La débâcle de glace, une autre menace

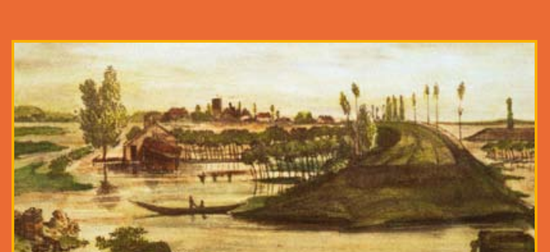
Si une crue majeure peut s'avérer destructrice, il en est de même de la formation de blocs de glace qui, au dégel, provoquent des embâcles très volumineux. Les glaces viennent alors s'accumuler devant tout obstacle, créant un barrage dont la hauteur augmente, générant une pression telle que l'ouvrage finit par céder. Les levées contiguës peuvent elles aussi subir le même sort. L'eau chargée de glace et de corps flottants fait alors irruption dans le val avec une rare violence.

▲ Embâcles sur la Loire, quai de Médine, crue de janvier 1918.

La levée ne protège pas à 100 %

En fonction de la crue que l'on veut contenir, la conception et la qualité des ouvrages changent. Mais il y a toujours des limites aux protections. L'histoire nous l'a montré. Il nous faut rester modestes. La survenance de brèches par surverse ou par érosion peut arriver dans n'importe laquelle de nos levées. Même si l'ouvrage ne cède pas, les secteurs protégés peuvent se trouver inondés partiellement par les eaux d'infiltration, par migration sous les levées et par remontée de nappe. La levée est souvent surmontée d'une banquette, fréquemment fragile, qui tente de contenir une plus grande hauteur d'eau en Loire.

▲ Banquette, levée de Sermoise.



▲ Brèche dans une levée de Loire, peinture de 1856.

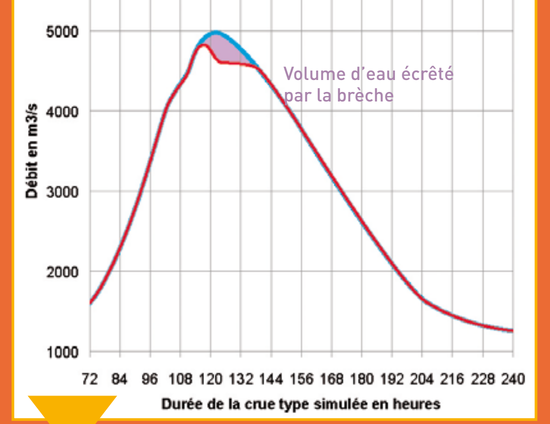
La brèche est très dangereuse

Avec les brèches, l'incertitude de leur survenance et de leur localisation crée le danger. Le déferlement de la vague, due à la rupture de l'ouvrage, balaie tout sur son passage. La chute d'eau creuse des fosses d'érosion très profondes (plus de 10 mètres) et détruit la levée sur une longueur pouvant dépasser 100 mètres. Derrière la levée, le niveau de l'eau monte rapidement.
Lorsque le val est fermé en aval, le fleuve peut créer une autre brèche : la brèche de retour. Les conséquences des brèches sont redoutables pour les populations.

▲ Ouverture d'une brèche lors d'une crue du XIXe siècle.

La brèche écrête la crue

Lors des grandes crues historiques, les brèches ont permis un écrêtement des flots de la Loire. Elle a retrouvé accidentellement les champs d'expansion que lui avait soustrait l'homme. Une partie du volume d'eau est stockée momentanément dans les vals inondés et vient alors minorer l'impact de la crue, localement et à l'aval. Ce fut le cas à Nevers, en rive gauche en particulier.
Les études ont montré que cet effet écrêteur ne joue que si les champs d'expansion sont de grande dimension. Ce constat a incité les ingénieurs du XIXe siècle à proposer la création d'ouvrages capables d'écrêter la crue : les déversoirs de sécurité. Leur fonctionnement doit être calculé pour permettre un délestage au bon moment, lors du pic de crue.
Le schéma ci-contre représente la simulation du débit de la Loire à Givry, si une brèche venait à s'y produire.



La courbe bleue représente la situation sans brèche. La courbe rouge montre ce qui se passe si une brèche survient avant la pointe de crue. Le débit en Loire diminue fortement car une partie de l'écoulement passe par la brèche, puis le débit se stabilise. La brèche a permis une réduction du débit maximum de la crue. La surface violette matérialise la quantité d'eau qui est passée par la brèche.

Les levées disparates du val de Nevers

Héritage de l'histoire, les levées de l'adn n'ont pas le même propriétaire. Celles de la rive gauche appartiennent à l'État ; celles de la rive droite, et c'est un cas peu fréquent sur la Loire, sont la propriété de la commune de Nevers. La levée de Maison Rouge sur la commune de Saint-Éloi appartient à un propriétaire privé. C'est une exception. Il n'y a pas de levées sur les autres communes de l'agglomération.

Les levées implantées dans le Cher jouent un rôle significatif dans les contraintes apportées à l'écoulement des crues à l'aval du Bec d'Allier. Elles ont été le siège de brèches lors des crues historiques.

Les protections de la rive droite

La levée de Maison Rouge : très mauvais état

L'ouvrage ferme le val protégé par la levée de Saint-Éloi et le talus SNCF. Il est très fragile, en très mauvais état et très végétalisé. Le talus de l'A77 risque donc d'être sollicité.

La levée de Saint-Éloi, en amont du canal : très bon état

L'ouvrage a fait l'objet d'importants travaux avec la réalisation d'un noyau en bentonite étanche. Le seul point faible serait la station de relèvement des eaux.

Les levées du canal de dérivation de la Nièvre : bon état

Entre les quartiers des bords de Loire et de la Baratte, le canal est ouvert sur la Loire. Ses levées latérales semblent être en bon état à l'exception des plantations en pied de levée et des traversées de canalisation qui les fragilisent.

La levée de Saint-Éloi en aval du canal : très bon état

Comme pour la levée en amont du canal, les travaux ont été réalisés en 2003, avec la mise en place d'un rideau de palplanches.

La levée de Médine : bon état

Entre la station de relèvement et la porte écluse, l'ouvrage, bien que non homogène, est en bon état.

▲ Travaux sur la levée de Saint-Éloi en 2003.

▲ La levée de Médine.

Les protections de la rive gauche

La levée de Bonne Femme : mauvais état général

En amont de l'A 77, l'ouvrage, réalisé entre 1853 et 1860, est en mauvais état. Côté Loire, la pente est trop raide et se trouve déstabilisée par la végétation. Sa banquette est trop haute (2 m) et trop étroite (3 m).

La levée de Sermoise : mauvais état général

En aval de l'A 77, le profil est identique à la levée de Bonne Femme, mais il est plus large du fait de la RD 13. Les problèmes précédents restent les mêmes, mais il s'y ajoute un alignement de platanes. En aval du canal de la Jonction, l'ouvrage est protégé côté Loire.

La levée de Gimouille : ouvrage protégé

Entre la RN 7 et le remblai SNCF, la levée de Gimouille se trouve en 2e ligne parallèlement à la levée de la Bonne Dame.
En aval du remblai SNCF, la levée se trouve en 1re ligne, mais elle est éloignée de la Loire.

La levée du canal de la Jonction : bon état apparent

L'ouvrage est globalement étroit (4 m) et les arbres sur sa crête peuvent provoquer des désordres. Le pied de la levée, très proche de la Loire, peut être érodé.

La levée de la Blanchisserie : état préoccupant

L'ouvrage présente des anomalies : arbres sur crête, pied de levée trop proche de la Loire, talus maçonnés dégradés… La levée est étroite (5 m) et le sommet de l'ouvrage est souvent affaissé.

La levée de la Bonne Dame, entre les deux ponts : état préoccupant

D'un profil un peu étroit (5 m), l'ouvrage présente des anomalies dues à des terriers, à la non-homogénéité de la levée avec, du côté val, un mur vertical. Le pied de talus est inaccessible en raison des ronces. Le côté Loire est miné de souches.

Carte des risques de brèches sur l'adn

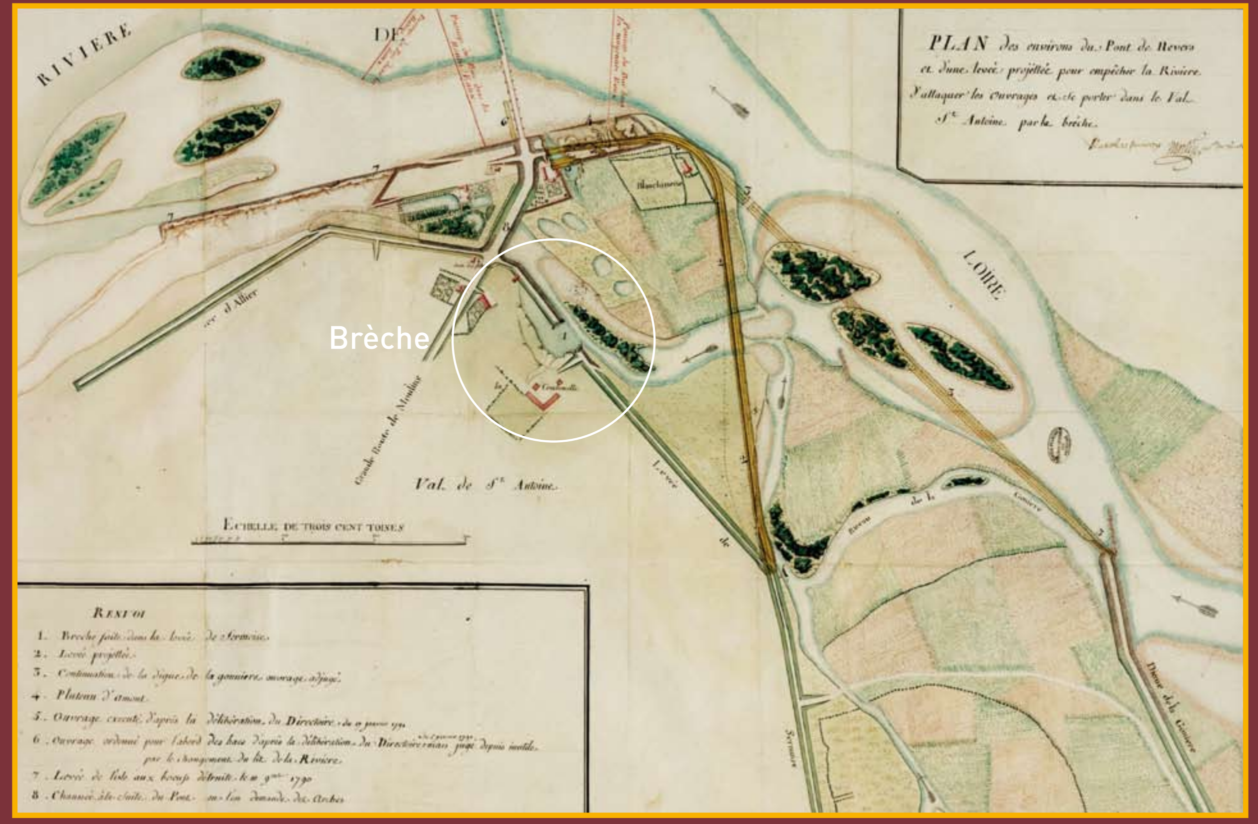
Par rapport au profil en long de la Loire en crue, les levées sont insubmersibles jusqu'aux crues de période de retour de 500 ans.
En rive droite, un point bas a été isolé sur la levée de Maison Rouge. En rive gauche, la crue cinq-centennale atteint les crêtes des levées de Gimouille et de Sermoise. La fragile banquette qui surélève la levée de Sermoise tente de limiter les surverses.

Conception et réalisation : Minea, www.minea.fr. Crédits photos : H. Fallet, H. Couprie, J.-P. Ferrand, A. Mausset.
Impression CIA Bourgogne

Etude Globale du Risque Inondation sur l'Agglomération de Nevers
www.etude-egrian.com Décembre 2009
adn agglomération de nevers

La levée, la brèche et le déversoir

Les ouvrages latéraux de défense contre les inondations, leurs ruptures et les moyens d'y remédier.



▲ Projet de construction d'une levée à Nevers après la crue du 13 novembre 1790. Document Archives nationales.

Les Ligériens ont toujours tenté de limiter les atteintes de leurs biens par les crues du fleuve et de ses affluents. Ils ont réalisé leurs bâtiments sur des tertres ou des remblais pour certaines voies. Ils ont mis en œuvre, progressivement et en réaction face aux crues, des ouvrages de protection : les turcies puis les levées. Avec ces ouvrages est apparu le risque de brèche. Parallèlement, d'autres aménagements ont été faits sur le fleuve : des franchissements qui implantent de volumineuses piles de ponts au milieu du lit mineur et qui dressent des remblais d'accès à ces ouvrages ; un canal latéral en limite du lit majeur ; des canaux de jonction pour relier l'infrastructure au fleuve… Ces ouvrages dans le lit endigué ont pour fonction de guider le courant des eaux de la Loire de façon à creuser ou à entretenir le chenal de navigation.

Toutes ces actions ont eu un objectif d'intérêt général pour :
→ Limiter les inondations et assurer la protection des populations.
→ Protéger les cultures implantées dans le val.
→ Aider au développement économique avec des infrastructures de franchissement ou de navigation.
→ Accueillir une urbanisation, trop souvent implantée en zone inondable.

Pourtant, un constat persiste, les rivières tentent toujours de reprendre possession de leur lit majeur lors des fortes crues en ouvrant au besoin des brèches dans les ouvrages de protection. La Loire n'a pas respecté, lors des très fortes crues du XIXe siècle, les limites que les Ligériens voulaient lui imposer. Ces violentes crues, catastrophiques, risquent de se reproduire.

L'Étude Globale du Risque Inondation sur l'Agglomération de Nevers, lancée en 2007, a pour objectif la recherche de la réduction des aléas et des vulnérabilités dans les zones inondables des communes de l'adn sans augmenter les impacts des crues en aval.

▲ Crue de novembre 2008.

La levée, la brèche et le déversoir

La levée génère le risque de brèche

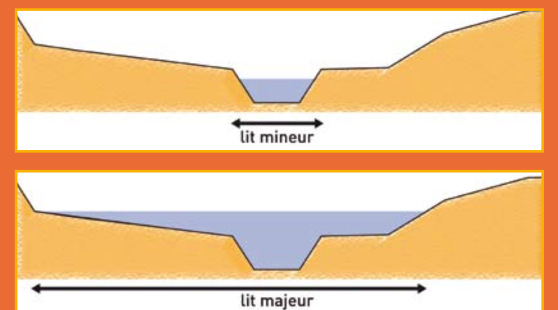
Mettre hors d'eau et contenir les crues, à quel prix ?

Les surélévations des sols pour mettre hors d'eau les enjeux (tertres ou remblais) ainsi que les ouvrages de protections linéaires, turcies et levées, contestent le lit majeur des rivières.

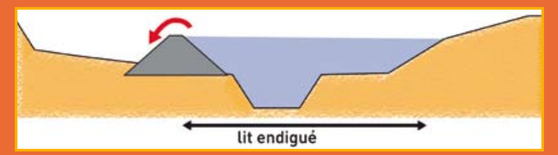
Le fleuve perd alors ses champs d'expansion. Contraints dans les levées, ses flots sont plus agressifs et s'élèvent plus rapidement. Avec la construction des levées, la Loire atteint des niveaux et des vitesses qu'elle ne connaissait pas auparavant, d'où un fort accroissement du danger.

Mais à la question : « Vont-elles résister et sont-elles assez hautes ? », la réponse historique est « pas toujours et pas pour toutes les crues ». Ces ouvrages, plus ou moins bien réalisés et souvent mal consolidés dans la précipitation, ont toujours cédé lors des grandes crues.

Les levées ne protègent les hommes et leurs activités que pour des crues petites et moyennes, ce qui est déjà un objectif louable.



▲ Crue dans le lit naturel.



▲ Lors de la même crue dans un lit endigué : élévation de la hauteur d'eau, accélération de la vitesse, et risque de surverse au-dessus de la levée, ou érosion en pied d'ouvrage.

La puissance de l'eau est immense

La puissance de l'eau et sa détermination à éroder ce qui la contrarie sont considérables. L'eau sait s'appuyer fortement dans de multiples situations et même, à l'inverse, elle sait aussi très bien arracher.

▲ Crue de décembre 2003 à Nevers.

Comment surviennent les brèches ?

Brèche par surverse

Les désordres sont incontournables lorsque le niveau d'eau dépasse la cote de crête de la digue. La lame d'eau déversante attaque le talus par érosion régressive et engendre une brèche dans la levée. Les flots peuvent l'élargir jusqu'à 200 m ou plus et ce jusqu'au terrain naturel. C'est la principale cause d'ouverture de brèches, comme l'ont montré les crues du XIXe siècle.

Brèche suite à des érosions de talus

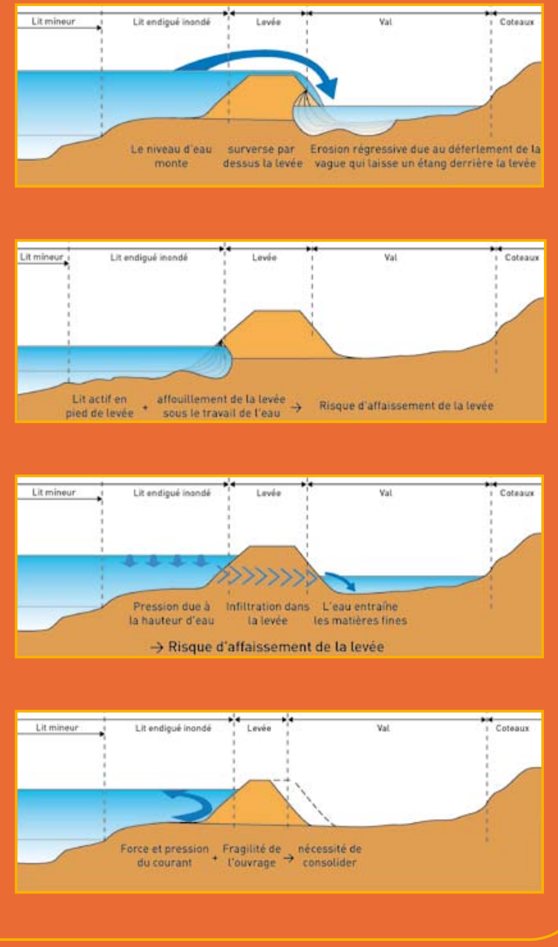
Les talus et les pieds de levées, surtout lorsqu'ils sont au contact du lit du fleuve, subissent des courants hydrauliques puissants.
Ces flots peuvent provoquer des érosions en pied d'ouvrage et ainsi entraîner leur déstabilisation.

Brèche consécutive à la formation de renards

L'hétérogénéité du corps de la digue peut provoquer des cheminements d'eau. Ils sont susceptibles de chasser des matériaux du corps de la digue côté val et former des galeries en travers de la levée. C'est le renard hydraulique.

Brèche suite à l'instabilité de la levée

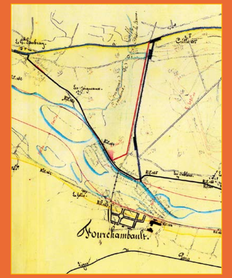
Le risque d'instabilité de l'ouvrage concerne principalement les levées étroites avec des talus raides non drainés et de compacité faible. Des travaux de renforcement de ces ouvrages peuvent alors s'avérer indispensables.



La rive gauche, **côté Cher**, a souffert au XIXe siècle

▲ Brèches en retour dans la levée de Cours-les-Barres lors de la crue de 1866.

▲ Brèche dans la levée du val de Cours-les-Barres lors de la crue de 1866.



▲ Carte en amont du val de Cours-les-Barres, canal de la Jonction (source : DDEA de la Nièvre).

▲ Fosse d'érosion d'une brèche sur la commune de Beffes.

▲ Le pont de Fourchambault, reconstruit après sa démolition lors de la crue de 1856. Il a ensuite été détruit lors de la guerre en 1940.

▲ Brèches à côté du pont de Fourchambault actuel lors des crues de 1856 et 1866.

▲ Brèche en retour dans la levée du Bec d'Allier lors de la crue de 1866.

▲ Plusieurs brèches dans la levée de Sermoise lors de la crue de 1790, 5 brèches d'une longueur totale de 415 m lors de la crue de 1846, 1 brèche de 94 m lors de la crue de 1856, 1 brèche de 100 m lors de la crue de 1866. À droite : la levée de Sermoise, crue de novembre 2003 (source : DIREN).

Les violentes crues du XIXe siècle ont rompu les levées du val de Nevers en de nombreux endroits

▲ Tableau de H. Harpignies. Le pont SNCF, sur la route de Bourges, a été emporté lors de la crue de 1856 (source : Amis du musée S. Blandin).

▲ Photo du passage actuel sous les voies SNCF, RD 976.

▲ Brèche de 300 m dans la levée de Gimouille lors de la crue de 1856.

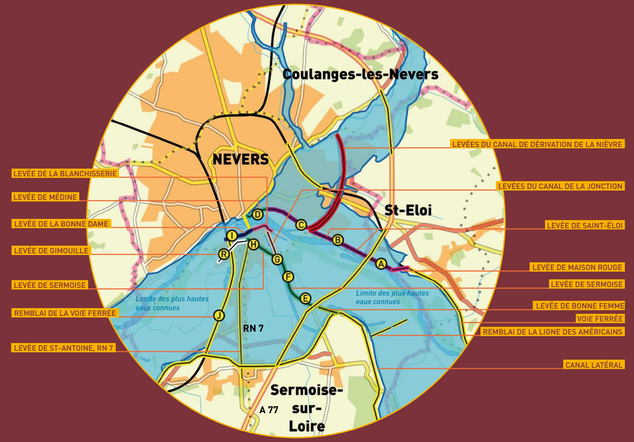
▲ Brèche de 200 m dans la levée de la Bonne Dame lors de la crue de 1856, et brèche de 100 m lors de la crue de 1866.

▲ Brèche dans la levée de Sermoise lors de la crue de 1789.

▲ Brèche dans la levée de Médine.

▲ 4 brèches d'une longueur totale de 444 m lors de la crue de 1846 dans la levée de Saint-Éloi.

▲ Brèche dans la levée de Maison Rouge.



Historique des crues

17 JANVIER 1789
Débâcles de glace
Sermoise : 1 brèche

13 NOVEMBRE 1790
Pont de pierre détruit
Sermoise : plusieurs brèches
Médine submergée

19 OCTOBRE 1846
RN 7 coupée
Saint-Éloi : 4 brèches
Sermoise : 5 brèches

31 MAI 1856
RN 7 submergée
Pont SCNF de Challuy emporté
Pont de Fourchambault emporté
Sermoise : 1 brèche
Gimouille : 1 brèche
Bonne Dame : 1 brèche

27 SEPTEMBRE 1866
Voie SNCF effondrée
Saint-Éloi : 2 brèches
Sermoise : 1 brèche
Bonne Dame : 1 brèche

28 NOVEMBRE 1928
Saint-Antoine : 2 brèches

▲ Brèche dans la levée de Sermoise, à proximité de la station de pompage.

Le déversoir limite le risque de brèche

Pour éviter la brèche, il faut faire des concessions

Les hommes ont bien pris conscience du danger de la brèche. Certains ont proposé que l'on fasse « la part de l'eau », ce qui consiste à accepter le passage des flots dans le val à partir d'une certaine force de crue. Ce fut la création d'ouvrages spécialisés dans les levées, des « déchargeoirs » puis des « déversoirs », plus perfectionnés et plus résistants que les premiers ouvrages.

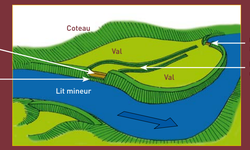
Les solutions de l'ingénieur Comoy

À la suite des crues de 1846 et de 1856, l'inspecteur général Guillaume Comoy, né à Decize, fut chargé par Napoléon III de mettre en place un plan de défense contre les inondations de la Loire. Il fit son premier rapport à la suite de la crue de 1856. En 1861, il démontra l'inutilité des surélévations des levées. Il proposa alors plusieurs solutions, dont celles de barrages écréteurs de crues en amont et celles de plusieurs déversoirs plus ou moins perfectionnés tout au long de la Loire.
Il avait proposé 19 déversoirs et plusieurs barrages réservoirs. Il n'a pas réussi à réaliser son projet, seuls 7 déversoirs ont été mis en œuvre. Aucun barrage n'a été construit dans ce sens. Proche de l'ad, au Bec d'Allier, un déversoir de sécurité a été réalisé. C'est l'ouvrage du Guétin, à la confluence de la Loire et de l'Allier.

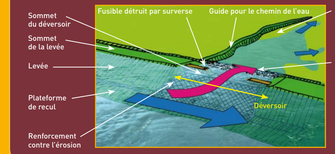
▲ Le déversoir du Guétin, au Bec d'Allier.

LE CHEMIN DE L'EAU

Un chemin de l'eau peut guider les flots derrière le déversoir.



DÉVERSOIR AVEC FUSIBLE



Les déversoirs de sécurité protègent la levée de la destruction par surverse ou par érosion

Le principe d'un déversoir est de créer, dans la levée, un ouvrage qui abaisse, sur une courte distance, le niveau de la digue. En cas de forte crue, cet abaissement permet aux flots de surverser dans le val à partir d'un niveau en rivière déterminé. Ils empruntent ainsi un itinéraire choisi et connu, contrairement à la brèche.
L'ouvrage est renforcé, côté rivière et côté val, pour résister à la force des écoulements de la surverse. Il peut comporter un « fusible ». C'est un monticule de terre qui surélève le niveau du déversoir. Lors de la montée de la crue, il retarde la surverse puis s'efface lorsque les flots passent au-dessus. Ce dispositif ouvre ainsi le val aux eaux de la crue pour une hauteur plus grande que la lame d'eau d'une surverse simple sur un déversoir classique. Ce dispositif améliore l'écrêtement car il déclenche l'ouvrage lors de la pointe de la crue et ouvre donc sur une plus grande hauteur le déversoir qui écrête plus efficacement la crue.
L'intérêt du déversoir est multiple. Il protège relativement bien la levée contre toute surverse et limite ainsi le risque de brèche. Le déversoir contribue aussi à réduire le risque d'accident sur la digue lorsque les eaux sont proches du sommet de la levée. En effet, elles peuvent provoquer une érosion ou un appui trop puissant qui risquent d'entraîner une destruction partielle et localisée de l'ouvrage.
De plus, le déversoir dévie des eaux de la crue, normalement à son moment le plus fort, ce qui est bénéfique en aval et sur l'autre rive, en raison de l'écrêtement qu'il procure et donc de l'apaisement de la violence des flots.
Lors de la décrue, l'intérêt du déversoir est qu'il arrête d'alimenter en eaux le val dès que le niveau de la crue est inférieur à celui de son seuil, contrairement à la brèche qui détruit la levée jusqu'au sol naturel et laisse les flots entrer dans le val jusqu'à la fin de la décrue.

▲ Le déversoir de Jargeau est doté d'un fusible.