



Stratégie d'urgence en cas de montée exceptionnelle du plan d'eau

OFEN Document d'aide

La dernière version remplace les versions précédentes

Version	Modification	Date
2.0	Nouvelle version dans le cadre de la révision complète de celle du plan en cas d'urgence des ouvrages d'accumulation OFEN/OFPP 2004	1.5.2015



Table des matières

1	Introduction et principes fondamentaux	3
1.1	Introduction	3
1.2	Principes fondamentaux pour le déclenchement des niveaux de danger	3
1.3	Démarcation par rapport au règlement de manœuvre des vannes	4
2	Procédé pour la détermination des niveaux de danger	5
2.1	Définition de la cote de danger K_G	5
2.2	Définition de la cote critique K_{krit}	5
2.3	Représentation graphique et tableau d'aide	5
2.4	Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 5	6
2.5	Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 4	7
2.6	Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 3	7
2.7	Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 2	8
3	Vérification de la conformité de la stratégie élaborée.....	9
4	Surveillance du niveau d'eau et de la vitesse de montée du plan d'eau.....	10



1 Introduction et principes fondamentaux

1.1 Introduction

La stratégie d'urgence en cas d'une montée exceptionnelle du plan d'eau est appliquée lorsque le plan d'eau d'un lac artificiel pourrait atteindre un niveau menaçant pour le barrage, voire (continuer à) monter, dans le cas extrême, jusqu'à la cote de danger (avec ensuite une rupture du barrage). La stratégie d'urgence stipule quand, quelles dispositions doivent être prises pour maîtriser ce cas d'urgence. Le but premier est d'assurer l'alarme à la population et son évacuation en temps utile.

Une telle montée exceptionnelle du plan d'eau peut se produire, en particulier, lors de situations de crue, mais aussi lors d'une impossibilité de manoeuvrer des vannes ou dans le cas d'une obstruction d'un organe de décharge (évacuateur de crue, vidange de fond). De tels événements peuvent se développer très rapidement. Il est par conséquent indispensable d'établir des règles qui définissent le déclenchement des niveaux de danger et les mesures à prendre. Ces règles doivent être simples et claires de façon à ce que le personnel d'exploitation puisse reconnaître le danger de manière fiable et agir de manière indépendante. Le mieux est de les représenter sous forme graphique. L'élaboration de ces règles spécifiques aux ouvrages fait partie de la stratégie d'urgence en cas d'une montée exceptionnelle du plan d'eau.

1.2 Principes fondamentaux pour le déclenchement des niveaux de danger

Les règles suivantes régissent la détermination des niveaux de danger. Les durées indiquées sont à considérer comme des valeurs standards. Les durées doivent être définies en fonction du but recherché qui est celui de laisser assez de temps à la population pour fuir une onde de submersion provoquée par une rupture du barrage.

Suivant la situation présente (p. ex. volume de la retenue, distance depuis le barrage jusqu'à la population, nombre de personnes concernées, complexité d'une évacuation etc.), les temps ou les règles doivent être adaptés. L'influence de complications qui pourraient intervenir, par exemple lors d'une tempête, est aussi à prendre en considération. Les complications sont identifiées et évaluées dans le cadre de l'analyse des dangers.

Niveau de danger 5 (ND 5)	Doit être déclenché, en ce qui concerne l'instant, de manière à ce que la population alarmée (qui a généralement déjà été alertée) puisse se mettre en sécurité. En règle générale, le moment du déclenchement est à fixer 60 minutes avant que le niveau de la retenue n'ait atteint la cote de danger, c.-à-d. 60 minutes avant la rupture du barrage.
---------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Niveau de danger 4 (ND 4)	Doit être déclenché, en ce qui concerne l'instant, de manière à ce que la population puisse se préparer à une évacuation éventuelle. En règle générale, le moment du déclenchement est à fixer 60 minutes avant le déclenchement du niveau de danger 5 (resp. 60 minutes avant le début de l'évacuation), resp. 120 minutes avant que le niveau de la retenue n'ait atteint la cote de danger.
---------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Niveau de danger 3 (ND 3)	Doit être déclenché, en ce qui concerne l'instant, de manière à ce que le personnel de l'organisation d'urgence de l'exploitant puisse se rendre au barrage suffisamment tôt, avant le déclenchement du niveau de danger 4, et occuper la centrale d'alarme-eau ou le poste d'observation.
Niveau de danger 2 (ND 2)	Doit être déclenché lorsqu'il devient nécessaire de suivre de près la montée du niveau d'eau dans la retenue et afin de pouvoir déclencher le niveau de danger 3 à temps.

1.3 Démarcation par rapport au règlement de manœuvre des vannes

Le règlement de manœuvre des vannes prescrit comment les organes de décharge (évacuateur de crue, organes de vidange) doivent être manœuvrés lors d'une crue. Il indique en particulier de combien ces organes doivent être ouverts en fonction du niveau d'eau. Le règlement tient compte de toutes les situations de crue possibles, y compris de celle de la crue de sécurité. La crue de sécurité est utilisée pour la vérification de la sécurité structurelle du barrage. La cote de danger n'est pas dépassée lors de la crue de sécurité.

Une entrave à la capacité des organes de décharge (par exemple due à une obstruction) ou l'arrivée d'une crue plus importante que la crue de sécurité peut conduire à des situations qui ne peuvent plus être maîtrisées totalement. La population doit, dans ces cas, être évacuée à temps des zones de danger, c.-à-d. des zones d'inondation. La stratégie d'urgence en cas d'une montée exceptionnelle du plan d'eau contient toutes les dispositions qui doivent être prises préventivement en cas d'aggravation de la situation. Les mesures selon le règlement de manœuvre des vannes et les mesures selon la stratégie d'urgence vont de pair. Ces dernières sont généralement déclenchées plus tard (et plus rarement).



2 Procédé pour la détermination des niveaux de danger

2.1 Définition de la cote de danger K_G

La cote de danger K_G correspond au niveau d'eau à partir duquel la sécurité de l'ouvrage d'accumulation risque d'être compromise en raison de dégâts importants, tels que dégâts au couronnement, érosion des appuis ou de la fondation, affouillement au pied de l'ouvrage, érosion interne, augmentation des sous-pressions. Elle est fixée par un/une ingénieur(e) spécialisé(e).

2.2 Définition de la cote critique K_{krit}

La cote critique K_{krit} correspond à la cote à partir de laquelle les apports de la crue de sécurité feraient monter le niveau d'eau jusqu'à la cote de danger K_G .

Les mêmes conditions-cadre concernant la disponibilité des organes de décharge et des turbines que celles admises lors de la vérification de la sécurité en cas de crue (pour le cas de la crue de sécurité) sont utilisées pour la détermination de la cote critique.

La cote critique est déterminée par itération comme suit:

- on admet une cote critique K_{krit_1} (p. ex. niveau de retenue maximum),
- calculer la cote de la retenue K_{G_1} , qui résulte du calcul de rétention avec l'hydrogramme de la crue de sécurité,
- comparer la cote de la retenue K_{G_1} calculée avec la cote de danger K_G ,
- augmenter la cote critique K_{krit_1} admise de la différence entre la cote de danger et la cote de la retenue calculée ($K_G - K_{G_1}$) et nouveau calcul de la cote de la retenue K_{G_2} , qui résulte du calcul de rétention avec l'hydrogramme de la crue de sécurité,
- répéter l'itération jusqu'à ce que la cote de la retenue K_{G_x} corresponde à la cote de danger K_G . La cote de la retenue K_{krit_x} qui y correspond représente la cote K_{krit} recherchée.

On peut aussi admettre, comme simplification conservatrice, que la cote critique est identique à la cote initiale qui doit être introduite dans la vérification de la sécurité en cas de crue. Cette hypothèse est uniquement admissible si l'ouvrage d'accumulation remplit toutes les exigences concernant la sécurité en cas de crue.

2.3 Représentation graphique et tableau d'aide

A fin de visualisation, les lignes des seuils des cotes de niveau, à l'aide desquelles un niveau de danger spécifique est déclenché, sont représentées dans un diagramme des valeurs seuils où le niveau de la retenue [m.s.m.] est reporté en fonction de la vitesse de montée du plan d'eau [m/h] (voir figure 1). Pour les retenues avec une grande surface du plan d'eau et par conséquent une montée très lente du plan d'eau en cas de crue, les lignes des seuils peuvent être admises horizontales.

Afin de garder une vue d'ensemble de la situation en cas de crue sur place, les mesures du niveau d'eau et de la vitesse de montée du plan d'eau sont consignées dans une table de données (de manière électronique ou sur papier, voir exemple du tableau 1).



2.4 Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 5

De manière standard

Le calcul se fait à partir d'un niveau d'eau mesuré h prévalant à un instant t et de la vitesse de montée du plan d'eau v correspondant au même instant. La vitesse de montée est considérée comme constante. La cote de danger K_G sera alors atteinte en l'espace de la durée t_G selon la formule suivante:

$$t_G = \frac{K_G - h}{v}$$

La valeur seuil pour le déclenchement du niveau de danger 5 sera maintenant déterminée à l'aide de la durée t_5 depuis le déclenchement du niveau de danger 5 jusqu'à l'atteinte de la cote de danger K_G du plan d'eau. t_5 est généralement fixé à 60 minutes (voir chapitre 1.2). Les valeurs seuils, respectivement la ligne des valeurs seuils pour le niveau de danger 5 h_5 se calcule ensuite pour différentes vitesses de montée v comme suit:

$$h_5 = K_G - t_5 \cdot v$$

Cette ligne est reportée sur le diagramme des valeurs seuils de la figure 1.

Particularité de l'évacuateur de crue

Si l'ouvrage d'accumulation est doté d'un évacuateur de crue, deux régimes de montée du plan d'eau peuvent se produire:

- En dessus du seuil de l'évacuateur de crue
Si le niveau d'eau momentané se situe en dessus du seuil, l'augmentation disproportionnée du débit par l'évacuateur de crue est plus ou moins compensée par la partie ascendante (éventuellement exponentielle) de l'hydrogramme de crue. Le choix de l'hypothèse d'une vitesse de montée constante est ainsi justifié.
- En dessous du seuil de l'évacuateur de crue
Si le niveau d'eau momentané se situe en dessous du seuil, la vitesse de montée a tendance à augmenter à cause de la partie ascendante de l'hydrogramme de crue. Il se produit cependant une "cassure" soudaine lorsque le seuil est atteint. Le choix de l'hypothèse d'une vitesse de montée constante est également globalement acceptable dans ce cas.

Particularité en cas de décharge par les turbines

Si le niveau du plan d'eau et la vitesse de montée sont déterminés alors qu'il est turbiné, il faut en général s'attendre à ce que ce débit de décharge ne pourra pas être maintenu en permanence (par exemple inondation de la centrale avec défaillance des turbines). Dans le diagramme de la figure 1, la position n'est alors pas déterminée sur la base de la vitesse de montée du plan d'eau réelle, mais de la vitesse de montée hypothétique en l'absence de décharge par les turbines. Cette vitesse de montée se calcule comme suit:

$$v \rightarrow v + \frac{Q_{Abf}}{A}$$

Avec Q_{Abf} le débit de décharge et A la surface (momentanée) de la retenue. Un procédé analogue peut être adopté s'il faut s'attendre à une défaillance des organes de décharge, par exemple de l'évacuateur de crue, de la vidange de fond ou des vannes de décharge.



2.5 Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 4

La détermination s'effectue de manière analogue à celle de la valeur seuil pour le niveau de danger 5. La valeur seuil pour le déclenchement du niveau de danger 4 est déterminée à l'aide de la durée t_4 depuis le déclenchement du niveau de danger 4 jusqu'au déclenchement du niveau de danger 5. t_4 est généralement fixé à 60 minutes (voir chapitre 1.2). Les valeurs seuils, respectivement la ligne des valeurs seuils pour le niveau de danger 4 h_4 se calcule ensuite pour différentes vitesses de montée v , comme suit:

$$h_4 = h_5 - t_4 \cdot v$$

Cette ligne est reportée sur le diagramme des valeurs seuils de la figure 1.

2.6 Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 3

Lors du déclenchement du niveau de danger 3, le personnel de l'organisation d'urgence de l'exploitant doit se rendre au barrage et occuper la centrale d'alarme-eau ou le poste d'observation avant le déclenchement du niveau de danger 4. En désignant le temps de marche d'approche depuis l'emplacement où se tient régulièrement le personnel par t_3 , les valeurs seuils, respectivement la ligne des valeurs seuils pour le niveau de danger 3 h_3 se calcule ensuite pour différentes vitesses de montée v comme suit:

$$h_3 = h_4 - t_3 \cdot v$$

Comme l'application de ce critère, particulièrement aux petits ouvrages d'accumulation, pourrait souvent conduire à un envoi inutile de personnel au barrage, le niveau de danger 3 n'est en règle générale déclenché que quand, **simultanément**

- la cote critique K_{krit} est atteinte et
- le critère pour le déclenchement du niveau de danger 2 est rempli.

En ce qui concerne la détermination du temps d'approche t_3 , non seulement le temps effectif de déplacement en voiture ou à pied, mais aussi le temps pour la mobilisation de l'organisation d'urgence et pour la préparation du départ du personnel doivent être pris en considération (pour autant que ceux-ci ne soient pas déjà inclus dans le critère de déclenchement du niveau de danger 2).

Si l'analyse des dangers montre que durant de grandes tempêtes des glissements de terrain et/ou des écoulements d'eau rendant l'accès au barrage difficile pourraient se produire, cette situation doit être prise en considération dans la détermination de la durée t_3 . Une vitesse de montée critique v_{krit} , à partir de laquelle l'occupation du barrage est à ordonner de manière à ce que le personnel de l'organisation d'urgence puisse atteindre le barrage avant l'apparition de tels obstacles, peut à la rigueur aussi être évaluée sur la base de l'expérience (pour autant que la cote critique K_{krit} ait été atteinte).

La ligne des valeurs seuils sera également reportée sur le diagramme des valeurs seuils de la figure 1.



2.7 Détermination de la valeur seuil pour le niveau de danger 2

Le niveau de danger 2 est à déclencher quand il devient nécessaire de suivre l'évolution du niveau du plan d'eau et de sa vitesse de montée dans la retenue de très près, et en prévision des préparatifs pour le déclenchement ultérieur du niveau de danger 3. En règle générale, ceci est effectué lors d'une crue avec un débit de période de retour de 30 jusqu'à 100 ans (correspond au niveau de danger 4 pour les cours d'eau selon "Les 5 niveaux de danger des crues", site web OFEV juillet 2014).

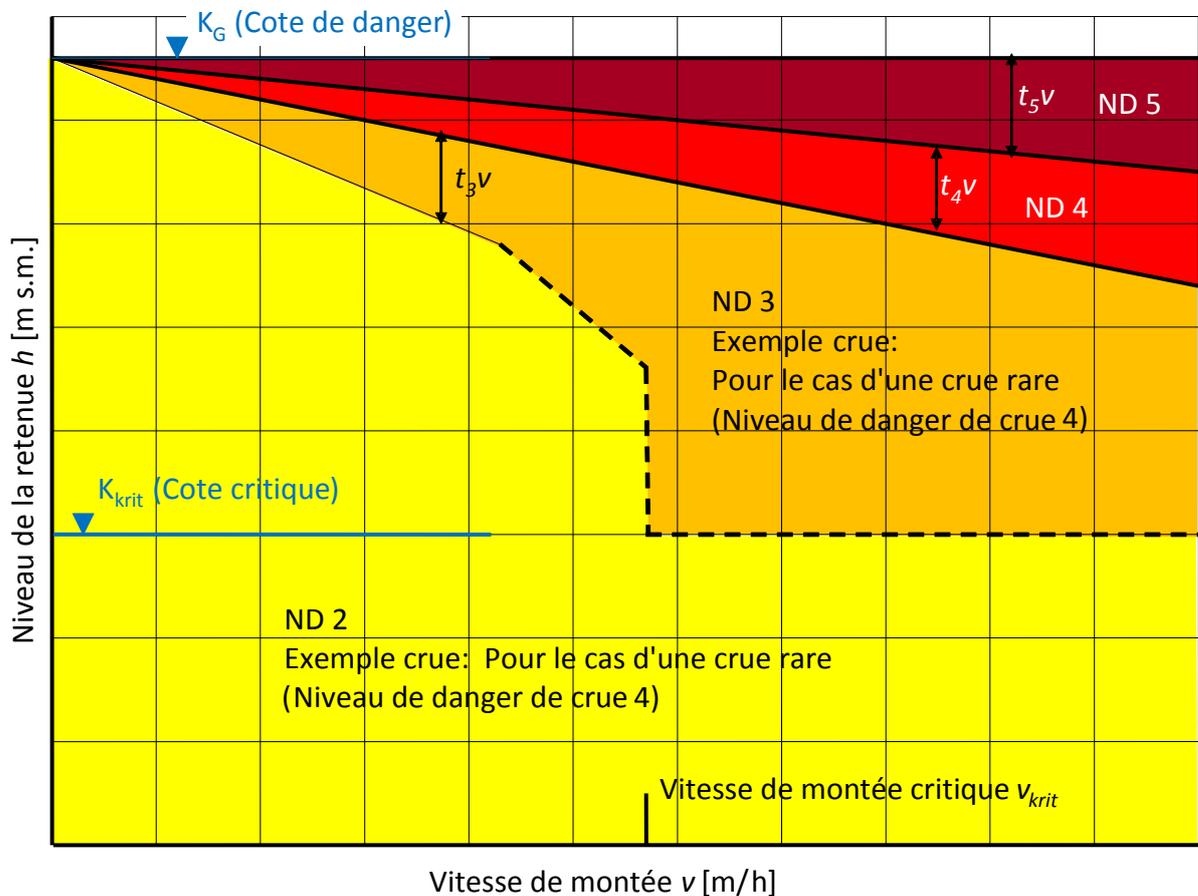


Figure 1: Diagramme des valeurs seuils pour la surveillance du niveau d'eau et de la vitesse de montée. Pour mieux se repérer, les cotes du couronnement du barrage, du seuil de l'évacuateur de crue etc. peuvent être indiquées.



3 Vérification de la conformité de la stratégie élaborée

La stratégie élaborée dans le chapitre 2 est à vérifier systématiquement quant à sa conformité compte tenu des données locales; elle doit éventuellement être adaptée. Un exemple se trouve dans " Talsperren – Kriterien für die Notfallstrategie im Hochwasserfall", Karl Flury, wasser energie luft, 81. Jahrgang, 1989, Heft 10, 267-270.

En général, la conformité est vérifiée en calculant le niveau d'eau et la vitesse de montée pour différents hydrogrammes réels et fictifs (calculs de rétention). Ces simulations doivent couvrir un large éventail de conditions initiales, périodes de retour et formes d'hydrogramme.

Les résultats des calculs sont reportés dans le diagramme des valeurs seuils (voir figure 1). Les différentes simulations montrent quel niveau de danger devrait être déclenché à quel moment. Il peut ainsi être estimé si le déclenchement du niveau de danger est approprié. Il faut en particulier s'assurer que des situations menaçantes pour le barrage ne passent pas inaperçues et qu'un niveau de danger élevé (p. ex. ND 5) ne soit pas déclenché pour chaque petit évènement, voire pour une situation sans risque pour le barrage. Si nécessaire, la stratégie doit être adaptée. Lors de l'adaptation, il faut toujours tenir compte de l'objectif premier qui est d'alarmer à temps la population et d'assurer son évacuation en cas d'ondes de submersion provoquées par la rupture du barrage.



4 Surveillance du niveau d'eau et de la vitesse de montée du plan d'eau

Le niveau d'eau h et la vitesse de montée v étant les valeurs essentielles pour déterminer les niveaux de danger, il est impératif que ces deux paramètres soient suivis régulièrement durant un évènement. Les mesures correspondantes sont à faire toutes les deux heures à partir du niveau de danger 2 déjà. Dès que le niveau de danger 3 est atteint, les mesures doivent au moins être effectuées toutes les heures et à partir du niveau de danger 4, toutes les demi-heures, voire tous les quarts d'heure. En ce qui concerne les petits ouvrages, qui réagissent très vite aux tempêtes, ces valeurs doivent être relevées plus souvent.

Les mesures du niveau et de la vitesse de montée du plan d'eau sont à consigner (exemple, voir tableau 1a et 1b). Le protocole selon le tableau 1 ainsi que le diagramme des valeurs seuils pour la surveillance selon la figure 1 font partie du dossier d'engagement.

Tableau 1a: Exemple d'un tableau pour le relevé du niveau d'eau et la détermination de la vitesse de montée du plan d'eau. Cas sans décharge par turbinage ou autre, resp. sans danger de défaillance de ces organes.

Date	Heure	Δt [h]	h [m s.m.]	Δh [m]	$v_1 = \frac{\Delta h}{\Delta t}$ [m/h]
Pas de décharge par turbinage ou autre, resp. sans danger de défaillance de ces organes.					

Tableau 1b: Exemple d'un tableau pour le relevé du niveau d'eau et la détermination de la vitesse de montée du plan d'eau. Cas avec décharge par turbinage ou autre, pour lequel un danger de défaillance existe.

Date	Heure	Δt [h]	h [m s.m.]	Δh [m]	$v_1 = \frac{\Delta h}{\Delta t}$ [m/h]	Q_{Abf} [m ³ /s]	A [km ²]	$v_2 = 0.0036 \cdot \frac{Q_{Abf}}{A}$ [m/h]	$v = v_1 + v_2$ [m/h]
Décharge Q_{Abf} par les turbines ou autre (pertuis, pompes, évacuateur de crue actif) pour lesquels un danger de défaillance existe.									