

Confortement de digues étroites et boisées : le cas des digues de l'Isère

Michel Pinhas

Le système d'endigements de l'Isère dont l'association départementale Isère-Drac-Romanche a la charge, représente un linéaire de 90 km dont 50 km en amont de l'agglomération grenobloise, soit 100 km d'ouvrages en comptant les deux berges.

Rappel des caractéristiques des endiguements de l'Isère

Édifiés pour la plupart au XIX^e siècle, ils ont été réhaussés entre 1950 et 1970. Si leur construction initiale s'est accompagnée de la mise en place d'un perré d'encrochements libres constitué de lauzes du massif de Belledonne (photo 1), leur réhaussement au siècle suivant s'est effectué selon des méthodes **dont la pathologie actuelle constitue le lourd héritage** :

- terrassement des bancs de grave en rivière ;
- mise en dépôt *sans compactage* sur l'endiguement d'origine ;
- empiètement dans le lit et recouvrement des lauzes d'origine ;
- aucune protection du talus côté rivière.

Il en résulte des ouvrages aux caractéristiques suivantes :

- **digues étroites** (le plus souvent 3 m en crête) ;
- **talus excessivement raides**, tant côté val (grignotage des pieds de talus par les cultures) que côté rivière (le 3V pour 2H d'origine ayant été largement entamé par l'érosion) ;

– **digues « pieds dans l'eau »** : le talus de la digue est dans le prolongement du talus de berge ;

– **assise foncière étriquée** : aucune maîtrise du foncier à compter du pied du talus/pis encore : certains particuliers revendiquant le terrain *sous* la digue ;

– **matériau non compacté** lié à une mise en œuvre au coup par coup de matériau graveleux, hors de toutes règles de l'art ;

– et surtout, particularité peu enviable pour un endiguement, **présence d'un boisement** dense et continu sur l'ensemble des talus de la digue et de la berge.

Ce boisement (photo 2), dû à un abandon progressif des pratiques d'affouage, représente une densité d'environ 2 500 sujets d'un diamètre supérieur à 15 cm au km.



▲ Photo 1 – Vue sur une berge de l'Isère et de son encrochement.

Les contacts

Association
Départementale Isère
Drac Romanche,
2, chemin des
Marronniers, 38100
Grenoble

► Photo 2 – Vue du boisement dense et continu sur le talus de la digue.



L'inventaire de la végétation menée, par le LCEG de l'université Joseph Fourier de Grenoble (dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion de la végétation par les forestiers du Cemagref d'Aix-en-Provence), a mis en évidence une distribution de la population dans laquelle 40 % des sujets ont plus de 40 ans, ce qui correspond à des hauteurs de plus de 20 m (les espèces les plus courantes étant le peuplier et l'acacia).

Notons enfin que l'analyse des strates de croissance a mis en évidence le dynamisme du développement des arbres, à savoir 2 m par an sur les peupliers et saules.

1. Une digue fossile a été démontée de façon à répertorier l'ensemble du système racinaire traversant la digue.

Les pathologies résultantes de ces caractéristiques

De ces caractéristiques, résulte un ensemble de pathologies récurrentes sur la totalité du linéaire.

- **Géométrie des talus** : le talus aval présente, en sa partie basse, un front vertical quasi continu marquant l'érosion des matériaux mis en œuvre en 1950, et ceci, jusqu'à buter sur les lauzes d'origine.

► Photo 3 – Vulnérabilité de la digue due à la présence d'arbres importants.



La partie supérieure du talus est alors soumise à un risque *généralisé de glissement*. En effet, l'apparente tenue des talus dans leur raideur actuelle n'est due qu'à leur maintien hors d'eau pendant 99 % du temps, et ne doit pas faire oublier une dégradation rapide des paramètres de stabilité lors d'une crue. On notera que **la configuration « pied dans l'eau » est particulièrement pénalisante** pour la digue puisque tout désordre en berge engage directement le talus de la digue.

- **Étroitesse et constitution de l'ouvrage** : les dernières crues ont révélé ce que laisse supposer une telle morphologie d'ouvrage, à savoir un risque potentiel général *d'érosion interne* lors d'une montée des eaux. Ce phénomène de renard est autant lié à la perméabilité du matériau constituant l'ouvrage qu'à sa mise en œuvre et à la présence de nombreuses racines (voir ci-après). Les « renards » constatés l'ont été avec une faible charge piézométrique ce qui laisse supposer l'existence de « **tuyaux** » **pré-établis dans le sol**.

- **Les boisements** : la conséquence immédiate – et connue – de la présence de troncs de grande hauteur sur un talus est le *risque d'arrachement* de la digue lors des coups de vent (photo 3), arrachement d'autant plus fatal à l'ouvrage qu'il est étroit. Moins immédiate est celle mise en évidence par les investigations du Cemagref sur des digues fossiles de l'Isère¹ et consistant en un **cheminement racinaire important de part en part du corps de digue**. Ce cheminement constitue, lorsque la racine est vivante, une zone de moindre compacité – et donc un cheminement potentiel, et, lorsqu'elle vient à dépérir un véritable tuyau. D'où le risque généralisé de « renard » hydraulique. Notons néanmoins qu'il a été constaté que le système racinaire ne perforait pas les perrés de petits blocs taillés et appareillés mais s'étalait en surface.

Les difficultés d'investigation qui en résultent

L'inspection visuelle, qui est et reste la base de tout diagnostic, est particulièrement contrariée par les caractères de l'ouvrage énoncés ci-avant :

- **les digues ne ménagent aucun chemin en contrebas** des talus que ce soit côté val du fait de l'absence de servitude de passage ou du côté rivière du fait de l'alignement des talus de berge et de digue ;

– **l'abondante végétation**, même en période hivernale, fausse toute observation objective et empêche physiquement une investigation méthodique selon un pas constant. De plus, l'engraissement progressif du chevelu racinaire et des cépées par les alluvions conduit à des « boursofflures » et à des gonflements de l'aspect du terrain qui ne correspondent en rien à des glissements repérés ;

– **le caractère très diffus des hétérogénéités** telles que les lacunes dans la continuité du matériau relativise les résultats attendus des investigations géophysiques : elles confirment souvent l'homogénéité... des hétérogénéités ! Elles constituent surtout, de ce fait, une vérification quand à l'absence de « dent creuse » dans l'ouvrage. Les sondages quand à eux ne viennent souvent que confirmer ce que nous a apporté la connaissance historique, à savoir une digue composée de graves de rivière peu ou pas compactées. On notera toutefois que de telles vérifications restent nécessaires pour valider un historique parfois confus (notamment en terme de localisation des tronçons) et pour donner du poids à des interprétations relevant plus de l'expertise que d'une démarche analytique.

Que faire, quel diagnostic et quels travaux ?

Quelle stratégie en terme de diagnostic ?

Le diagnostic, s'il doit continuer à s'appuyer sur des investigations géotechniques à titre de vérification, doit s'articuler selon deux directions :



– **le terrain**, avec d'un côté, les rondes d'inspection permanente des gardes digues qui repèrent les désordres les plus évidents (arbres tombés, fontis) et, de l'autre, des opérations plus radicales telles que les coupes à blanc (photo 4) sur un tronçon donné, complétées par des sondages à la pelle mécanique (photo 5) afin de retrouver tel ou tel ancien perré ;

– **l'analyse multifactorielle**, avec la mise en parallèle d'éléments tels que : niveau des plus hautes eaux par rapport au niveau du terrain naturel en contrebas, caractères morphologiques de l'ouvrage, historiques des interventions, présence et nature d'un enjeu en arrière de l'ouvrage, etc. Tous croisements aboutissant à l'exploitation du SIRS-Digues² comme élément d'aide à la décision.

Quelle stratégie en termes de travaux ?

La présence de boisements abondants conjuguée à des talus dégradés et « pied dans l'eau » ainsi qu'à un matériau constitutif peu compacté, conduit à envisager la restauration des ouvrages selon les axes suivants.

LA VÉGÉTATION

La présence de systèmes racinaires développés dans le corps de digue contrarie le traitement radical que l'on devrait appliquer si on s'en



2. SIRS-Digues : système d'information géographique spécialisé dans la gestion des digues mis en œuvre à l'initiative de l'Association départementale Isère-Drac-Romanche et du Symadrem (syndicat mixte d'aménagement des digues du Rhône et de la mer).

◀ Photos 4 et 5
– À gauche, coupe à blanc pour diagnostic ; à droite, sondage pour retrouver un ancien perré.

► Photo 6 – Coupe jardinatoire sur Pontcharra.



tenait à la règle fondamentale qui proscrit tout boisement sur une digue, à savoir une coupe à blanc avec dessouchage.

En effet, le risque d'une telle solution est le *pourrissement des racines*, avec comme corollaire l'aggravation du risque d'érosion interne. Il convient donc, en l'absence de tous travaux de confortement de type génie civil, *de garder les racines vivantes* tout en ralentissant leur croissance et en limitant la taille et la densité des arbres présents.

Cet impératif a conduit à mettre au point, sous la conduite des forestiers du Cemagref et avec le concours de l'Université Joseph Fourier, un plan de gestion de la végétation dont les points forts sont les suivants :

- *plan sur 10 ans* soit 10 % du linéaire traité chaque année ;
- soit *coupe rase sans dessouchage* (en milieu rural) ;
- soit *coupe jardinatoire* (photo 6) : prélèvement de 2 % des sujets sur une parcelle, ceci tous les cinq ans.

► Photo 7 – Travaux d'enrochement sur une risberme intermédiaire en 0/400 mm.



On devrait ainsi assister à un **rajeunissement et à une stabilisation** des peuplements forestiers sur la digue. Notons que les mesures de coupe rase doivent s'accompagner d'un *traitement des invasives*.

LES TRAVAUX DE RÉPARATION

La stratégie actuelle

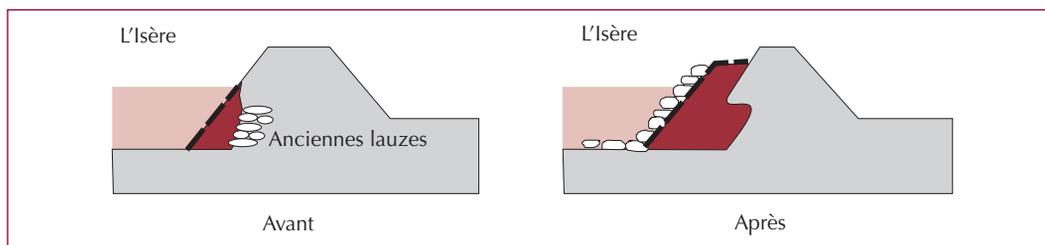
La lutte contre les phénomènes d'affouillement et d'érosion des talus a été jusqu'à présent le fil conducteur des travaux réalisés, avec comme postulat d'aller reconquérir sur la rivière ce qu'elle avait emporté. Il en résulte des travaux caractérisés par :

- **une mise en œuvre délicate** : la grande hauteur de talus à traiter liée à la présence de fosses d'affouillement pouvant prolonger le talus jusqu'à – 6 m sous le fil d'eau, conduit à devoir travailler sur deux niveaux et ceci, malgré l'utilisation de pelles à bras long autorisant une pose sur 12 m de rampant. La technique utilisée consiste à remblayer en rivière une large risberme en déchet de carrière 0/400 mm (photo 7), puis à la terrasser en reculant pour remonter son niveau de crête au niveau choisi (Q2 ou Q10). Le talus d'origine est alors épaulé par ce remblai (figure 1), qui peut recevoir un perré de blocs (extrados des courbes, enjeux importants en arrière de la digue) ou rester tel que (alignements droits, faibles enjeux). Dans ce dernier cas, le remblai est surveillé et peut faire l'objet de retalutage ou de rechargement en cas de désordre. Par ailleurs, l'AD étudie des procédés de végétalisation rapide par herbacés, la tonte régulière en assurant la pérennité ;
- **un coût élevé** ;
- **des aléas importants sur les plannings** de réalisation (saison de travaux limitée à six mois d'hiver).

De plus, ces travaux ne réduisent pas le risque d'érosion interne, ni l'exposition des talus de digue aux désordres des talus de berge. **Ils ne trouvent leur pertinence que dans les secteurs où l'occupation du sol et les enjeux interdisent de travailler autrement (secteurs urbanisés).**

La stratégie à long terme

La récurrence des pathologies constatées sur l'ensemble du linéaire, à savoir des talus raides, une digue étroite et perméable exposée aux écoulements vifs de l'Isère, interdit de généraliser les techniques exposées ci-avant ailleurs que sur des



◀ Figure 1 – Vue en coupe du talus avant et après le remblayage.

tronçons très ponctuels. Une fois traités ces points durs, se pose le problème du linéaire restant, soit plus de 95 % du total. Il est alors indispensable de disposer d'une palette d'actions possibles autorisant un **échelonnement et une hiérarchie des interventions**. Cette palette peut, en partant du niveau zéro d'intervention – à savoir aucun confortement – jusqu'au niveau d'intervention le plus complet, s'établir comme suit.

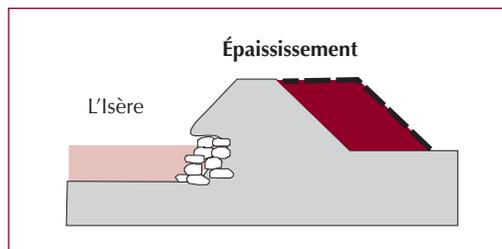
• **Pas d'intervention** : l'analyse globale de la vulnérabilité (via le SIRS Digue) conclut à laisser l'ouvrage tel que, en entretien courant mais sans plus. Il est même possible de conclure à l'absence d'utilité de la digue, voire à l'intérêt de la neutraliser en l'ajourant pour éviter les effets de rupture. C'est actuellement le cas de secteurs boisés compris entre l'Isère et le talus de l'autoroute.

• **Intervention minimale** : il s'agit alors de travailler côté « val » par épaissement de la digue en place (figure 2). L'intérêt est immédiat : on lutte contre le phénomène d'érosion interne, on engraisse suffisamment l'ouvrage pour qu'un désordre côté rivière n'engage pas l'ensemble du corps de digue, la mise en œuvre est simple et non soumise aux aléas hydrauliques. Elle comprend les opérations suivantes :

- déboisement et dessouchage du talus côté val ;
- remblaiement avec du matériau compacté. Selon la qualité du matériau et l'épaisseur de la recharge, mise en œuvre d'un *masque drainant*.

La végétation côté rivière continue d'être gérée selon le *plan de gestion*.

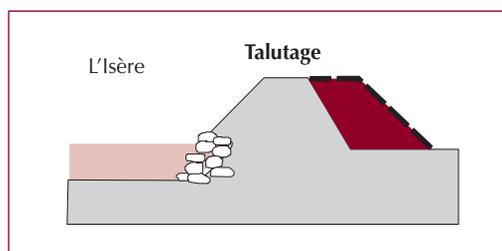
• **Intervention moyenne** : l'aplomb du talus côté Isère fait craindre un glissement généralisé. On peut alors décider de terrasser la partie supérieure du talus, au-dessus du niveau des lauzes du XIX^e siècle (figure 3), dont on compte conserver tant que faire se peut la fonctionnalité. Les opérations sont alors les suivantes :



◀ Figure 2 – Principe d'intervention minimale.

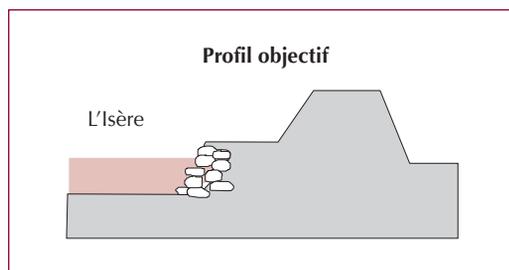
- déboisement et dessouchage du talus de digue ;
- terrassement selon un talus modéré (2H pou 1V) ;
- végétalisation du talus par engazonnement. Ne subsiste alors que la végétation de pied de berge.

• **Intervention forte** : la partie inférieure de la berge présente une lacune dans la continuité du perré de lauzes, et les enjeux en arrière de la digue sont importants. On peut alors décider, soit de recharger le pied du perré par un cordon de blocs et s'en tenir là ; soit, si la situation est plus avancée, de reconstituer l'ensemble du perré jusqu'en haut de berge ; ceci suppose des remblais en rivière, le nouveau perré étant moins pentu que le perré d'origine. Dans ce cas, vu l'importance des travaux, il serait judicieux de terrasser à nouveau le talus de digue de façon à le décaler par rapport au talus de la berge (figure 4). On obtiendrait alors la configuration optimale où la digue, faite de matériau compacté, est reculée par rapport à la berge.



◀ Figure 3 – Principe d'intervention moyenne.

► Figure 4 – Principe d'intervention maximale.



La végétation arborée a alors complètement disparu mais peut être reconstituée côté val... à l'écart de la digue.

Conclusion

La pathologie des digues de l'Isère exclut, pour des raisons financières et environnementales, les solutions les plus radicales. Elle nécessite de graduer les interventions, quitte à étaler la mise en œuvre d'une solution définitive sur plusieurs décennies, en ayant pour principal guide la conservation d'un rapport constant entre le niveau de risque et la valeur de l'enjeu. Mais tout ceci suppose, on l'aura compris, une maîtrise foncière relevant du challenge dans une vallée où même les terrains d'assise sous les ouvrages ont une valeur marchande.

Résumé

Les digues de protection de l'Isère présentent la particularité d'être abondamment boisées, étroites, faites de matériau non compacté et implantées « les pieds dans l'eau ». Il en résulte, d'une part, un risque récurrent de glissement des talus et, d'autre part, un risque élevé d'érosion interne lié à la présence de racines traversantes dans un matériau hétérogène. De plus, ces boisements rendent difficile la lecture du terrain 3/4 et donc le diagnostic. Dans ce contexte, l'association départementale fonde sa stratégie de confortement selon deux axes :

- sur les tronçons courants, mise en œuvre d'un plan de végétation permettant de rajeunir et de stabiliser le peuplement forestier ;
- sur les tronçons devant faire l'objet de réparations, mise en œuvre de travaux privilégiant l'épaississement de la digue côté « val » avec une intervention différée en rivière. La gradation des niveaux d'intervention permet alors, pour un tronçon donné, d'étaler la dépense dans le temps et de ne jamais aller au-delà de ce qu'exige l'état de l'ouvrage par rapport aux enjeux exposés.

Abstract

Protection dikes along Isere river are specially wooded, narrow and made with loose material. They were built with a design of the kind "upstream toe under water". As a result, it is observed both a recurrent risk of face sliding and a typical risk of internal erosion due to root progression within heterogeneous embankments. Moreover, this vegetation induces a real difficulty for human inspection and diagnosis. For those reasons, the Local Association in charge with dikes maintenance established the following strategy:

- along normal sections, vegetation reviving with a planting scheme in order to stabilize the vegetal cover;
- along sections with strengthening necessity, site planning with external toe thickening and delayed intervention within river-bed. This graduated reinforcement design allows – for one typical section – the time-spreading out of expenses and a satisfactory stake to dike-aging weighing.