

Recommandations pour l'évaluation des dangers d'érosion des berges des cours d'eau

Autor(en): **Hunzinger, Lukas / Bachmann, Annette / Brändle, Ralph**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **112 (2020)**

Heft 1

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941686>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Recommandations pour l'évaluation des dangers d'érosion des berges des cours d'eau

Lukas Hunzinger, Annette Bachmann, Ralph Brändle, Paul Dändliker, David Jud, Mario Koksch

Résumé

Les Spécialistes des dangers naturels (FAN) et la Commission pour la protection contre les crues (CIPC) ont élaboré des recommandations pour l'évaluation des dangers d'érosion des berges des cours d'eau. Ces recommandations décrivent une procédure avec les étapes: élaboration des scénarios de base, analyse des points faibles et analyse des effets. Dans le cadre de l'analyse des points faibles, différents cas de charge sont identifiés en fonction de la morphologie et des endroits d'érosion connus. Pour chaque cas de charge, les grandeurs de la charge et la résistance de la berge sont définies de manière qualitative ou quantitative. Si la comparaison des deux grandeurs montre qu'une érosion latérale est probable, on définit l'étendue de l'érosion et sa probabilité d'occurrence spatiale. Les possibles processus consécutifs sont analysés par la suite.

Les recommandations peuvent être téléchargées en langue allemande ou française sur les sites Internet de la FAN (www.fan-info.ch) et de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (www.swv.ch).

Zusammenfassung

Die Fachleute Naturgefahren Schweiz (FAN) und die Kommission für Hochwasserschutz, Wasserbau und Gewässerpflege (KOHS) haben eine Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fließgewässern erarbeitet. Die Empfehlung beschreibt ein Vorgehen zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion mit den Bearbeitungsschritten Grundscenarien, Schwachstellenanalyse und Wirkungsanalyse. Im Rahmen der Schwachstellenanalyse werden aufgrund der Morphologie und der bekannten Erosionsstellen die massgebenden Gefährdungsbilder identifiziert. Für jedes Gefährdungsbild werden die Belastungsgrößen auf das Ufer und der Erosionswiderstand des Ufers qualitativ oder quantitativ bestimmt. Ist nach dem Fazit der Schwachstellenanalyse für einen Gewässerabschnitt Ufererosion anzunehmen, werden in der Wirkungsanalyse deren Ausmass und räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit festgelegt. Anschliessend werden mögliche Folgeprozesse beurteilt.

Die hier beschriebene Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fließgewässern kann in elektronischer Form und in deutscher oder französischer Sprache auf den Internetseiten der FAN (www.fan-info.ch) und des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes (www.swv.ch) bezogen werden

1. Introduction

L'érosion des berges est un processus de danger de peu d'importance en termes de superficie. Son potentiel de danger a cependant été sous-estimé jusqu'à présent. C'est ce qu'a montré notamment l'événement de crue de 2005 en Suisse, où l'arrachement des berges a endommagé voire détruit nombre de bâtiments et d'infrastructures. L'évaluation des dangers d'érosion claire et compréhensible en quantité comme en qualité est une base importante pour la protection des zones bâties et des voies de communication contre l'érosion des berges. Pour évaluer le processus d'érosion des berges, il n'existe aujourd'hui aucune méthode ni base de calcul généralement reconnues.

C'est pour combler cette lacune que les Spécialistes des dangers naturels (FAN) et la Commission pour la protection contre les crues (CIPC) ont mandaté l'élaboration des présentes recommandations. Elles doivent servir de guide pour collecter les données de base sur les dangers et contribuer à uniformiser les évaluations des dangers d'érosion des berges, afin de mieux les comprendre et les comparer. Elles sont destinées aux experts en aménagements des cours d'eau et des dangers naturels issus aussi bien

Figure 1: Erosion des berges de la Trueb pendant les crues de 2005. Photo: Flussbau AG SAH.



de la pratique que de l'administration et s'appuient sur les Recommandations fédérales (Loat et Petrascheck, 1997). Elles proposent des méthodes qui permettront d'évaluer les dangers d'érosion des berges. Par contre, le choix d'une approche quantitative appropriée pour déterminer l'ampleur de l'érosion des berges est laissé à la libre appréciation des utilisateurs.

Le présent article résume les recommandations (FAN et CIPC, 2020) publiées en allemand en 2015. Les recommandations complètes incluant des exemples d'applications peuvent être téléchargées en langue allemande ou française sur les sites Internet de la FAN (www.fan-info.ch) et de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (www.sww.ch). Le présent article apparaît simultanément dans Eau énergie air ainsi que dans la FAN Agenda.

2. Procédure générale

Les recommandations proposent une démarche pour trois niveaux de détail de l'étude: pour le niveau des indications de dangers, le niveau d'une carte des dangers et le niveau d'une expertise au cas par cas (voir Figure 2). Les méthodes quantitatives ainsi que le temps investi pour la collecte des données de base et l'évaluation des dangers augmentent avec le niveau de détail de l'étude.

Dans le présent résumé uniquement le niveau de détail «carte des dangers» est présenté. Les autres niveaux de détail sont décrits en détail dans les recommandations (FAN et CIPC, 2020). En plus, la procédure y est illustrée à l'aide de deux exemples.

La procédure générale d'évaluation des dangers d'érosion des berges s'appuie sur la pratique de l'évaluation des dangers en Suisse et se divise en trois phases: scénarios de base, analyse des points faibles et analyse des effets (Figure 3). L'analyse des points faibles consiste à définir les cas de charge déterminants à partir de la morphologie des cours d'eau et à évaluer les sollicitations et la résistance des berges. L'analyse des endroits d'érosion connus fournit des indications essentielles sur les processus d'érosion possibles. L'analyse des points faibles et l'analyse des effets sont menées séparément pour chaque

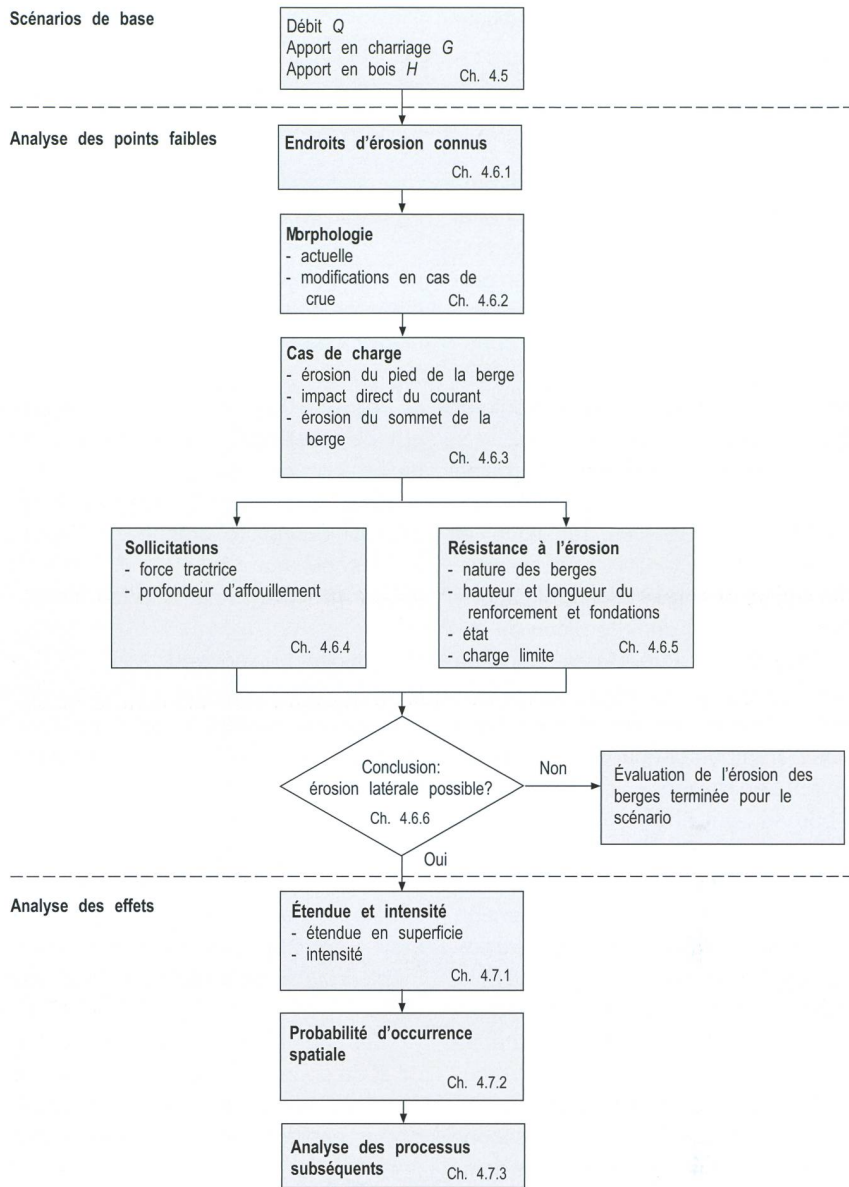


Figure 3: Procédure générale d'évaluation des dangers d'érosion des berges.

scénario de base. Si l'analyse des points faibles permet de déceler le danger d'érosion latérale sur un tronçon de cours d'eau, l'ampleur de l'érosion potentielle et sa probabilité d'occurrence spatiale sont déterminées dans le cadre de l'analyse des effets. Il faut enfin clarifier si l'érosion latérale peut elle-même déclencher d'autres processus.

3. Scénarios de base

La définition des scénarios de base visant

à évaluer le danger d'érosion des berges ne diffère pas de la définition des scénarios de base utilisés pour évaluer d'autres dangers liés aux eaux. Il s'agit de déterminer le débit Q, le charriage G et l'apport en bois H pour des scénarios de crue avec différents temps de retour.

4. Analyse des points faibles

4.1 Endroits d'érosion connus

L'étude des endroits d'érosion connus sur les cours d'eau à examiner est essentielle pour évaluer le danger d'érosion des berges. Elle fournit des indications sur les zones où l'érosion est possible et sur l'ampleur qu'elle peut prendre, mais elle ne donne pas d'image définitive des endroits d'érosion potentiels. Il existe les sources d'information suivantes: le cadastre des événements, les cartes des phénomènes,

Indication de danger Carte des dangers Expertise au cas par cas

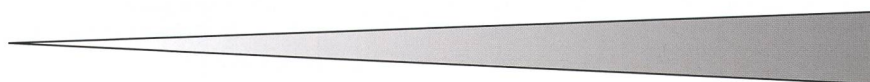


Figure 2: Niveaux de détail de l'étude en fonction du type d'expertise des dangers.

les photos aériennes et les modèles de terrain, les anciens projets d'aménagement, les visites des lieux ou les observateurs locaux.

4.2 Morphologie

La morphologie du cours d'eau et les processus qui se déroulent dans le chenal (écoulement, exhaussement, érosion du lit, érosion latérale) sont en interaction permanente. Ainsi, des crues importantes peuvent déclencher des processus morphologiques d'échelle supérieure qui vont modifier foncièrement la morphologie et déplacer le chenal.

L'évaluation des dangers d'érosion des berges contient la description du style fluvial (ramifié, méandres, rectiligne) et son changement potentiel lors d'une crue. Le charriage ainsi que les modifications de niveau du fond du lit (érosion ou exhaussement) sont importants. Dans un chenal où le fond du lit est érodé, le renforcement des berges peut être affouillé à sa base. Dans un chenal avec dépôt de sédiments en revanche, le renforcement des berges peut être remblayé et donc perdre son effet.

L'évaluation du tracé (rectiligne, courbe) donne une indication sur l'apparition des érosions: Dans les courbures, l'érosion se produit de préférence sur la berge concave située à l'extérieur tandis que, dans les tronçons rectilignes, l'érosion latérale est possible sur les deux rives. Les irrégularités du chenal (chutes, autres ouvrages) peuvent provoquer des courants secondaires. Elles doivent être considérées comme causes possibles d'érosion latérale ou d'érosion du lit.

4.3 Cas de charge

Les processus décrits ci-après peuvent déclencher une érosion latérale et sont donc désignés comme cas de charge. Ils peuvent survenir isolément ou de manière combinée. Il est souvent difficile de les différencier les uns des autres.

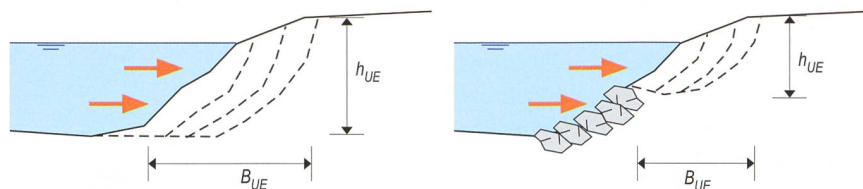


Figure 5: Érosion latérale par impact direct du courant.

Erosion du pied de la berge

L'érosion du fond du lit, l'affouillement ou l'érosion du pied déstabilisent la berge au point de provoquer son glissement (Figure 4). L'érosion du fond du lit peut survenir à grande échelle ou très localement. Les affouillements peuvent apparaître lors d'une irrégularité du chenal et comme un processus secondaire lorsque p. ex. la section d'écoulement est rétrécie par un mur de rive effondré ou par un arbre tombé.

Impact direct du courant

L'impact direct du courant a pour effet d'arracher les matériaux de la berge. Cela peut se produire sur toute la hauteur de la berge (Figure 5 à gauche) ou seulement sur une partie supérieure non aménagée (Figure 5 à droite). L'impact direct du courant frappe le plus souvent sur la partie extérieure des courbures. Il peut néanmoins, comme dans le cas de l'affouillement, résulter d'obstacles dans le cours d'eau.

Les modifications du niveau du fond du lit du cours d'eau pendant un épisode de crue ont pour résultat que le point d'impact se déplace vers le haut ou vers le bas.

Erosion du sommet de la berge

La submersion du sommet de la berge ou le contournement du renforcement de la berge érodent le sommet de la berge (Figure 6). Ce processus d'érosion est lié à l'eau qui déborde du chenal et dépend, entre autres facteurs, du niveau du fond du lit pendant la crue. Le reflux de l'eau peut aussi conduire à une érosion du sommet de la berge.

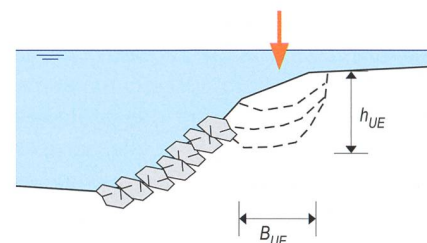


Figure 6: Erosion au sommet de la berge.

4.4 Sollicitations

Les sollicitations sont estimées pour les cas de charge identifiés comme déterminants dans l'étape précédente (Tableau 1). Il est souvent nécessaire de procéder à une expertise qualitative, ce qui est généralement suffisant pour l'établissement des cartes des dangers. Dans les cas plus complexes, les sollicitations doivent être calculées afin de satisfaire les exigences des cartes des dangers. Dans les tableaux suivants, tout d'abord la démarche qualitative est décrite. Ensuite, une évaluation approfondie présente une démarche quantitative.

Erosion du pied de la berge	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation d'experts de l'ampleur de l'érosion du fond du lit et de la profondeur des affouillements. • Faire particulièrement attention à la profondeur des affouillements en cas d'irrégularités. Evaluation approfondie: <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer l'érosion du fond du lit en calculant le charriage. • Calculer la profondeur des affouillements.
Impact direct du courant	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation d'experts de la sollicitation. • Faire particulièrement attention aux points de charge dus aux irrégularités. Evaluation approfondie: <ul style="list-style-type: none"> • Calculer la force tractrice sur la berge. • Évaluer les points de charge en cas d'irrégularités.
Erosion du sommet de la berge	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation d'experts en fonction de l'inondation. Evaluation approfondie: <ul style="list-style-type: none"> • Calculer la force tractrice sur le terrain.

Tableau 1: Procédure d'évaluation de la charge sur la berge.

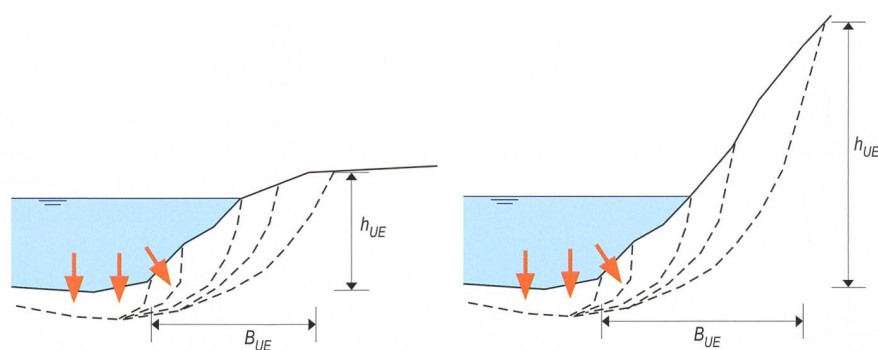


Figure 4: L'érosion du lit, l'affouillement ou l'érosion du pied déstabilisent la berge (à gauche, berge basse, à droite, berge élevée).

4.5 Résistance à l'érosion

La résistance de la berge à la charge attendue est calculée pour les cas de charge désignés comme déterminants. Il s'agit de relever la nature et l'état de la berge et du terrain alentour (Tableau 2).

Erosion du pied de la berge	<ul style="list-style-type: none"> Déterminer sur place la nature, l'état et la durabilité du pied de la berge (roche, type d'aménagement, taille des blocs, granulométrie, pente, etc.). Estimer de visu sur place la profondeur des fondations. Décrire en termes de qualité la résistance du pied de la berge. <p>Evaluation approfondie (ajouter aux relevés précédents):</p> <ul style="list-style-type: none"> Déterminer la profondeur des fondations à partir des plans du projet. Calculer la force tractrice critique du pied de la berge.
Impact direct du courant	<ul style="list-style-type: none"> Déterminer sur place la nature, l'état et la durabilité de la berge (roche, type d'aménagement, taille des blocs, granulométrie, pente, etc.). Décrire en termes de qualité la résistance de la berge à l'impact direct du courant. <p>Evaluation approfondie (ajouter aux relevés précédents):</p> <ul style="list-style-type: none"> Calculer la force tractrice critique de la berge.
Erosion du sommet de la berge	<ul style="list-style-type: none"> Déterminer sur place la nature, l'état et la durabilité du terrain au sommet de la berge (roche, granulométrie, pente, etc.). Décrire en termes de qualité la résistance du terrain à l'impact du courant. <p>Evaluation approfondie (ajouter aux relevés précédents):</p> <ul style="list-style-type: none"> Calculer la force tractrice critique pour le terrain au-dessus de la berge

Tableau 2: Procédure d'évaluation de la résistance de la berge.

4.6 Conclusions de l'analyse des points faibles

En conclusion de cette analyse, les connaissances acquises au cours des étapes précédentes permettent de décider s'il faut supposer ou non l'érosion de la berge dans une zone donnée du cours d'eau. Il s'agit de considérer les cas de charge possibles pour chaque scénario de base et de comparer chaque sollicitation de la berge avec sa résistance (Tableau 3). Si la sollicitation est supérieure à la résistance, il faut généralement admettre l'érosion des berges.

Erosion du pied de la berge	<ul style="list-style-type: none"> Si la berge n'est pas renforcée, on suppose toujours une érosion de la berge en cas d'érosion du fond du lit ou d'affouillement. Si la berge est renforcée, on suppose une érosion de la berge lorsque l'érosion du fond du lit ou l'affouillement arrivent sous les fondations de l'aménagement de la berge.
Impact direct du courant	<ul style="list-style-type: none"> Toujours supposer une érosion en cas de berges non renforcées constituées de matériaux meubles. On suppose une érosion de la berge si les conditions selon Protect (niveau évaluation sommaire) ne sont pas remplies. <p>Evaluation approfondie:</p> <ul style="list-style-type: none"> On suppose une érosion de la berge lorsque la force tractrice sur la berge est plus grande que la force tractrice critique.
Erosion du sommet de la berge	<ul style="list-style-type: none"> Faire une expertise en fonction de l'inondation (p.ex. en fonction de l'intensité de l'inondation). <p>Evaluation approfondie:</p> <ul style="list-style-type: none"> On suppose une érosion du sommet de la berge lorsque la force tractrice sur le terrain est plus grande que sa force tractrice critique.

Tableau 3: Procédure de conclusion de l'analyse des points faibles.

5. Analyse des effets

5.1 Etendue et intensité

Si l'analyse des points faibles conclut que la berge est menacée par l'érosion, il faut

déterminer l'ampleur de cette érosion. L'ampleur de l'érosion est mesurée sur la base de la largeur de l'érosion B_{UE} , sa hauteur h_{UE} et sa longueur L_{UE} (Figure 7). Les indications sur l'ampleur de l'érosion sont obtenues p.ex. avec les études de l'érosion due aux événements de crue passés (Hunzinger et Durrer, 2008, Bachmann, 2012, Krapesch et al., 2011) qui ont chiffré les longueurs et les largeurs d'érosion types.

Largeur et longueur d'érosion

Les études mentionnées ci-dessus permettent de déduire que la largeur des érosions latérales dues à des processus morphologiques d'échelle supérieure est nettement plus importante que la largeur des érosions dues à des phénomènes locaux (obstacles, irrégularités).

Lors des processus morphologiques, la largeur d'érosion peut être déterminée à l'aide de cartes historiques et de calculs morphologiques. Dans les chenaux rectilignes, la largeur d'érosion peut être évaluée à partir de la largeur limite. La largeur limite est atteinte lorsque la force tractrice sur la berge est inférieure à la valeur minimale nécessaire pour amorcer le mouvement des matériaux de la berge. Si la force tractrice n'est pas calculée, l'ampleur des érosions peut parfois être déduite à partir de l'observation des événements antérieurs.

La longueur d'érosion peut être délimitée utilement là où une érosion latérale peut être clairement localisée, c'est-à-dire lorsqu'elle est causée par un obstacle ou qu'elle se produit dans une courbure. Sur



Figure 7: Mesures de l'ampleur de l'érosion. Photo: OFOR 2005

les tronçons rectilignes ou sur les tronçons avec ramifications, c'est parfois la berge sur toute sa longueur qui est menacée d'érosion, même si, pendant un événement, la berge n'est pas érodée sur toute sa longueur.

Intensité

L'intensité de l'érosion de la berge se mesure à la hauteur de l'érosion h_{UE} . Cette mesure se fait perpendiculairement à partir du sommet de la berge jusqu'au lit de l'endroit d'érosion (Figure 7). Les classes d'intensité utilisées sont celles définies dans les Recommandations fédérales de 1997 (Loat et Petrascheck 1997) (Tableau 4). La classe d'intensité reste la même sur toute la largeur d'érosion.

Intensité	Hauteur de l'érosion (h_{UE})
Faible	$h_{UE} < 0.5$ m
Moyenne	$0.5 \text{ m} < h_{UE} < 2$ m
Forte	$h_{UE} > 2$ m

Tableau 4: Niveaux d'intensité de l'érosion des berges.

5.2 Probabilité d'occurrence spatiale (p_{RA})

La considération des risques attribue une probabilité d'occurrence spatiale p_{RA} au processus d'érosion des berges. Cette probabilité dépend du style fluvial et du tracé.

La probabilité d'occurrence spatiale est élevée sur les berges concaves. Si le danger d'érosion est attendu sur les deux rives d'un cours d'eau, p. ex. chenal ramifié, la probabilité d'occurrence spatiale est moindre. Le Tableau 5 donne une indication des valeurs possibles avec lesquelles cette probabilité peut être chiffrée. Les

valeurs doivent être fixées et justifiées au cas par cas. Si l'emplacement de l'endroit d'érosion probable est évident, c'est la valeur à la limite supérieure qui sera choisie. S'il n'y a aucun indice de l'endroit où l'érosion est la plus probable, c'est une valeur inférieure qui sera choisie pour la probabilité d'occurrence spatiale.

Style fluvial et tracé	p_{RA}
Berge concave	0.50–1.00
Chenal rectiligne	0.10–0.50
Berge concave dans un méandre	0.50–1.00
Ramification	0.25–0.75

Tableau 5: Valeurs possibles de probabilité d'occurrence spatiale p_{RA} d'érosion des berges.

5.3 Processus subséquents

L'érosion latérale dans un cours d'eau peut déclencher d'autres processus:

- Des matières solides sont mobilisées (charriage, arbres et arbustes, objets déposés sur la berge), qui sont ensuite transportées vers l'aval où elles déclenchent de nouveaux processus de dangers dus aux dépôts ou aux embâcles.
- L'érosion du pied d'une berge haute déclenche un glissement de la pente ou accélère un glissement en cours.
- Dans le chenal élargi par l'érosion latérale, la capacité de transport diminue et le charriage et le bois flottant s'accumulent dans le lit.

L'évaluation des dangers doit étudier la possibilité de ces processus subséquents et leurs effets. Selon les circonstances, la personne en charge de l'évaluation doit faire appel aux spécialistes des autres disciplines.

6. Application et perspective

Les recommandations dans cet article décrivent une procédure qui permet d'évaluer le danger du processus d'érosion des berges de fleuves et de ruisseaux, quelle que soit leur taille ou leur pente. Par contre, les approches empiriques proposées pour quantifier les sollicitations sont généralement conçues pour des cours d'eau de pente moyenne et de charriage de type fluvial et ne peuvent pas toujours être transposées à des torrents abrupts à laves torrentielles.

Les recommandations soulèvent la problématique des incertitudes dans l'évaluation. Il peut exister des incertitudes en déterminant les sollicitations dans les profils en travers irréguliers ou en estimant la profondeur des fondations d'un vieil ouvrage. Afin de maintenir les incertitudes à un faible niveau, il faut souvent consacrer beaucoup d'efforts à la collecte de données de base. Un moyen de déceler les incertitudes qui entachent une évaluation, et de peut-être les réduire, est l'application de différentes méthodes et de comparer les résultats. Il faut toutefois veiller à garder un certain équilibre entre le travail supplémentaire nécessaire et l'amélioration de la pertinence.

Remerciements

Le groupe de travail remercie toutes les personnes qui ont collaboré à cet ouvrage par leurs contributions et l'Office fédéral de l'environnement pour le financement du projet.

Bibliographie:

Bachmann A. (2012). Ausmass und Auftreten von Seitenerosionen bei Hochwasserereignissen. Geographisches Institut der Universität Bern, Bern.
 FAN et KOHS. (2020). Recommandations pour l'évaluation des dangers d'érosion des berges des cours d'eau. www.fan-info.ch et www.svw.ch.
 Hunzinger L. et Durrer S.: Seitenerosion. in Bezzola G.R., Hegg C. (Ed.) (2008). Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahregrundlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0825: 429 S.

Krapesch G., Hauer C. et Habersack H. (2011). Scale orientated analysis of river width changes due to extreme flood hazards. Natural Hazards and Earth System Sciences 11, 2137-2147.
 Loat R. et Petrascheck A. (1997). Recommandation 1997. Prise en compte des dangers dus aux crues dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. Office fédéral de l'économie des eaux (OFEE), Office fédéral de l'aménagement du territoire (OFAT), Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP).
 Romang Hans (Ed.) (2008): Effet des mesures de protection. Plate-forme nationale «Dangers naturels» PLANAT, Bern. 289 p.

Auteurs:

Membres du groupe de travail érosion des berges des Spécialistes en dangers naturels Suisse (FAN) et de la Commission pour la protection contre les crues (CIPC): Lukas Hunzinger, Annette Bachmann, Ralph Brändle, Paul Dändliker, David Jud et Mario Kokschi.