4.62	3.69	unif fluvial

DEBIT = 150.00 m³/s						
tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
goulam	516.0	1811.35	3.05	4.57	5.47	critique
	515.9	1811.35	3.00	4.57	5.56	torrentiel
	70.0	1805.86	1.85	5.99	9.02	torrentiel
goulav	70.0	1805.86	2.33	5.99	8.48	torrentiel
	55.9	1805.69	2.80	5.09	6.71	ressaut ondulé
	55.9	1805.69	4.24	4.99	3.83	ressaut
	0.0	1805.04	4.24	4.99	3.83	unif fluvial

goulotte aval conf+charr



ISERE - Goulotte aval confluence - avec charrage

DEBIT = 50.00 m³/s

tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
goulam	516.0	1811.35	1.47	2.20	3.79	critique
	515.3	1811.34	1.42	2.20	3.93	torrentiel
	423.6	1810.21	1.26	2.25	4.40	unif torrentiel
	122.0	1806.50	1.26	2.25	4.40	ressaut ondulé
	122.0	1806.50	1.69	2.24	3.29	ressaut
	120.3	1806.48	1.72	2.25	3.22	fluvial
	70.0	1805.86	2.47	2.73	2.25	fluvial
goulav	70.0	1805.86	2.32	2.73	2.85	unif fluvial
	0.0	1805.04	2.32	2.73	2.85	unif fluvial

DEBIT = 80.00 m³/s

tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
goulam	516.0	1811.35	2.00	3.01	4.43	critique
	515.5	1811.34	1.95	3.01	4.55	torrentiel
	352.7	1809.34	1.73	3.08	5.15	unif torrentiel
	124.1	1806.53	1.73	3.08	5.15	ressaut ondulé
	124.1	1806.53	2.31	3.06	3.85	ressaut
	122.5	1806.51	2.34	3.08	3.79	fluvial
	70.0	1805.86	3.14	3.55	2.83	fluvial
goulav	70.0	1805.86	3.01	3.55	3.24	unif fluvial
	0.0	1805.04	3.01	3.55	3.24	unif fluvial

DEBIT = 130.00 m³/s

tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
goulam	516.0	1811.35	2.77	4.16	5.21	critique
	515.6	1811.35	2.72	4.16	5.31	torrentiel
	225.2	1807.77	2.41	4.24	5.99	unif torrentiel
	118.4	1806.46	2.41	4.24	5.99	ressaut ondulé
	118.4	1806.46	3.17	4.23	4.56	ressaut
	117.5	1806.44	3.18	4.23	4.54	fluvial
	70.0	1805.86	3.93	4.62	3.67	fluvial
goulav	70.0	1805.86	3.93	4.62	3.69	unif fluvial
	0.0	1805.04	3.93	4.62	3.69	unif fluvial

DEBIT = 150.00 m³/s

tronçon	abscisse (m)	z fond (NGF)	hauteur (m)	charge (m)	vitesse (m/s)	régime
goulam	516.0	1811.35	3.05	4.57	5.47	critique
	515.7	1811.35	3.00	4.57	5.56	torrentiel
	301.3	1808.71	2.66	4.66	6.25	unif torrentiel
	116.8	1806.44	2.66	4.66	6.25	ressaut ondulé
	116.8	1806.44	3.47	4.65	4.81	ressaut
	114.3	1806.41	3.52	4.66	4.74	fluvial
	70.0	1805.86	4.22	5.01	3.95	fluvial
goulav	70.0	1805.86	4.24	4.99	3.83	unif fluvial
	0.0	1805.04	4.24	4.99	3.83	unif fluvial

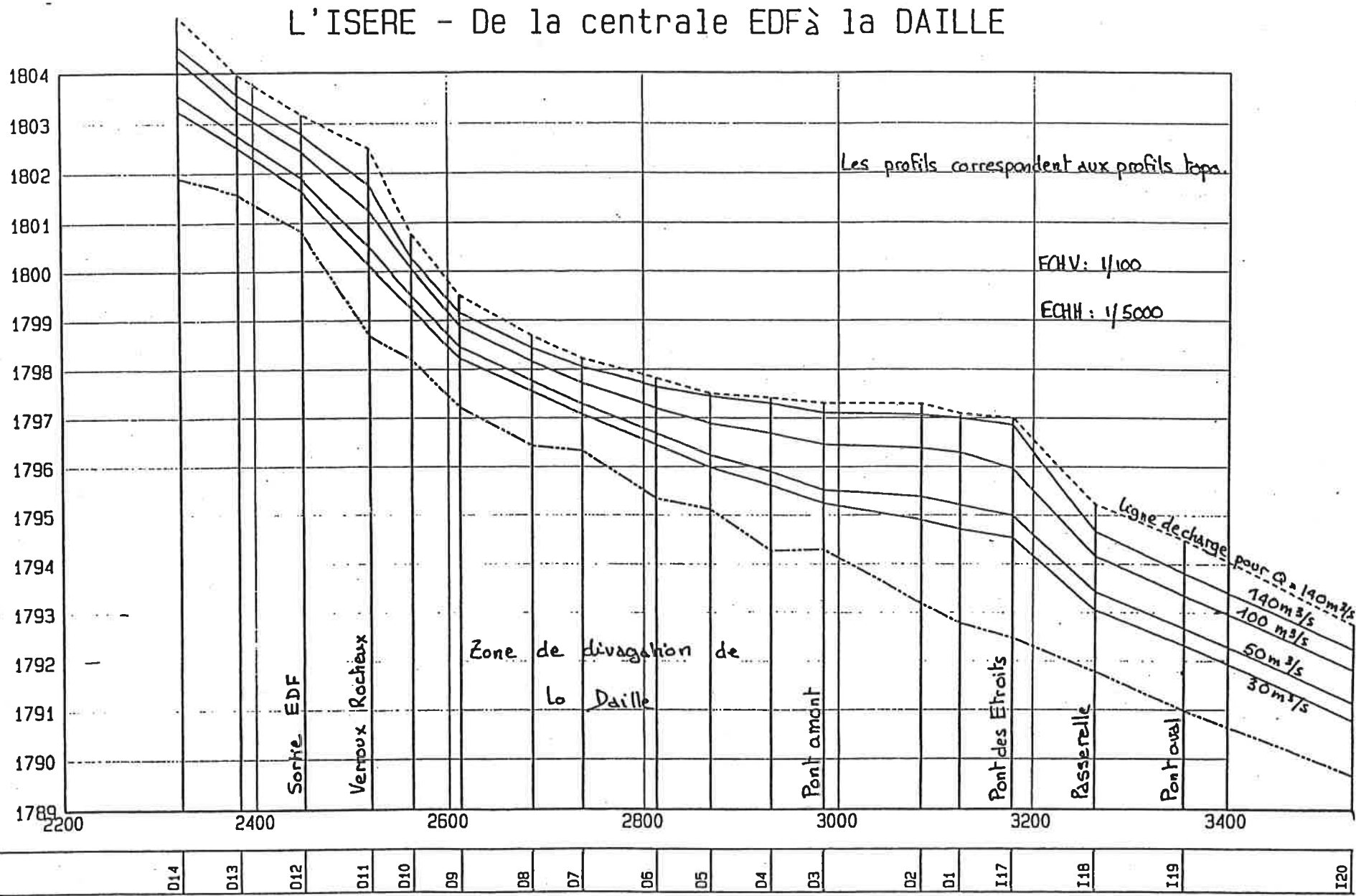
Calcul n° 4 De la centrale à la DAILLE

eau n° 3

POINT	PK (Km)	DEBIT (m3/s)	NIVEAU (m)	VITESSE (m/s)	CHARGE (m)
D14	2.321	100.00	1804.26	3.13	1804.76
D13	2.383	100.00	1803.25	2.72	1803.62
D12	2.451	100.00	1802.43	2.56	1802.76
D11	2.519	100.00	1801.23	3.88	1802.00
D10	2.562	100.00	1800.05	2.86	1800.47
D9	2.612	100.00	1798.89	2.41	1799.18
D8	2.686	100.00	1798.16	2.04	1798.37
D7	2.738	100.00	1797.72	1.80	1797.88
D6	2.813	100.00	1797.20	1.96	1797.40
D5	2.867	100.00	1796.89	1.16	1796.96
D4	2.929	100.00	1796.69	1.52	1796.80
D3	2.984	100.00	1796.46	1.87	1796.64
D2	3.084	100.00	1796.38	2.25	1796.64
D1	3.123	100.00	1796.29	1.38	1796.39
I17	3.178	100.00	1795.96	2.47	1796.28
I18	3.265	100.00	1794.16	3.10	1794.65
I19	3.355	100.00	1793.36	3.16	1793.86
I20	3.530	100.00	1791.83	2.81	1792.23

eau n° 4

POINT	PK (Km)	DEBIT (m3/s)	NIVEAU (m)	VITESSE (m/s)	CHARGE (m)
D14	2.321	140.00	1804.53	3.40	1805.12
D13	2.383	140.00	1803.56	2.81	1803.96
D12	2.451	140.00	1802.78	2.75	1803.17
D11	2.519	140.00	1801.75	3.83	1802.50
D10	2.562	140.00	1800.27	3.14	1800.77
D9	2.612	140.00	1799.16	2.64	1799.51
D8	2.686	140.00	1798.44	2.21	1798.69
D7	2.738	140.00	1798.05	1.85	1798.23
D6	2.813	140.00	1797.64	1.87	1797.82
D5	2.867	140.00	1797.44	1.08	1797.50
D4	2.929	140.00	1797.30	1.50	1797.41
D3	2.984	140.00	1797.11	1.96	1797.30
D2	3.084	140.00	1797.06	2.07	1797.28
D1	3.123	140.00	1797.00	1.34	1797.09
I17	3.178	140.00	1796.86	1.70	1797.00
I18	3.265	140.00	1794.67	3.30	1795.22
I19	3.355	140.00	1793.81	3.66	1794.49
I20	3.530	140.00	1792.26	3.17	1792.77



Calabourdane AVAL

Calcul n° 5 Calabourdane aval dalot Matiere

eau n° 1

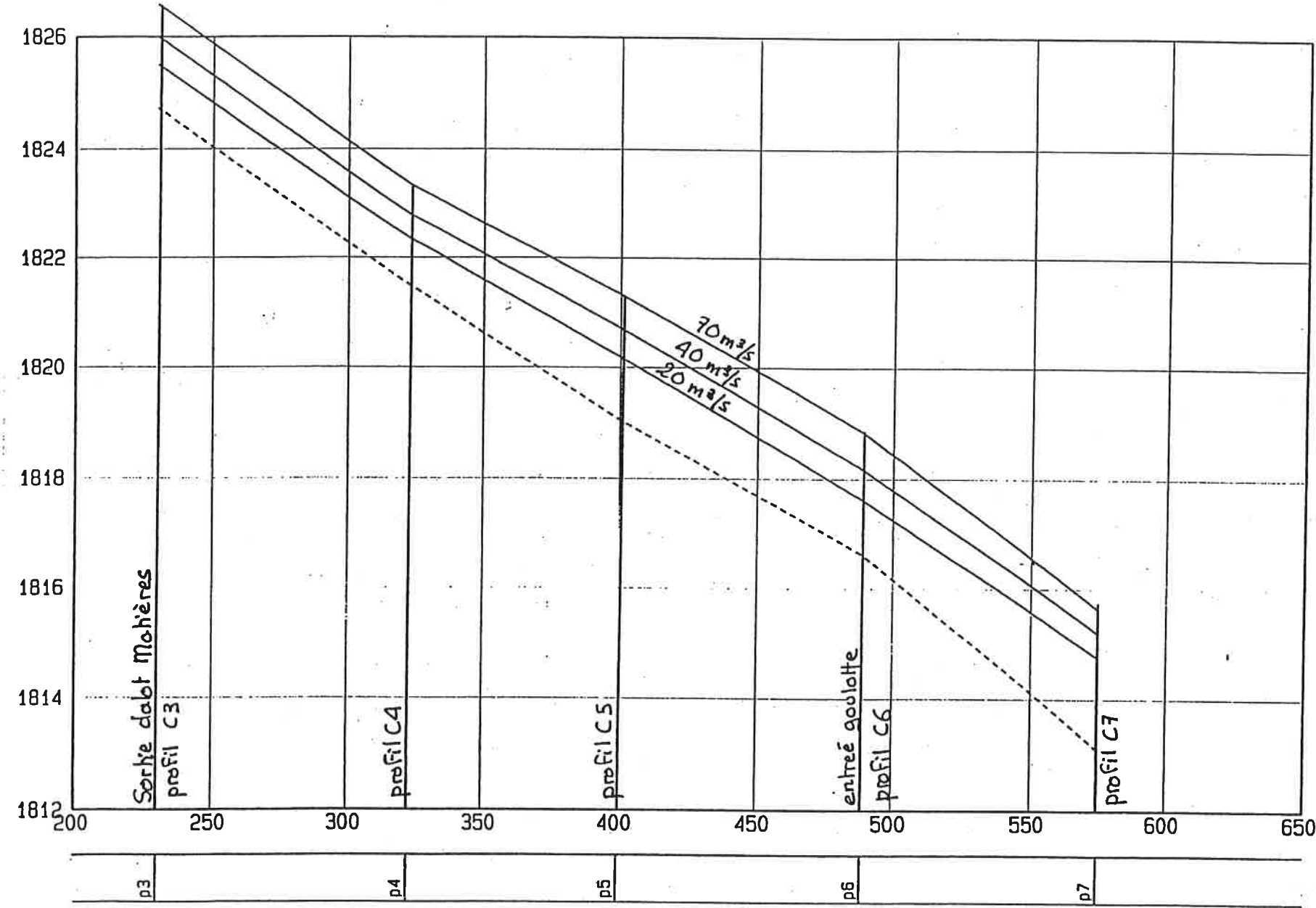
POINT	PK (Km)	DEBIT (m3/s)	NIVEAU (m)	VITESSE (m/s)	CHARGE (m)
p3	0.230	20.00	1825.50	2.85	1825.92
p4	0.322	20.00	1822.36	2.75	1822.75
p5	0.400	20.00	1820.19	2.90	1820.62
p6	0.489	20.00	1817.62	3.05	1818.09
p7	0.575	20.00	1814.75	2.05	1814.96

eau n° 2

POINT	PK (Km)	DEBIT (m3/s)	NIVEAU (m)	VITESSE (m/s)	CHARGE (m)
p3	0.230	40.00	1826.00	3.43	1826.60
p4	0.322	40.00	1822.81	3.43	1823.41
p5	0.400	40.00	1820.72	3.43	1821.32
p6	0.489	40.00	1818.17	3.84	1818.92
p7	0.575	40.00	1815.20	3.22	1815.73

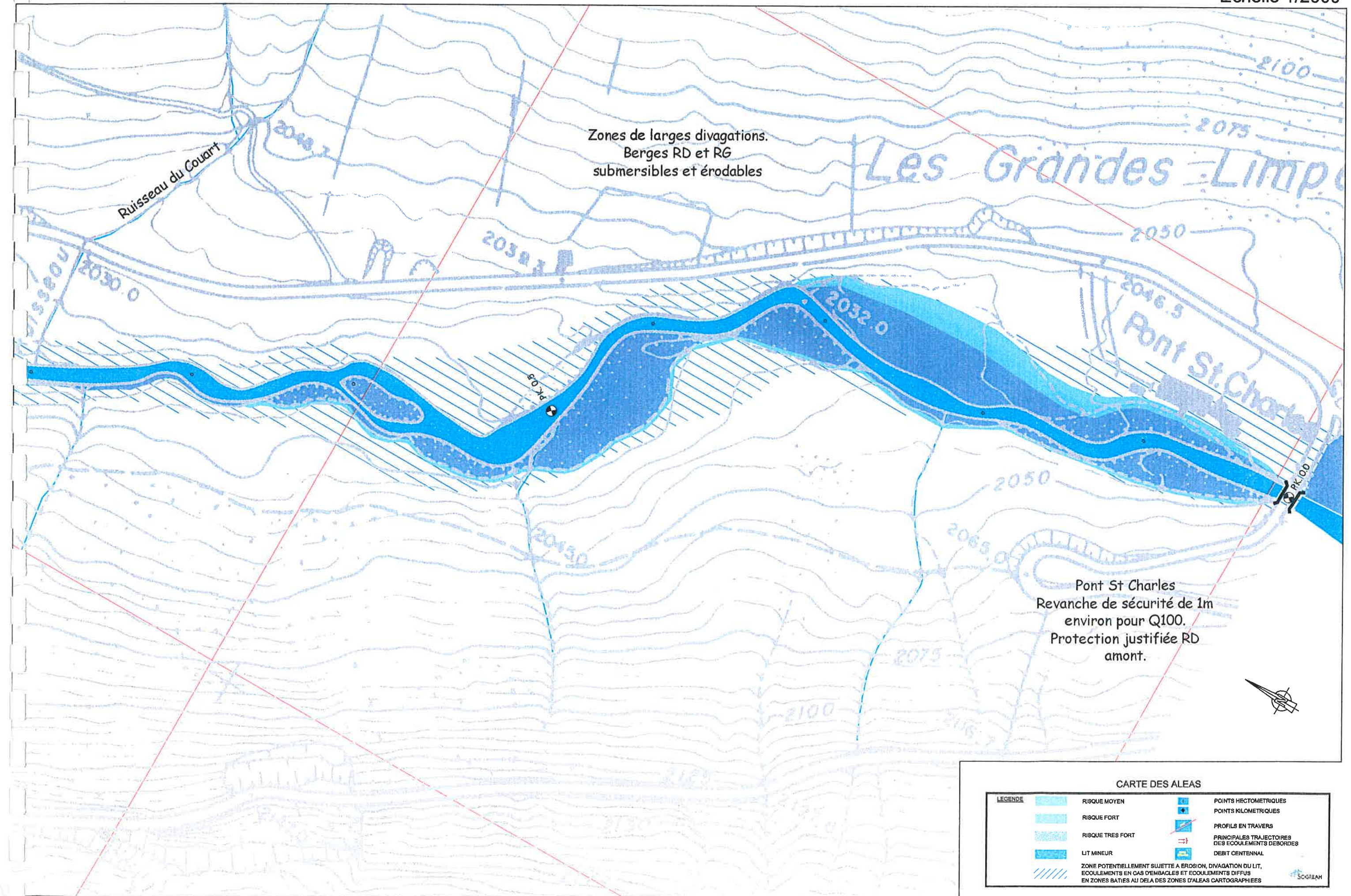
eau n° 3

POINT	PK (Km)	DEBIT (m3/s)	NIVEAU (m)	VITESSE (m/s)	CHARGE (m)
p3	0.230	70.00	1826.57	3.96	1827.37
p4	0.322	70.00	1823.37	4.04	1824.20
p5	0.400	70.00	1821.33	3.53	1821.96
p6	0.489	70.00	1818.84	4.63	1819.94
p7	0.575	70.00	1815.63	4.67	1816.74



ISERE AMONT

Feuille 1
Echelle 1/2000



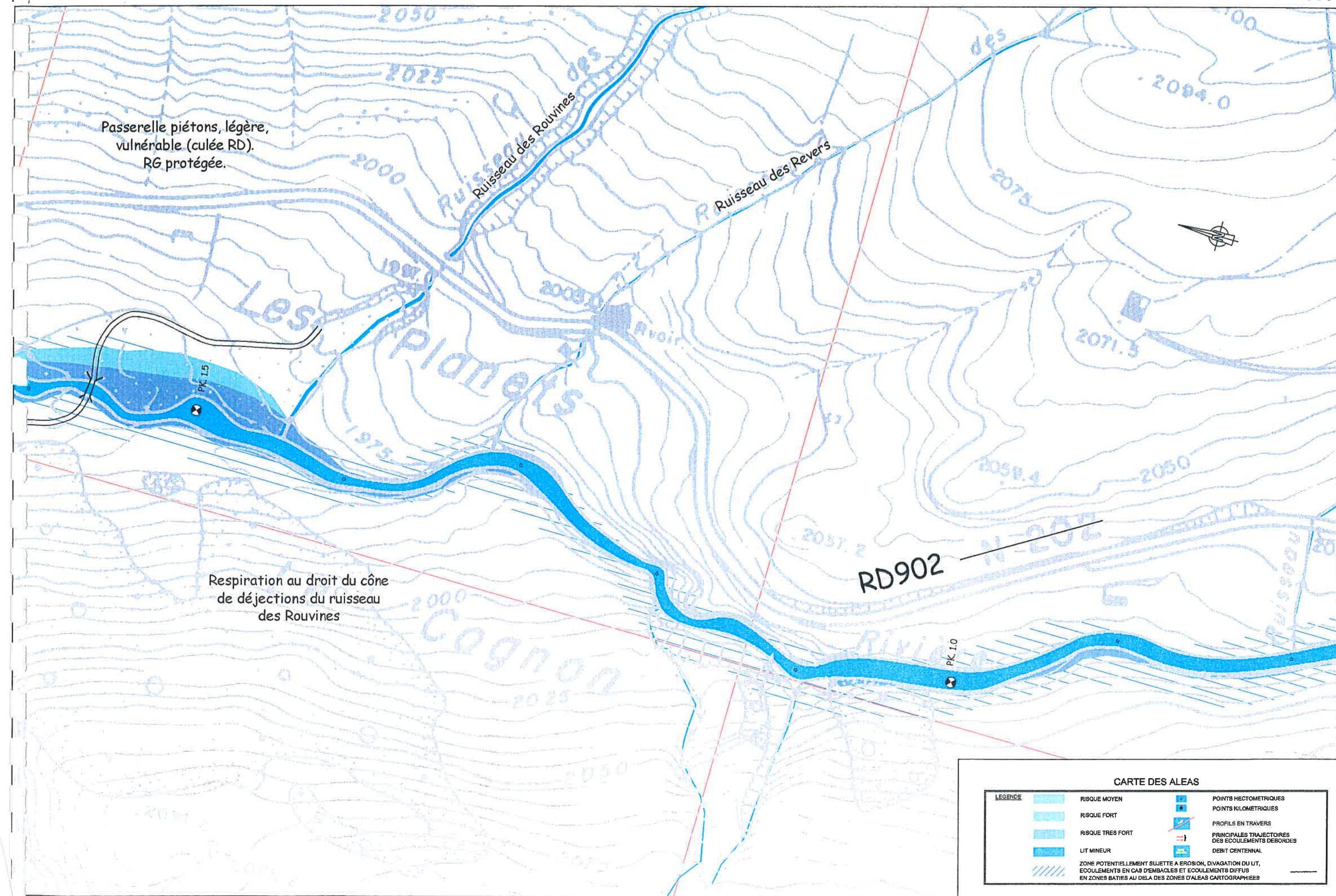
CARTE DES ALEAS

LEGENDE	
	RISQUE MOYEN
	RISQUE FORT
	RISQUE TRES FORT
	LIT MINEUR
	ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT, ECOULEMENTS EN CAS D'EMBACLES ET ECOULEMENTS DIFFUS EN ZONES BATIES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES
	POINTS HECTOMETRIQUES
	POINTS KILOMETRIQUES
	PROFILS EN TRAVERS
	PRINCIPALES TRAJECTOIRES DES ECOULEMENTS DEBORDES
	DEBIT CENTENAL

SOGREAH

Feuille 2
Echelle 1/2000

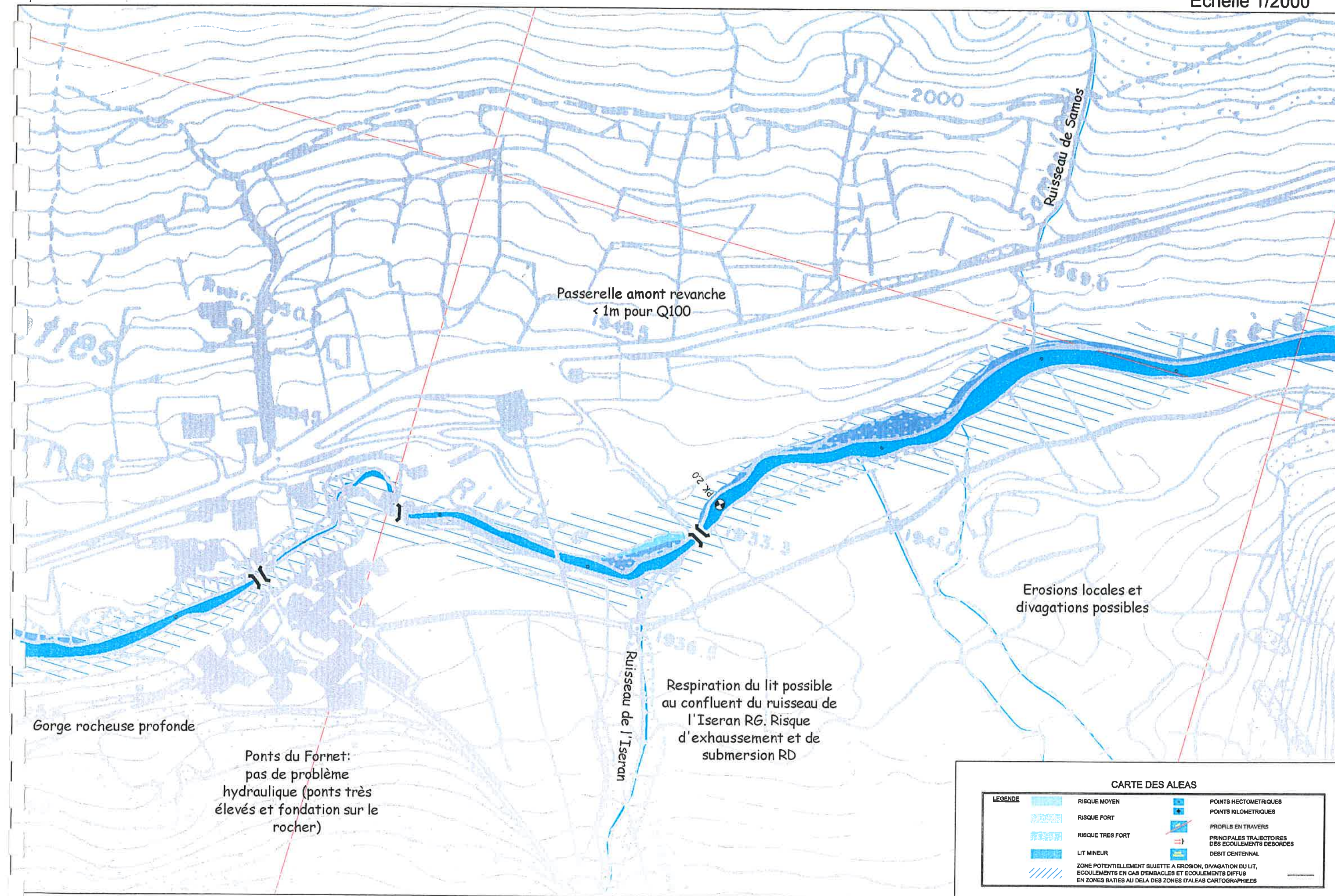
Echelle 1/2000





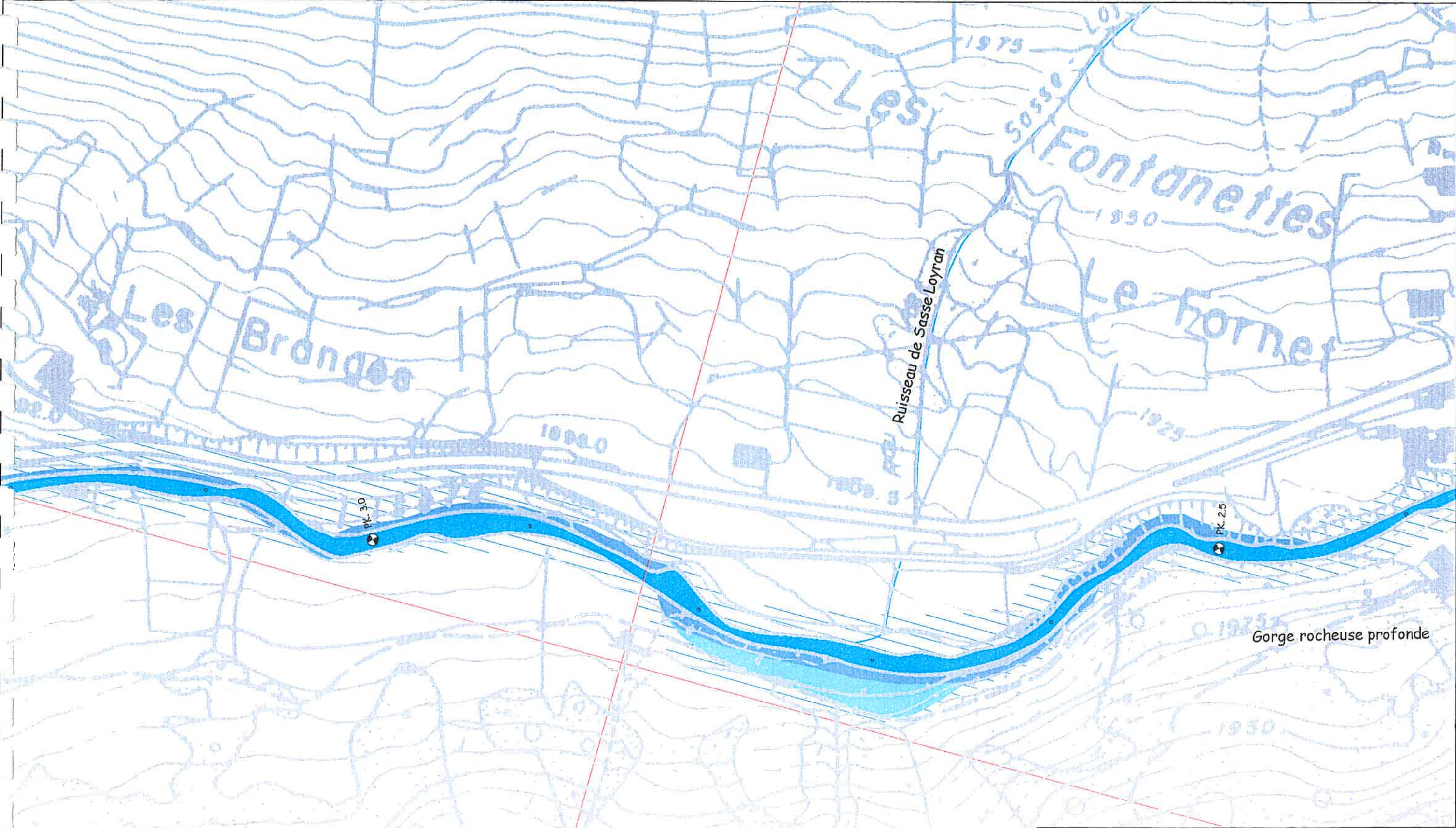
ISERE AMONT

Feuille 3
Echelle 1/2000



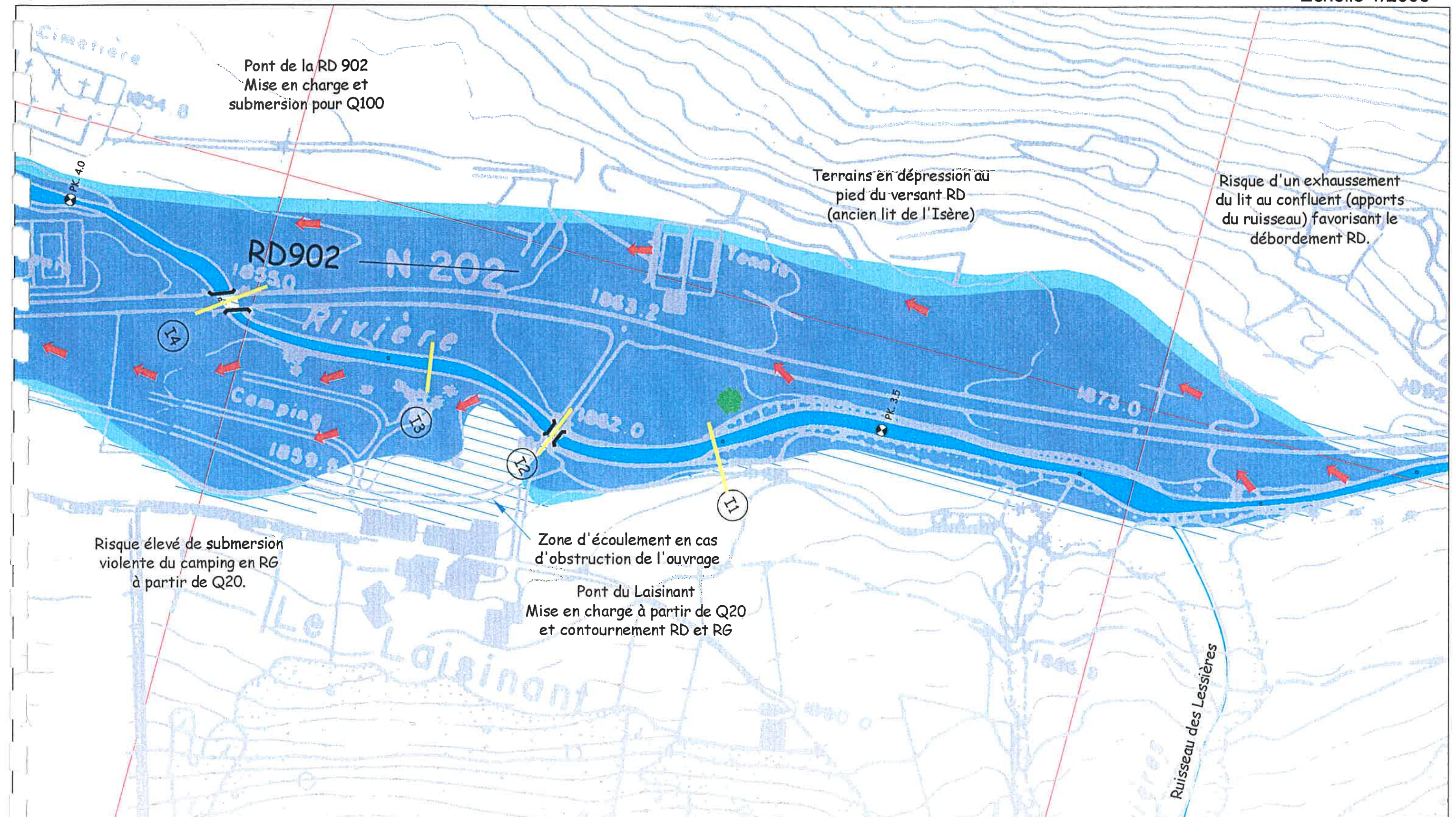
CARTE DES ALEAS

LEGENDE			
	RISQUE MOYEN		POINTS HECTOMETRIQUES
	RISQUE FORT		POINTS KILOMETRIQUES
	RISQUE TRES FORT		PROFILS EN TRAVERS
	LIT MINEUR		PRINCIPALES TRAJECTOIRES DES ECOULEMENTS DEBORDES
	ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT, ECOULEMENTS EN CAS D'EMBACLES ET ECOULEMENTS DIFFUS EN ZONES BATIES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES		DEBIT CENTENAL



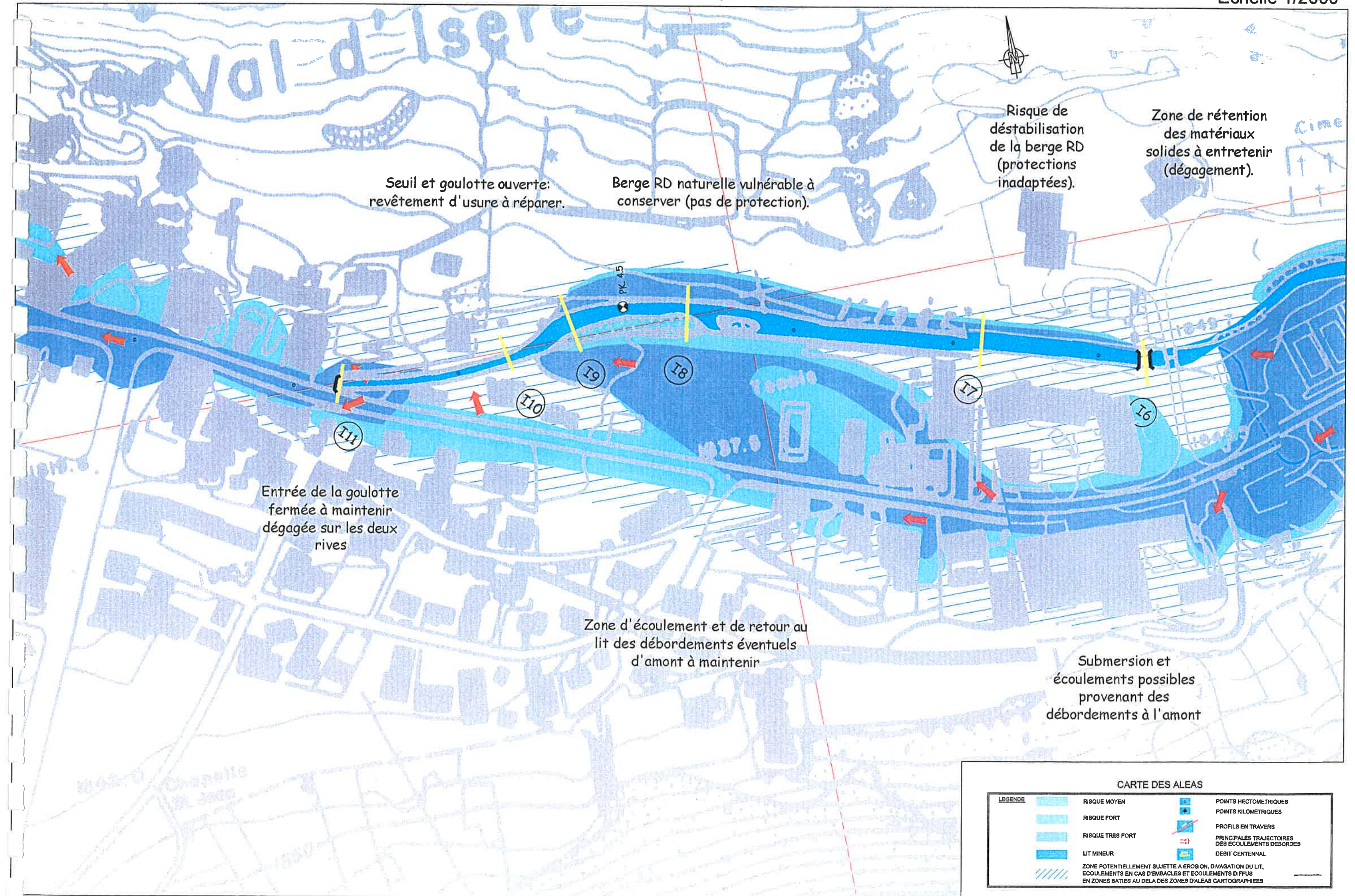
CARTE DES ALEAS

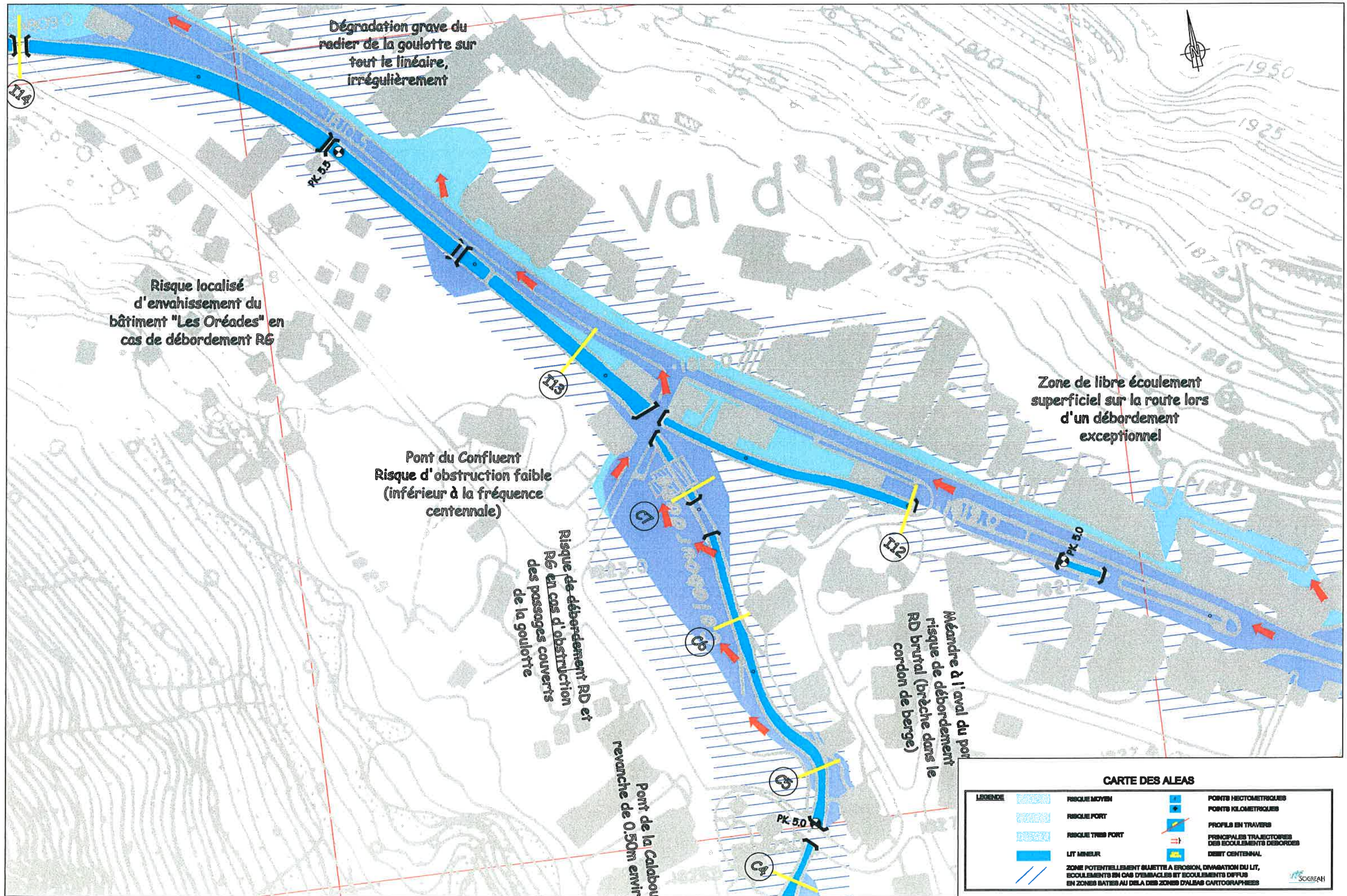
LEGENDE	RISQUE MOYEN	POINTS HECTOMETRIQUES
RISQUE FORT	POINTS KILOMETRIQUES	PROFILS EN TRAVERS
RISQUE TRES FORT	PRINCIPALES TRAJECTOIRES DES ECOULEMENTS DEBORDES	DEBIT CENTENAL
LIT MINEUR	ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT, ECOULEMENTS EN CAS D'EMBACLES ET ECOULEMENTS DIFFUS EN ZONES BATIES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES	

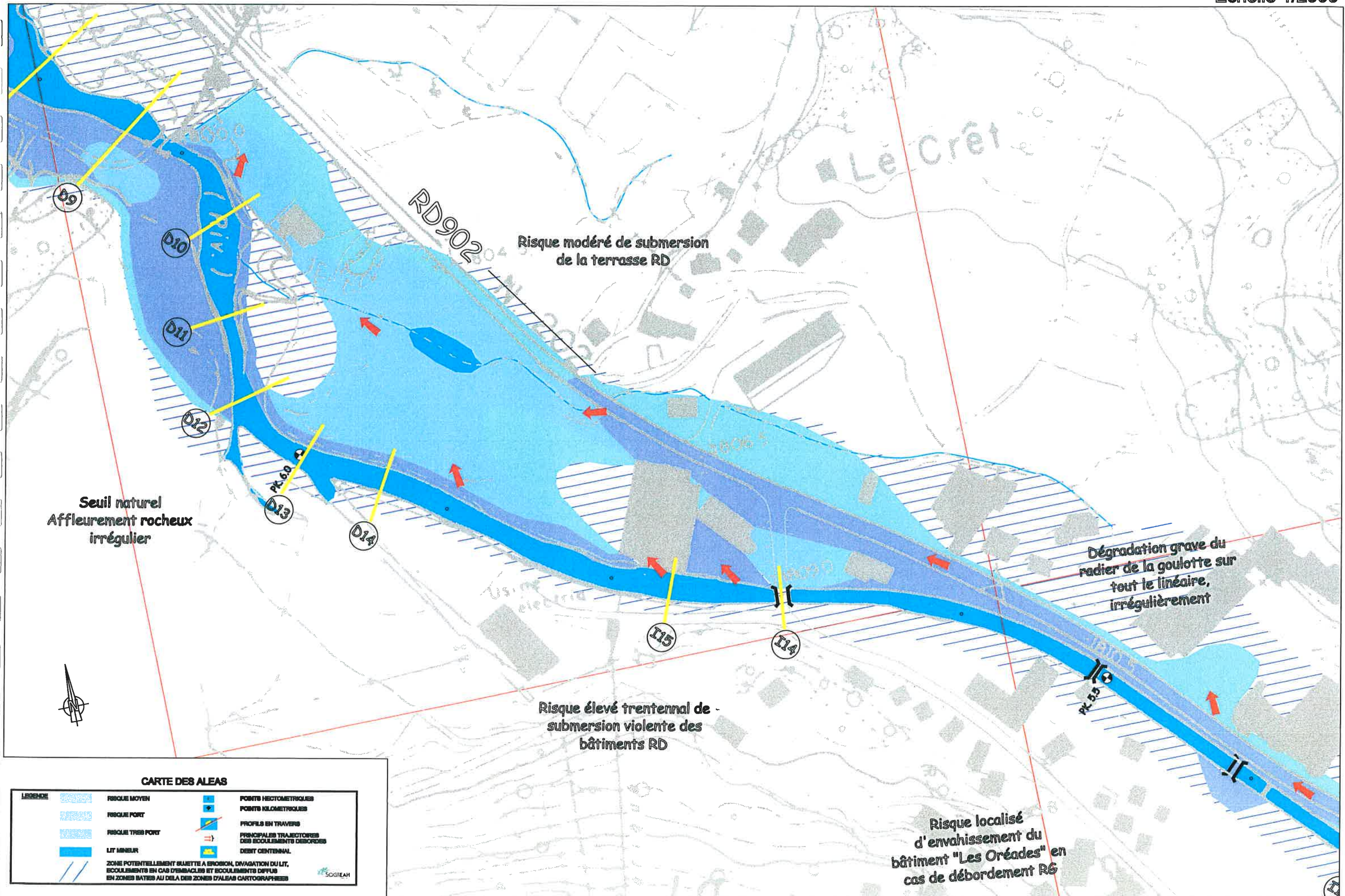


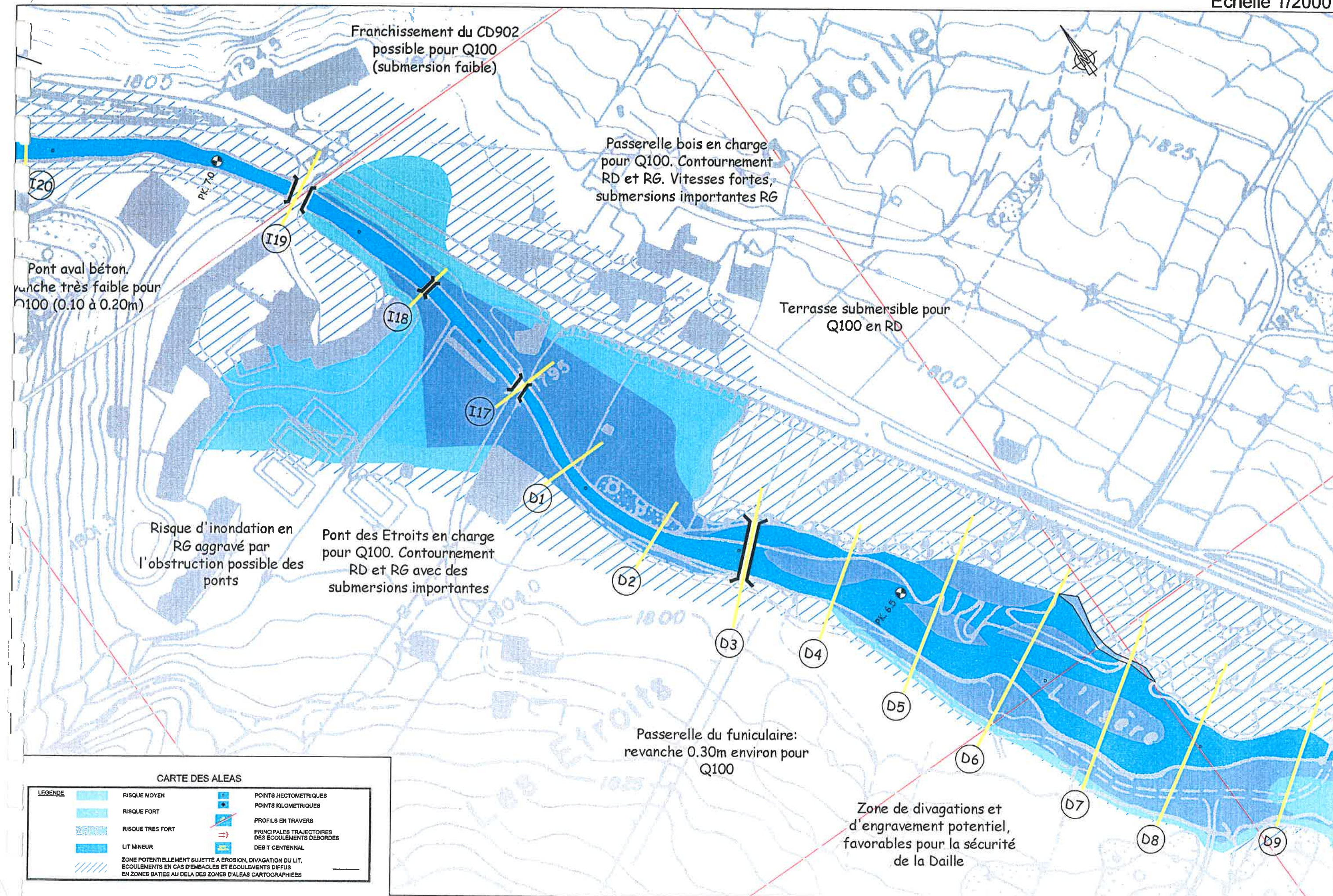
CARTE DES ALEAS

LEGENDE	
	RISQUE MOYEN
	RISQUE FORT
	RISQUE TRES FORT
	LIT MINEUR
	ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT, ECOULEMENTS EN CAS D'EMBACLES ET ECOULEMENTS DIFFUS EN ZONES BATES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES
	POINTS HECTOMETRIQUES
	POINTS KILOMETRIQUES
	PROFILS EN TRAVERS
	PRINCIPALES TRAJECTOIRES DES ECOULEMENTS DEBORDES
	DEBIT CENTENAL











Lit encaissé stable.
Queue de retenue du
Barrage de Tignes

RD902

Franchissement du CD902
possible pour Q100
(submersion faible)

Pont aval béton.
Revanche très faible pour
Q100 (0.10 à 0.20m)

Risque d'inondation en
RG aggravé par
l'obstruction possible des
ponts

Pont des Etroits en charge
pour Q100. Contournement
RD et RG avec des
submersions importantes

CARTE DES ALEAS

LEGENDE

RISQUE MOYEN

RISQUE FORT

RISQUE TRES FORT

LIT MINEUR

ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT,
ECOULEMENTS EN CAS D'EMBAGLES ET ECOULEMENTS DIFFUS
EN ZONES BATIES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES

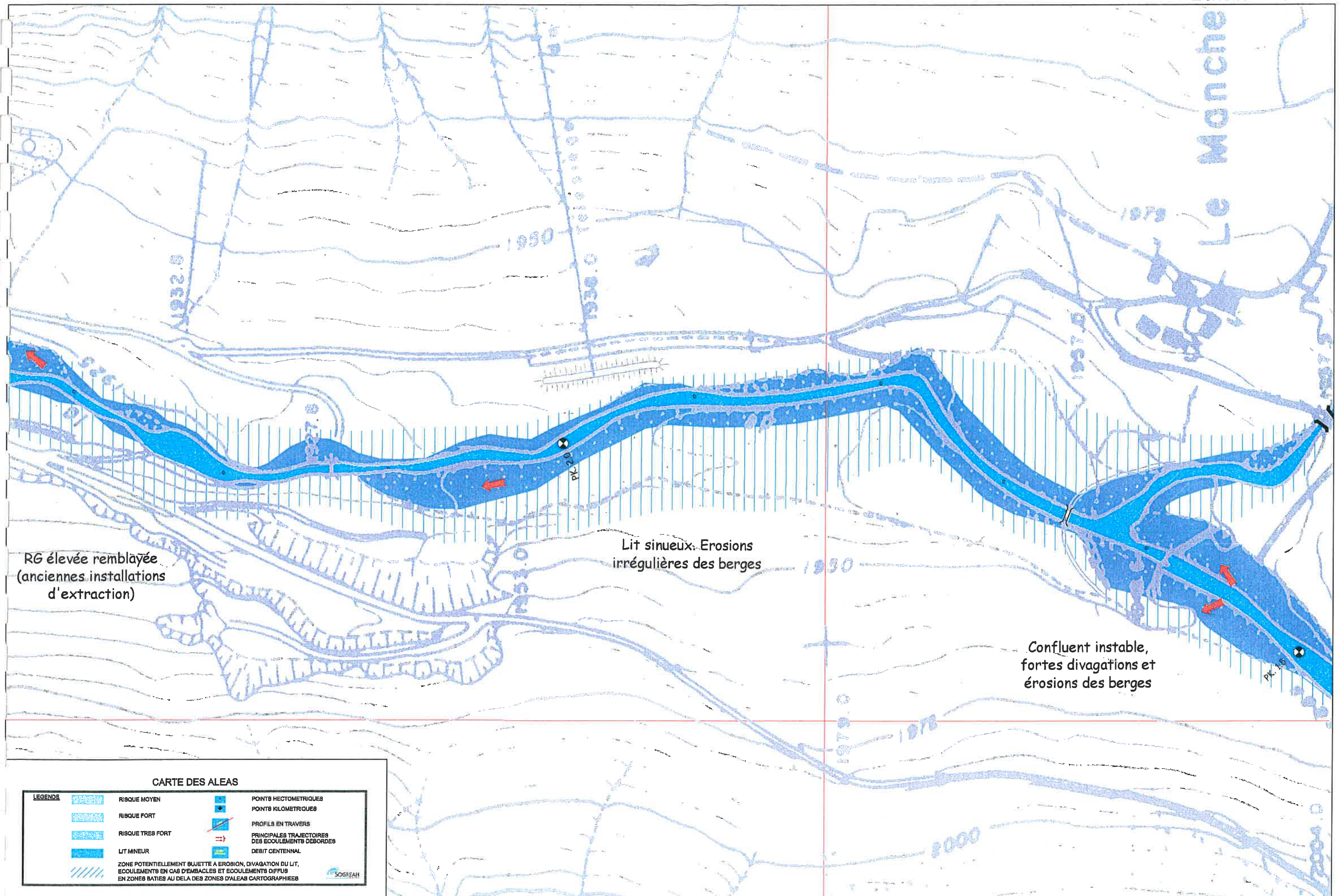
POINTS HECTOMETRIQUES

POINTS KILOMETRIQUES

PROFILS EN TRAVERS

PRINCIPALES TRAJECTOIRES
DES ECOULEMENTS DEBORDES

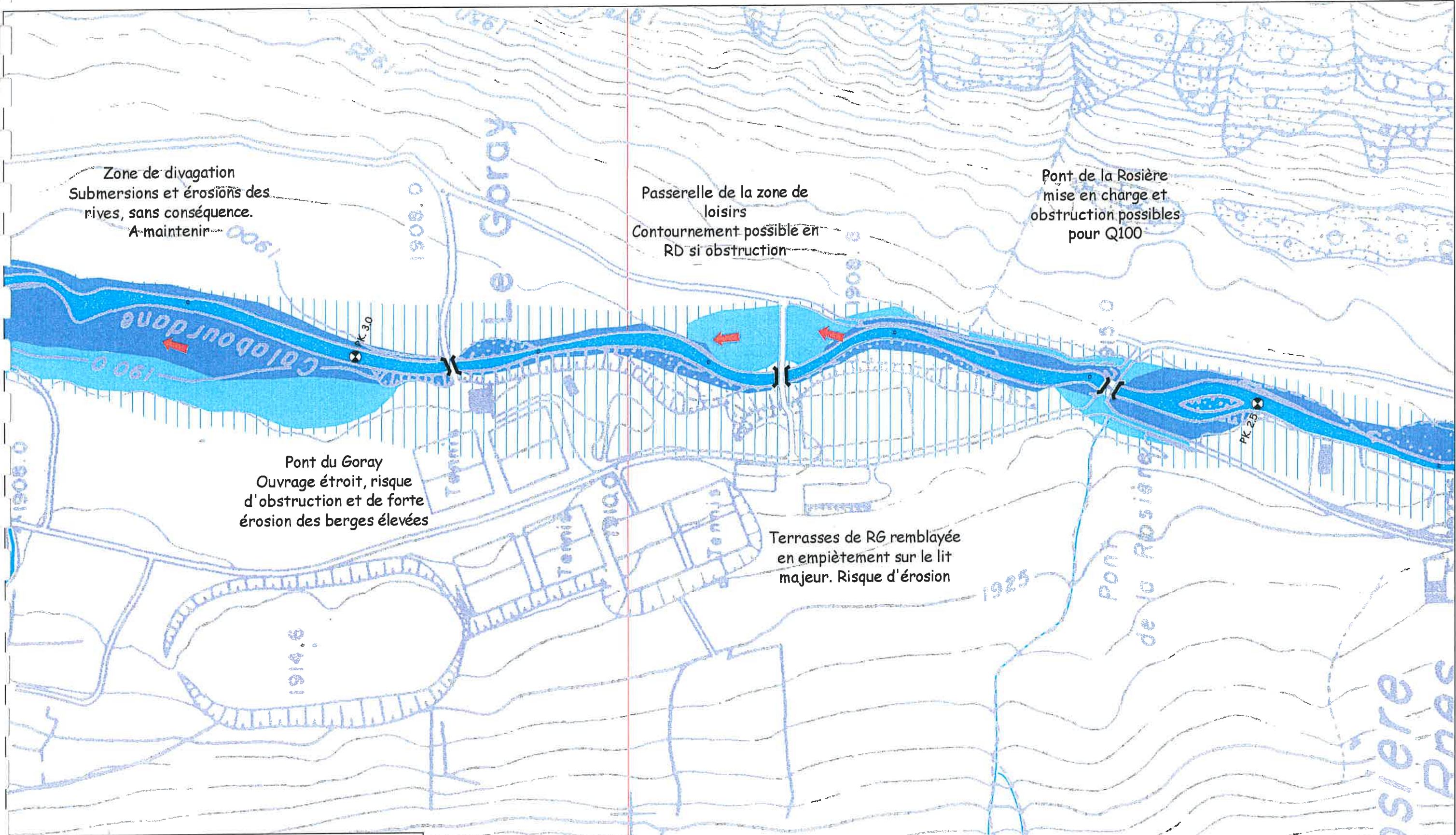
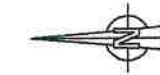
DEBIT CENTENAL



CARTE DES ALEAS

LEGENDE	
	RISQUE MOYEN
	RISQUE FORT
	RISQUE TRES FORT
	LIT MINEUR
	ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT, ECOULEMENTS EN CAS D'EMBACLES ET ECOULEMENTS DIFFUS EN ZONES BATIES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES
	POINTS HECTOMETRIQUES
	POINTS KILOMETRIQUES
	PROFILS EN TRAVERS
	PRINCIPALES TRAJECTOIRES DES ECOULEMENTS DEBORDES
	DEBIT CENTENNAL

SOGREAH



Zone de divagation
Submersions et érosions des
rives, sans conséquence.
A-maintenir

Passerelle de la zone de
loisirs
Contournement possible en
RD si obstruction

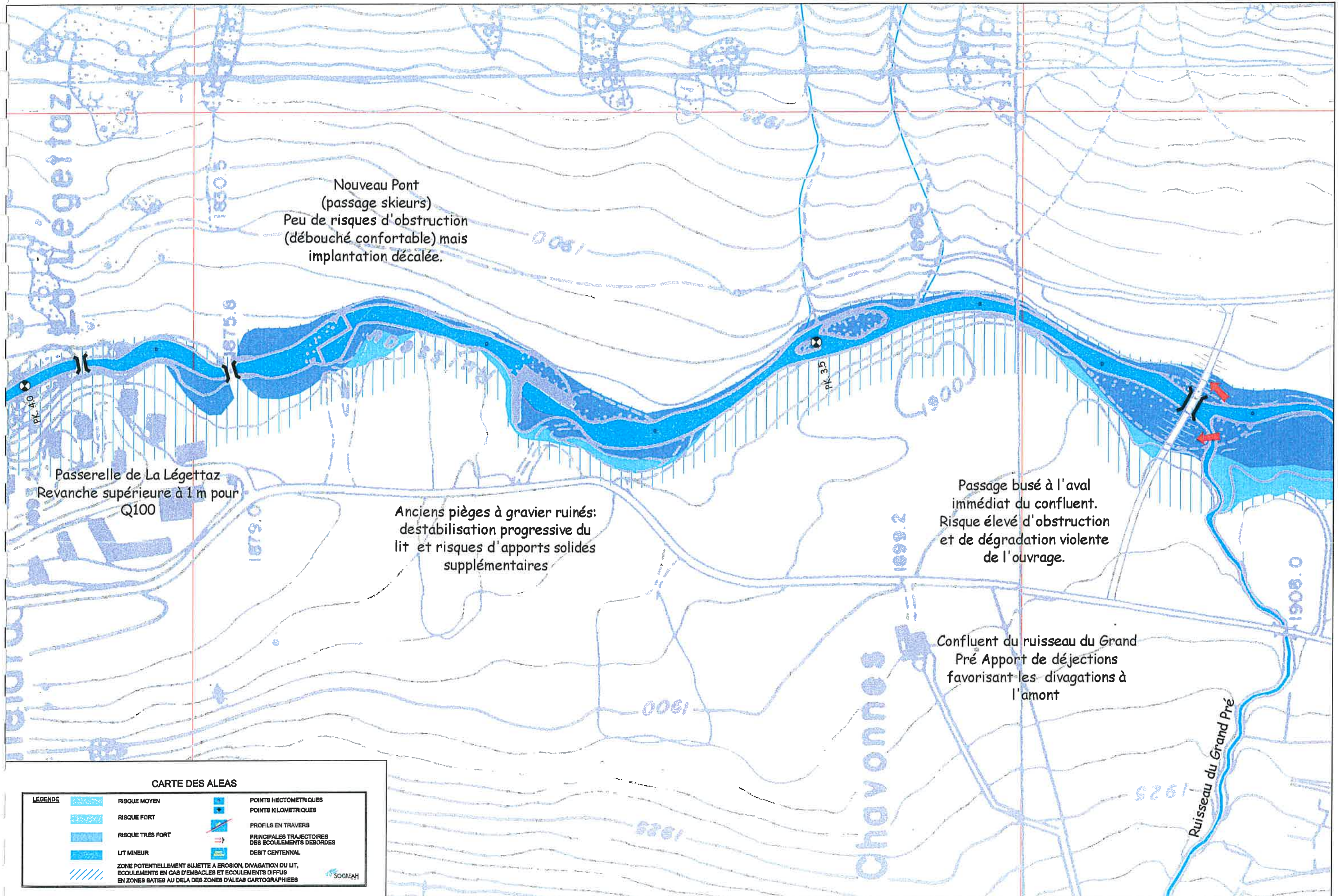
Pont de la Rosière
mise en charge et
obstruction possibles
pour Q100

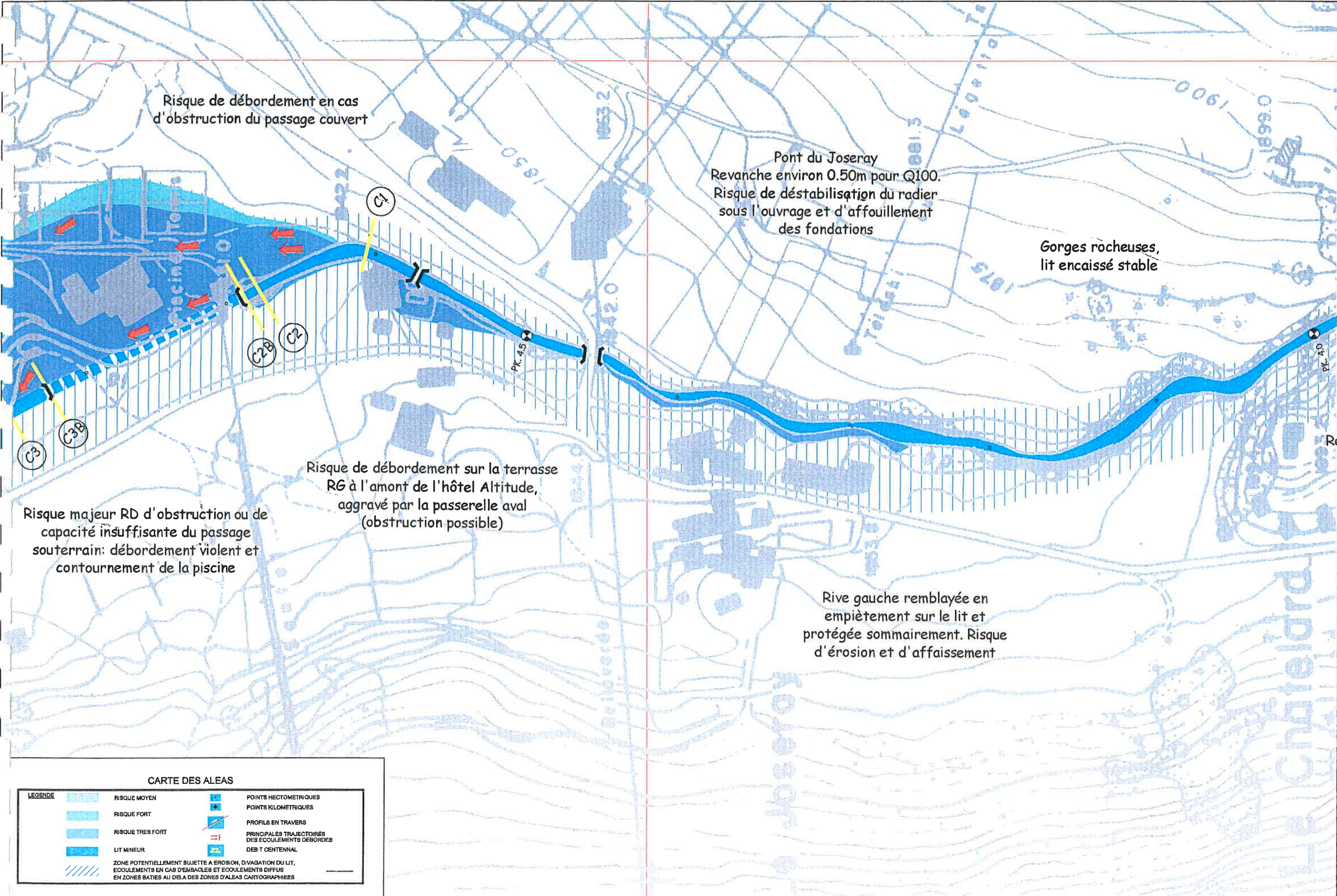
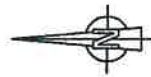
Pont du Goray
Ouvrage étroit, risque
d'obstruction et de forte
érosion des berges élevées

Terrasses de RG remblayée
en empiètement sur le lit
majeur. Risque d'érosion

CARTE DES ALEAS

LEGENDE	
	RISQUE MOYEN
	RISQUE FORT
	RISQUE TRES FORT
	LIT MINEUR
	ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT, ECOULEMENTS EN CAS D'EMBACLES ET ECOULEMENTS DIFFUS EN ZONES BATIES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES
	POINTS HECTOMETRIQUES
	POINTS KILOMETRIQUES
	PROFILS EN TRAVERS
	PRINCIPALES TRAJECTOIRES DES ECOULEMENTS DEBORDES
	DEBIT CENTENAL





Risque de débordement en cas d'obstruction du passage couvert

Pont du Joseray
Revanche environ 0.50m pour Q100.
Risque de déstabilisation du radier sous l'ouvrage et d'affouillement des fondations

Gorges rocheuses, lit encaissé stable

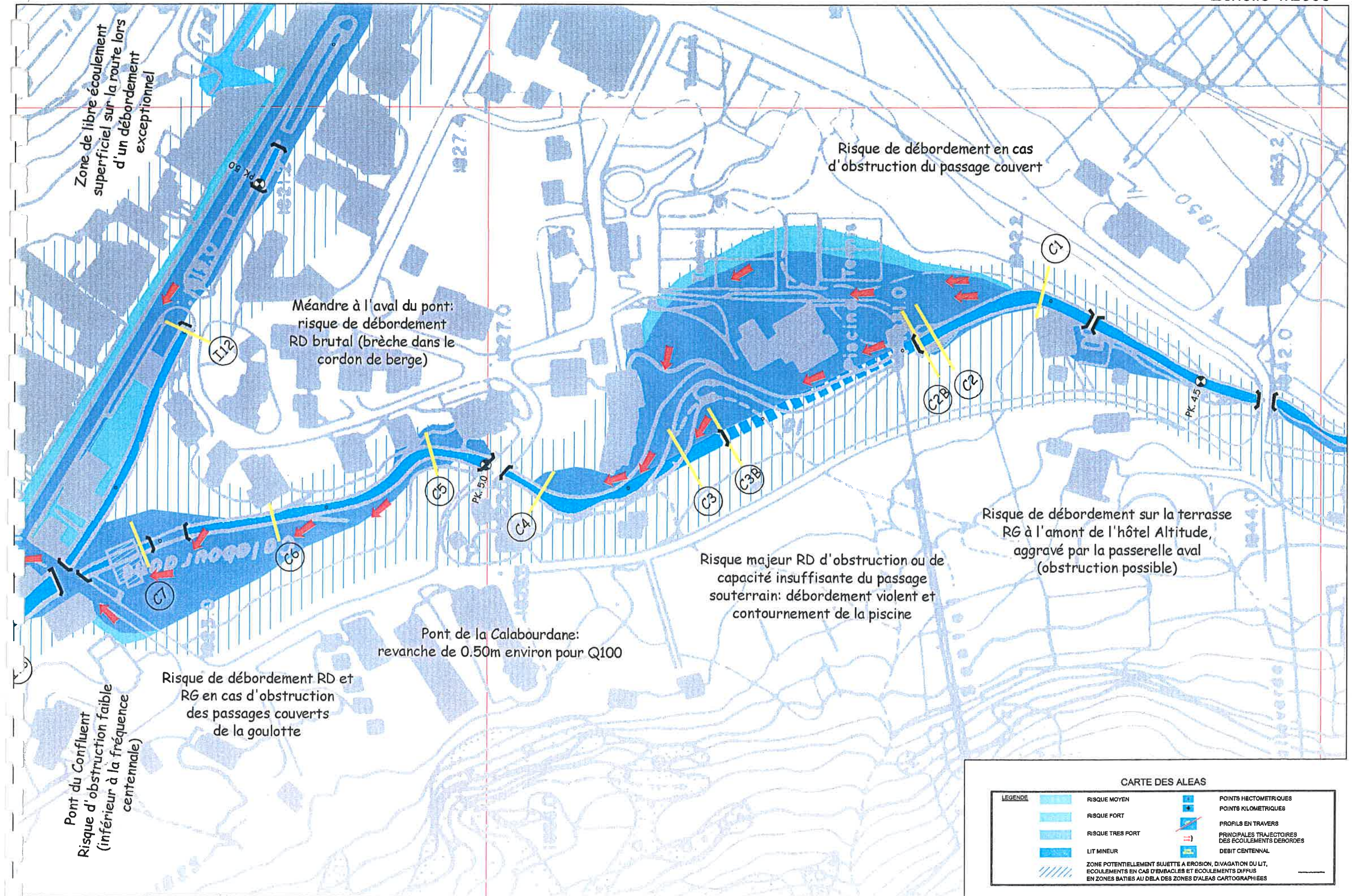
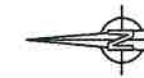
Risque de débordement sur la terrasse RG à l'amont de l'hôtel Altitude, aggravé par la passerelle aval (obstruction possible)

Risque majeur RD d'obstruction ou de capacité insuffisante du passage souterrain: débordement violent et contournement de la piscine

Rive gauche remblayée en empiètement sur le lit et protégée sommairement. Risque d'érosion et d'affaissement

CARTE DES ALEAS

LEGENDE			
	RISQUE MOYEN		POINTS HECTOMETRIQUES
	RISQUE FORT		POINTS KILOMETRIQUES
	RISQUE TRES FORT		PROFILS EN TRAVERS
	LIT MINEUR		PRINCIPALES TRAJECTOIRES DES ECOULEMENTS DEBORGES
	ZONE POTENTIELLEMENT SUJETTE A EROSION, DIVAGATION DU LIT, ECOULEMENTS EN CAS D'EMBACLETS ET ECOULEMENTS DIFFUS EN ZONES BATIES AU DELA DES ZONES D'ALEAS CARTOGRAPHIEES		DEB T CENTENAL



PREFECTURE DE LA SAVOIE

COMMUNE DE VAL D'ISERE

Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles Volet Inondation

3. Carte des enjeux

Présentation

Zonage des enjeux :

Nature des risques pris en compte : inondation par l'Isère et la Calabourdane
Nature des enjeux : urbanisation

DECEMBRE 2005



**Direction Départementale de
l'Équipement de la Savoie**
Service de l'Habitat et de
l'Environnement
L'Adret
1, rue des Cévennes – BP 1106
73011 CHAMBERY cedex
Tél : 04.79.71.74.47



**Direction Départementale
de l'Agriculture et de la
Forêt de la Savoie**
RTM
83 Avenue de Lyon
73018 Chambéry Cédex
Tél : 04.79.69.93.48



Agence de Chambéry
254 Route d'apremont
73490 La Ravoire
Tél : 04.79.70.61.31



**Direction Régionale
de l'Environnement
Rhône Alpes**
19, rue de la Villette
69003 LYON
Tél : 04.72.13.83.13

SOMMAIRE

1. NOTE DE PRESENTATION.....

1.1. METHODOLOGIE

1.2. LES ENJEUX.....

1.2.1. ENJEUX HUMAINS.....

1.2.2. LES ACTIVITES ECONOMIQUES

1.2.3. LES ACTIVITES SPORTIVES, TOURISTIQUES ET DE LOISIRS

1.2.4. LES EQUIPEMENTS PUBLICS

1.2.5. LE CHAMP D'EXPANSION DES CRUES.....

1.3. GESTION DU TERRITOIRE, LES DOCUMENTS D'URBANISME

1.3.1. LES DOCUMENTS D'URBANISME.....

1.3.2. LES ENJEUX FUTURS IDENTIFIES.....

1

1

1

1

1

1

2

2

2

2

2

2

2

2

oOo

1. NOTE DE PRESENTATION

1.1. METHODOLOGIE

Une des préoccupations essentielles dans l'élaboration du projet PPR consiste à apprécier les enjeux, c'est-à-dire les modes d'occupation et d'utilisation du territoire dans la zone à risques. Cette démarche a pour objectifs :

- a. L'identification d'un point de vue qualitatif des enjeux existants et futurs.
- b. L'orientation des prescriptions réglementaires et des mesures de prévention de protection et de sauvegarde.

Le recueil des données nécessaires à la détermination des enjeux a été obtenu par :

- Une visite sur le terrain,
- Une enquête auprès des services techniques de la commune portant sur :
 - l'identification de la nature et de l'occupation du sol,
 - l'analyse du contexte humain et économique,
 - l'analyse des équipements publics et voies de desserte et de communication,
 - l'examen des documents d'urbanisme.

Cette phase lors des enquêtes en mairie constitue également une première étape dans la concertation Etat – Commune dans la démarche adoptée pour l'élaboration du PPR.

Les enjeux humains et socio-économiques des crues sont analysées à l'intérieur de l'enveloppe maximale des secteurs submergés, définie à ce jour par la crue de référence.

La démarche engagée apporte une connaissance des territoires soumis au risque, et notamment :

- une évaluation des populations en danger,
- un recensement :
 - des établissements recevant du public (hôpitaux, campings, écoles, maisons de retraite...),
 - des équipements sensibles (usines de production d'eau potable, centres de secours...),
 - des activités économiques,
 - des voies de circulation coupées,

- une prise en compte de la politique de planification urbaine,
- une identification de projets.

Les enjeux sont ensuite décrits et cartographiés à l'échelle 1/10000^e.

La superposition de la carte informatique de paramètres physiques de la crue de référence et des enjeux conduira ensuite vers une appréciation hiérarchisée des zones à risques et des champs d'expansion de crue à préserver.

La prise en compte des enjeux amène à différencier dans la zone d'étude :

- les secteurs urbains, vulnérables en raison des enjeux humains et économiques qu'ils représentent, il s'agit d'enjeux majeurs,
- les autres espaces qui eux contribuent à l'expansion des crues par l'importance de leurs étendues et leur intérêt environnemental, il s'agit des espaces agricoles, plans d'eaux et cours d'eau et des espaces boisés.

1.2. LES ENJEUX

1.2.1. ENJEUX HUMAINS

Les enjeux humains sont appréciés en terme de population exposée :

Sur la commune de Val d'Isère, le recensement est difficile, compte tenu de la présence :

- d'une forte variation d'occupants selon la saison,
- de nombreux hôtels et résidences secondaires.

Néanmoins, les habitations directement concernées par les risques sont relativement peu nombreuses.

1.2.2. LES ACTIVITES ECONOMIQUES

Ces activités concernent essentiellement les commerces situés de part et d'autre de la rue principale de Val d'Isère.

1.2.3. LES ACTIVITES SPORTIVES, TOURISTIQUES ET DE LOISIRS

Les zones inondables concernent en particulier le terrain de camping situé en rive gauche aval du pont du Laisinant, le parc des sports en rive droite de la Calabourdane, et les terrains de tennis de la Daille, en rive gauche de l'Isère.

1.2.4. LES EQUIPEMENTS PUBLICS

1.2.4.1. LES INFRASTRUCTURES ROUTIERES

Les infrastructures routières sont particulièrement vulnérables aux crues.

Cela entraîne de dommages directs aux populations et aux activités économiques : isolement, rupture des communications et des approvisionnements, perturbations de services.

La route principale traversant Val d'Isère (RD 902) est concernée par ces risques, elle a d'ailleurs déjà été coupée lors de crues.

1.2.4.2. LES RESEAUX PUBLICS

Les réseaux situés dans l'emprise des zones inondables peuvent subir des coupures d'alimentation lors des crues.

1.2.5. LE CHAMP D'EXPANSION DES CRUES

Il s'agit des espaces peu ou pas urbanisés. Ils occupent la plus grande partie de la zone inondable et correspondent à ce que l'on désigne comme :

- espaces naturels et agricoles,
- zone et habitat diffus,
- espaces réservés aux activités de tourisme sport et de loisirs.

Ces zones participent à la régulation des écoulements : stockage et ralentissement (rugosité forte des formations ligneuses).

1.3. GESTION DU TERRITOIRE, LES DOCUMENTS D'URBANISME

1.3.1. LES DOCUMENTS D'URBANISME

La commune est dotée du Plan d'Occupation du Sol qui prend en compte la présence des risques d'ordre avalanches ou inondations.

1.3.2. LES ENJEUX FUTURS IDENTIFIES

Il s'agit de projets clairement identifiés par la commune et situés en zone inondable. En particulier : un projet de construction en amont rive gauche de la confluence Isère/Calabourdane, un projet d'héliport en rive droite de l'Isère en amont de la Daille, ainsi que des projets au droit de la Daille (déplacement de la gare de remontée mécanique et constructions en rive droite de l'Isère).





CALABOURDANE

Feuille 3
Echelle 1/10000

