



Commission protection contre les crues de l'association hydrosuisse (CIPC)

La revanche hydraulique et le concept de dimensionnement pour les ouvrages de protection contre les crues

Recommandations de la Commission protection contre les crues

Résumé

Lors du dimensionnement des ouvrages de protection contre les crues, il convient de distinguer les incertitudes liées aux données d'entrée, telles que le débit et l'apport de sédiments, des imprécisions dans le résultat d'un calcul. Les premières sont prises en compte par un choix judicieux de scénarios de dimensionnement et de scénarios de surcharge, tandis que la seconde est couverte par une revanche, déterminée conformément aux recommandations de la CIPC. Cet article intègre cette distinction dans un concept de dimensionnement des mesures de protection contre les crues.

Zusammenfassung / Riassunto

Bei der Bemessung von Schutzbauten gegen Hochwasser muss unterschieden werden zwischen Unsicherheiten in den Eingangsgrößen und der Unschärfe im Ergebnis einer Berechnung. Erstere werden mit einer klugen Wahl von Bemessungsszenarien und Überlastszenarien abgedeckt, letztere durch ein Freibord, welches im Sinne der Empfehlungen der KOHS bestimmt werden.

Link zur deutschen Fassung: www.hydrosuisse.ch/freibord.

Nella progettazione delle opere di protezione contro le piene occorre distinguere tra le incertezze legate ai parametri di input e le imprecisioni nel risultato di un calcolo. Le prime vengono prese in considerazione attraverso una scelta adeguata degli scenari di dimensionamento e degli scenari di sovraccarico, mentre le seconde vengono coperte da un francobordo, determinato secondo le raccomandazioni della KOHS.

Link alla versione italiana: www.hydrosuisse.ch/freibord

1. Introduction

Dans sa recommandation relative à la revanche dans les cours d'eau morphodynamiques, la *CIPC (2026)* montre comment déterminer les variations du niveau d'eau et de la vitesse d'écoulement dans ce type de cours d'eau et comment en tenir compte dans le calcul des revanches nécessaires.

Lors du dimensionnement des ouvrages de protection contre les crues, la question se pose souvent de savoir comment gérer les incertitudes et les imprécisions existantes, et quel rôle jouent dans ce contexte le choix des scénarios et la revanche. Cet article a pour but d'apporter des réponses à ces questions.

2. Distinction entre scénarios et revanche

2.1 Incertitudes et imprécisions

La revanche est un paramètre du dimensionnement hydraulique du cours d'eau. Elle est ajoutée au niveau d'eau calculé pour un scénario de dimensionnement Q_{Dim} (*CIPC 2026*). Elle est associée à un débit de dimensionnement Q_{Dim} qui est défini dans le cadre du projet sur la base d'une analyse coût-avantage. Pour bien cerner ce que couvre cette notion et donc ce qui est inclus ou non dans la revanche, il s'agit de distinguer les éléments suivants.

Les *incertitudes* sont des variations incon-
nues d'une donnée d'entrée. Ainsi, l'estima-

tion d'un événement de crue Q_{100} à 150 m³/s comprend des incertitudes hydrologiques estimées par exemple par une variation statistique avec un intervalle de confiance et une valeur d'incertitude de débit, par exemple, ± 10 m³/s.

Les *imprécisions*, par contre, sont des variations du résultat d'un calcul hydraulique effectué pour une valeur hydrologique considérée comme exacte. Ces variations résultent du modèle de calcul choisi et de l'incertitude des paramètres d'entrée hydrauliques.

Par exemple, le résultat du calcul de la hauteur d'eau pour un débit de $Q = 150$ m³/s présente une imprécision, car l'estimation des rugosités sur laquelle repose le calcul comporte des incertitudes. Dans cet exemple, le débit de 150 m³/s n'est pas considéré comme incertain, mais comme une donnée d'entrée fixe.

Les incertitudes hydrologiques sont gérées par le concept de protection et en particulier par la gestion du risque résiduel. Les imprécisions hydrauliques sont couvertes par la revanche. C'est un facteur de sécurité au sens de la norme SIA relative aux structures porteuses.

Bien sûr, dans la pratique, la revanche peut aussi servir ponctuellement à évacuer des débits supérieurs au Q_{Dim} si elle est disponible parce que tous les autres paramètres sont respectés, mais cela ne peut pas être admis conceptuellement comme réserve de sécurité pour des débits plus élevés car il n'y a pas de

garantie qu'elle soit disponible. Dans ce sens, un calcul de débit « franc bord » ignorant la revanche nécessaire ne fournit pas une valeur sûre pour le dimensionnement d'une section d'écoulement.

C'est la même situation pour le dimensionnement statique d'un bâtiment. Le facteur de sécurité permet de couvrir les imprécisions et de garantir la résistance au cas de charge. Une dalle de bâtiment dimensionnée à 200 kg/m² peut éventuellement résister ponctuellement à plus, mais elle n'est pas dimensionnée pour cela et sa résistance n'est pas garantie.

2.2 Phénomènes, déroulements d'événements et scénarios

- Les *phénomènes* décrivent les mécanismes naturels présents (existants) dans le cours d'eau et son bassin versant ;
- les *déroulements d'événements* décrivent une succession possible de processus naturels dans un cours d'eau et son bassin versant. Ils sont identifiés sur la base d'observations passées ou de l'analyse d'évolutions possibles. Une probabilité de dépassement leur est attribuée ;
- Les *scénarios* sont des combinaisons de déroulements d'événements avec une probabilité de dépassement donnée. Ces scénarios constituent la base d'une évaluation des dangers et de l'élaboration des cartes des dangers.

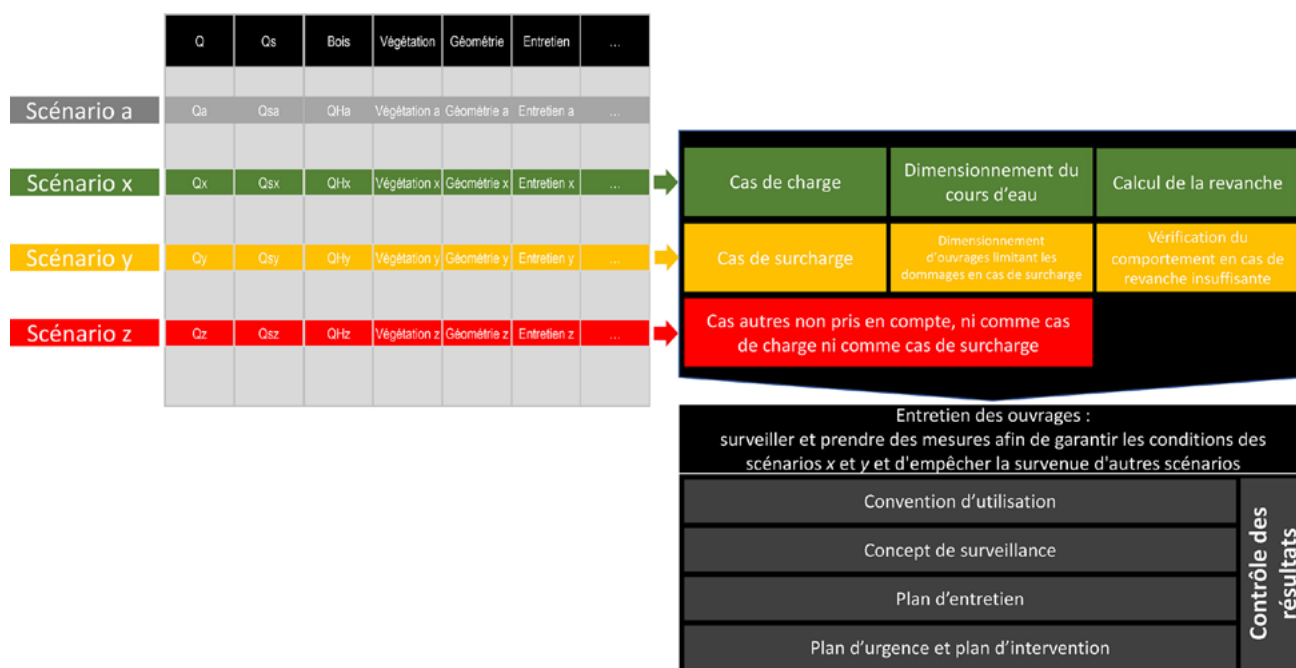


Figure 1 : Scénarios et leur importance pour le calcul de la revanche.

Le même principe est repris pour définir les scénarios servant à dimensionner les ouvrages de protection. Parmi les différents scénarios (a...z) un scénario x (ou une famille de scénarios) est choisi comme référence de dimensionnement et une autre (y) pour vérification du cas de surcharge. Il est important de clairement définir les scénarios qui ne sont pas pris en compte (z) (Figure 1).

2.3 Scénario de dimensionnement x

Le dimensionnement du cours d'eau et donc le calcul de la revanche requise se base sur un scénario de référence (scénario de dimensionnement x) qui peut contenir par exemple les éléments suivants :

- Débit liquide Q_{Dim}
- Débit solide Q_{SDim}
- Charge de bois flottant Q_{HDim} (volume et dimensions)
- Géométrie de référence (section d'écoulement moyenne, pente, hauteur des digues)
- Végétation de référence (emprise et perméabilité-rugosité)
- Entretien (surveillance et concept d'entretien de la végétation et/ou de gestion des matériaux)

A noter qu'il peut s'agir non pas d'un seul mais d'une famille de scénarios de dimensionnement avec des valeurs proches et couvrant des déroulements d'événements différents. Le but n'étant pas de réduire les scénarios de dimensionnement mais de les identifier clairement et de façon transparente avec la description du scénario de référence.

Au sens de la norme relative aux structures (SIA), les scénarios de dimensionnement correspondent aux « cas de charge » convenus dans le plan ou la convention d'utilisation de l'ouvrage et la revanche nécessaire correspond au « facteur de sécurité » par rapport à ceux-ci. Le calcul de la revanche requise ne s'effectue donc pas uniquement pour un débit de dimensionnement (Q_{Dim}) mais bien pour un scénario de dimensionnement x définissant globalement les conditions et le cas de charge de l'ouvrage.

Il est proposé de définir, dans une convention d'utilisation conclue entre le maître d'ouvrage et le concepteur, les scénarios déterminants pour le dimensionnement d'un ouvrage et la vérification de son comportement en cas de surcharge.

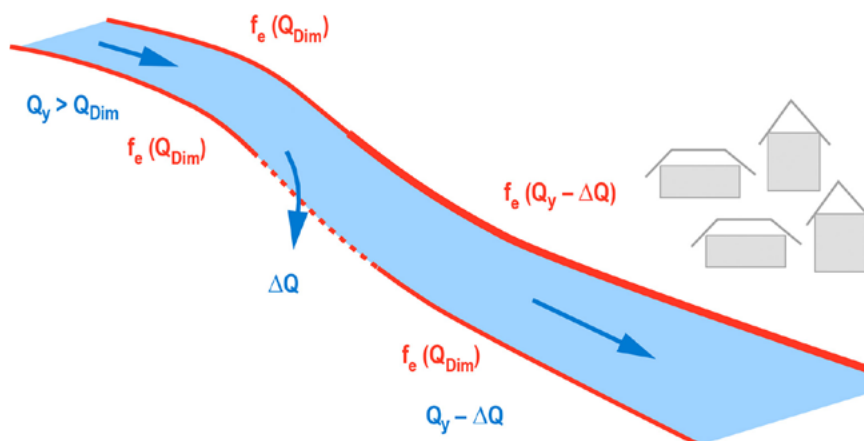


Figure 2 : Condition de revanche sur un tronçon de rivière avec un déversement ciblé ΔQ , prévu pour le scénario y . La revanche requise est déterminée à gauche et à droite pour différents débits.

2.4 Scénario de vérification y et comportement en cas de surcharge

La revanche nécessaire est déterminée pour le scénario de dimensionnement x et le débit de dimensionnement correspondant Q_{Dim} . Dans le cadre de la conception, il convient de mettre en évidence les conséquences qui se produiraient si, dans le scénario de vérification y ou les scénarios de vérification $y_{1...n}$, la revanche nécessaire n'était plus respectée. Si, faute de revanche, la capacité d'écoulement ne peut être garantie, par exemple parce que le débit d'eau est plus important, que le charriage est accru ou que la végétation s'est développée davantage, il faut envisager un débordement de rive, une rupture de digue ou l'obstruction d'une section de pont, comme décrit en détail dans CIPC (2013).

Si, dans le cadre d'un concept de protection basé sur le scénario de dimensionnement x , on vise une capacité d'écoulement suffisante pour le débit Q_{Dim} et que, dans le scénario de vérification y (cas de surcharge), on prévoit par exemple un déversement ciblé vers la droite ΔQ afin de protéger les biens de grande valeur situés sur la rive gauche, alors l'application des critères de la revanche requise change. Pour la berge droite du lit, la revanche nécessaire est toujours déterminée à partir du scénario de dimensionnement et du débit Q_{Dim} . Pour la berge gauche, à partir du déversement, le débit Q_y moins le volume d'eau déversé ΔQ devient le débit de dimensionnement. La revanche nécessaire pour la digue gauche doit donc être calculée pour le débit suivant (cf. Figure 2) :

$$Q_{Dim_gauche} = Q_y - \Delta Q$$

Enfin, dans le cadre du concept de gestion du scénario y , il convient de mettre en évidence les conséquences du débit $Q_y > Q_{Dim}$ en amont du point de décharge.

2.5 Scénario z – non pris en compte

Le scénario z décrit des situations considérées comme trop rares ou dont les répercussions sur l'aménagement du territoire sont disproportionnées pour être utilisées comme scénario de dimensionnement ou de vérification. Il peut s'agir, par exemple, d'un scénario présentant le débit le plus élevé possible (PMF) ou d'un scénario dans lequel l'entretien de la végétation est totalement négligé. Dans tous les cas, un tel scénario doit être explicitement décrit et exclu de la convention d'utilisation.

2.6 Rôles du concepteur et du maître d'ouvrage

Dans le cadre de la planification du projet, il convient d'établir un cadre de référence pour le calcul de la revanche nécessaire. Dans ce cadre, le concepteur et le maître d'ouvrage ont des tâches différentes :

Le concepteur / la conceptrice

- définit le scénario de dimensionnement et y inclut ce qui paraît pertinent et proportionné
- établit la convention d'utilisation sur cette base
- dimensionne le projet et calcule la revanche nécessaire sur cette base
- identifie ce qui doit être contrôlé et maîtrisé pour garantir la sécurité de

l'ouvrage et donc la conformité au scénario de dimensionnement en établissant :

- le plan de surveillance définissant les éléments à vérifier et les valeurs seuils à partir desquelles un entretien est nécessaire ;
- le plan d'entretien garantissant le respect des paramètres de base du scénario de dimensionnement ;
- le plan d'intervention d'urgence (de l'ouvrage) durant les événements.

Le maître d'ouvrage valide

- la convention d'utilisation
- le concept de surveillance
- le plan d'entretien
- le plan d'urgence et d'intervention pour l'ouvrage

Ces quatre éléments font partie de la conservation de l'ouvrage au sens de la SIA 469. Ils servent également à contrôler les résultats (Erfolgskontrolle) du projet d'aménagement de cours d'eau.

2.7 Conclusion : portée de la revanche

D'après les explications ci-dessus, on peut résumer que la revanche requise prend en compte :

- l'imprécision dans le calcul du niveau d'eau pour le scénario de dimensionnement,
- les processus physiques tels que la formation de vagues et le remous d'exhaussement au niveau des obstacles, ainsi que
- l'espace nécessaire aux débris flottants.

La revanche ne sert toutefois pas à couvrir

- les incertitudes hydrologiques ;
- les variations du débit dues au changement climatique ;
- les scénarios de débits, charriage, bois

flottants, géométrie ou végétation non couverts par le scénario de dimensionnement ;

- les modifications de l'ouvrage et l'évolution de la végétation non conformes à la convention d'utilisation.

3. Discussion à travers l'exemple de l'élargissement du Rhin à Bad Ragaz

Sur le Rhin alpin, près de Maienfeld/Bad Ragaz, un élargissement est prévu. Le calcul de la revanche requise selon la nouvelle recommandation est décrit dans *CIPC (2026)*. Avant même la parution de cette publication, dans le cadre du projet d'élargissement de Maienfeld/Bad Ragaz, des calculs de sensibilité du volume de charriage et hydrauliques approfondis ont été réalisés. Ceux-ci ont montré que le lit moyen et le niveau de crue réagissent fortement aux paramètres d'entrée. On a notamment fait varier¹ :

- le débit de sédiments, principalement en provenance de la Landquart
- l'intensité de l'érosion latérale spontanée
- la largeur de régime (valeur moyenne plus élevée ou plus faible)
- l'influence hydraulique d'un rétrécissement local dû à la végétation, qui, en cas de crue, n'est pas éliminé à temps jusqu'au pic de la courbe de crue
- le déblayage tardif des gorges de rétrécissement

Certains de ces calculs de sensibilité ont donné des niveaux d'eau qui, localement, correspondraient à une part considérable de la revanche calculées selon *CIPC (2026)*. Elles ne

sont toutefois pas prises en compte dans la détermination de la revanche, mais doivent être couvertes par un choix approprié des scénarios déterminants pour l'événement de dimensionnement et pour les cas de surcharge (voir *chapitre 2*). De plus, les incertitudes supplémentaires liées à ces scénarios sont compensées par une conception de projet robuste et capable de résister aux surcharges. Cette conception du projet comprend des limitations de lit résistantes au débordement ainsi qu'une revanche surélevée de 20 cm supplémentaires sur la rive droite, afin que l'autoroute qui y passe soit épargnée par des inondations trop intensives et reste praticable, même dans des scénarios peu probables de risque résiduel.

La revanche ne tient pas non plus compte d'une remontée du niveau d'eau le long de la rive gauche, où se formerait un chenal secondaire qui, pendant la phase d'élargissement par dynamique propre, serait provisoirement isolé du chenal principal. Un embâcle dans ce chenal secondaire étroit entraînerait une forte remontée locale du niveau d'eau et des débordements. Ce scénario ne provoquerait certes pas de rupture de digue, mais il convient néanmoins d'y faire face au cours des années suivant la construction en mettant en place un plan d'urgence adapté.

Remerciements

La CIPC remercie l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) pour son soutien dans l'élaboration de la recommandation relative à la revanche dans les cours d'eau présentant des bancs. Le groupe de travail remercie les membres de la CIPC ainsi que ceux du groupe « Echo » (*Paul Demuth, Jolanda Jenzer, Antoine Magnollay, Christina Rachelly, Viktor Schmidiger, Jürg Stückelberger, Volker Weitbrecht et Benno Zarn*) pour leur examen critique de la méthodologie et pour leurs commentaires. 🍀

Symboles :

$\hat{f}_e$	[m]	Revanche nécessaire
HQ_x	[m ³ /s]	Débit de crue de récurrence x
Q	[m ³ /s]	Débit
Q_{Dim}	[m ³ /s]	Débit de dimensionnement pour un scénario x
Q_{HDim}	[m ³ /événement]	Charge de bois flottant de dimensionnement pour un scénario x
Q_{SDim}	[m ³ /événement]	Charge de sédiments de dimensionnement pour un scénario x

Bibliographie :

- ▷ CIPC (2026): La revanche hydraulique dans les cours d'eau morphodynamiques. Recommandations de la

Commission protection contre les crues (CIPC).
hydrosuisse, www.hydrosuisse.ch/freibord.

Auteurs :

La Commission pour la protection contre les crues (CIPC) est une commission d'hydrosuisse. Membres du groupe de travail « Freibord in Gerinnen mit Bänken » :

- ▷ Lukas Hunzinger (direction)
- ▷ Tony Arborino
- ▷ Giovanni De Cesare
- ▷ Roger Kolb
- ▷ Jürg Speerli

Pour plus d'informations :
www.hydrosuisse.ch/freibord

