

Le contrôle des digues concédées du Rhône et du Rhin

Le point de vue du ministère de l'Industrie

Marc Hoonakker

Les endiguements du Rhône et du Rhin considérés ci-après font partie des aménagements concédés à la Compagnie nationale du Rhône (CNR) et à Électricité de France (EDF) au titre de la loi de 1919. Le ministère de tutelle exerce un contrôle de ces ouvrages en vertu du cahier des charges des concessions, au titre du bon entretien de ces ouvrages restitués à l'État en fin de concession.

Par ailleurs, ces ouvrages sont susceptibles d'impacter la sécurité publique. Le contrôle de l'État s'est donc exercé à ce titre par le biais de différentes circulaires, notamment celle du 14 août 1970.

Les procédures de surveillance et de contrôle de ces ouvrages ont été davantage formalisées avec la parution de la circulaire du 23 mai 1997 (ministère de l'Industrie) relative aux barrages de « moyenne importance » (« barrages BMI »). Ce texte, moins contraignant que la circulaire 70-15, est mieux adapté aux grands linéaires de digues de hauteur modeste, explicitement mentionnées.

Notre propos rend compte du retour d'expérience acquis depuis 10 ans sur les modalités de contrôle et de surveillance des digues du Rhône et du Rhin.

Contrôle et surveillance – La circulaire de 1997

Comme dans les autres textes relatifs au contrôle des barrages, le principe fondamental

sous-tendu par la circulaire de 1997 relative aux barrages « BMI » consiste à différencier clairement les rôles respectifs des deux acteurs que sont :

– **l'exploitant** : il est directement responsable du bon état et de la sécurité de son ouvrage. Il exerce la *surveillance* ;

– **l'administration de contrôle** : elle s'assure que l'ouvrage est bien surveillé. C'est le *contrôle*, qui présente deux aspects complémentaires :

- la vérification des capacités de l'exploitant (organisation, formation, compétence) à maintenir en permanence la sécurité de ses installations ;
- la vérification de l'état effectif des ouvrages, par le biais des documents de suivi produits par l'exploitant, et par des inspections sur le site.

Signalons deux autres points forts de la circulaire :

– **la « consigne de surveillance »**, document fondamental dans lequel l'exploitant décrit l'ensemble du dispositif de surveillance, qu'il s'agisse des principes organisationnels ou des méthodes et moyens concrets utilisés ;

– **les informations que l'exploitant doit fournir au service de contrôle**, qu'elles soient régulières (rapports périodiques de surveillance, par exemple), ou ponctuelles (anomalies, incidents, crues, modifications d'ouvrages...).

Les contacts

BETCGB,
44, avenue Marcelin-
Berthelot, 38030
Grenoble Cedex 2

Les ouvrages

Le parc

Les biefs du Rhône (figure 1) et du Rhin (figure 2) concernés totalisent presque 500 km de linéaire, soit près de 600 km de remblais. Sur le Rhône, 16 aménagements sont exploités par la CNR, un par EDF (Cusset). EDF exploite 8 biefs au sud de Strasbourg.

1. Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement.

Au sein du ministère délégué à l'Industrie, le contrôle est assuré par les Drire¹ Rhône-Alpes (14 biefs) et Paca (3) pour le Rhône, par la Drire Alsace (8) pour le Rhin. Le Bureau d'étude technique et de contrôle des grands barrages (BETCCGB), service à compétence nationale, apporte l'appui technique aux Drire.

Les digues

DESCRIPTION SUCCINCTE

Les digues sont comprises entre 8 et 15 m de hauteur. On distingue :

- les digues « mixtes », constituées d'un noyau en matériaux limoneux du site, compacté (perméabilité 10^{-6} à 10^{-8} m/s), recouvert de recharges en matériaux sablo-graveleux (10^{-2} à 10^{-3} m/s), filtrantes à l'amont, drainantes à l'aval ;

- les digues « graviers », constituées des alluvions sablo-graveleuses du site, avec une perméabilité croissante vers l'aval, et des précautions de filtre.

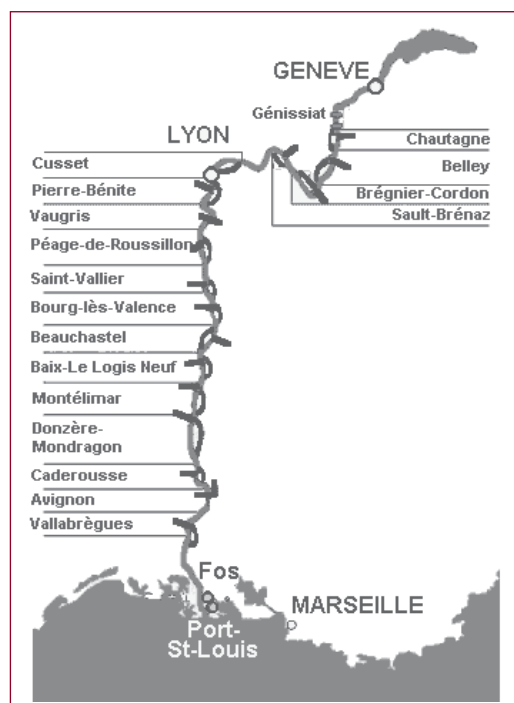
Les revêtements de surface sont assez disparates. On a souvent privilégié la fonction de protection des berges contre les agressions externes : enrochements, localement renforcés par des revêtements bitumineux, perrés, dalles de béton.

À l'aval, les talus sont généralement engazonnés (voire boisés), avec des protections ponctuelles en enrochements. En pied, le contre-canal récupère les eaux d'infiltration du corps de digue et de la fondation, et communique avec la nappe environnante, soit en la drainant, soit en la réalimentant.

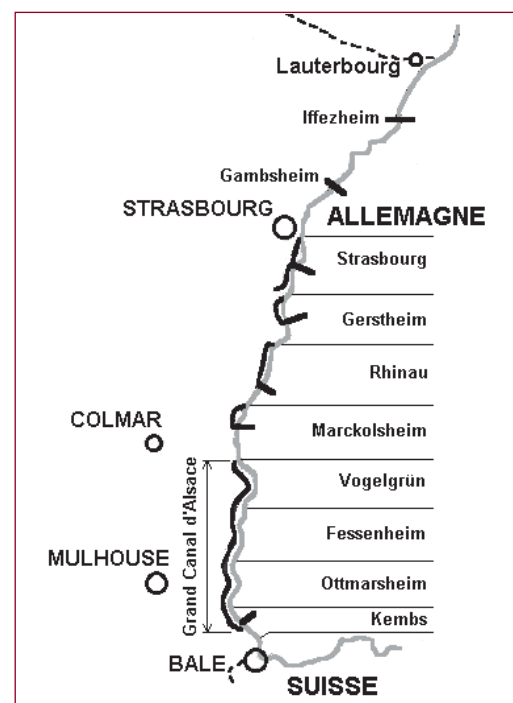
Les digues sont généralement fondées sur les alluvions sablo-graveleuses en place, dont l'épaisseur peut dépasser 100 m dans la plaine du Rhin (figure 3).

FONCTIONNEMENT DES DIGUES

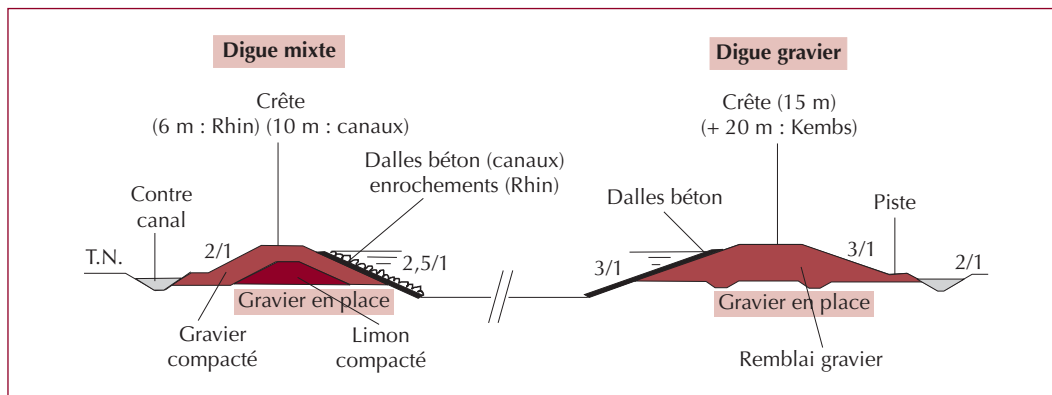
Les concepteurs ont généralement considéré que le parement amont n'était pas étanche, et qu'un écoulement pouvait se produire au travers du corps de digue. La ligne de charge est alors



▲ Figure 1 – Le Rhône.



▲ Figure 2 – Le Rhin.



◀ Figure 3
– Endiguements du Rhin.

rabattue du fait des contrastes favorables de perméabilité, plus ou moins rapidement selon l'existence et le degré d'étanchéité du noyau.

Dans le cas des dérivations du Rhin, une certaine prudence, motivée par la qualité douteuse des matériaux, a conduit à compter sur une étanchéité constituée de dalles jointoyées. Le vieillissement des dalles et des joints ne peut cependant pas garantir une étanchéité parfaite, malgré le colmatage par les fines de la retenue.

LA PROBLÉMATIQUE DE SÉCURITÉ DES GRANDS LINÉAIRES DE DIGUES

Bien que de hauteur modeste, les endiguements du Rhin et du Rhône présentent des caractéristiques qui leur confèrent une certaine vulnérabilité :

- **leur âge** : les biefs ont été mis en service entre 1932 et 1970 pour le Rhin, entre 1952 et 1986 pour le Rhône. Ces ouvrages anciens vieillissent, et nous ne possédons qu'une connaissance fragmentaire des méthodes de réalisation ;
- **leur fonctionnement** : la juxtaposition de différentes barrières plus ou moins étanches dans les digues peut induire une certaine redondance, mais il est souvent difficile d'apprécier le coefficient de sécurité réel de ces ouvrages ;
- **leur longueur** : les grands linéaires de plusieurs dizaines de kilomètres, de surcroît hétérogènes, posent évidemment un problème vis-à-vis de leur suivi ;
- **leur couverture végétale** : les contraintes historiques d'environnement ont entraîné localement la présence d'une végétation arborifère et arbustive dense qui pose un double problème vis-à-vis du fonctionnement mécanique et hydraulique des remblais, et des conditions de visibilité forcément altérées.

L'expérience de la surveillance des digues du Rhône et du Rhin permet de mettre en exergue trois mécanismes fréquemment identifiés :

- **l'érosion interne**, mécanisme lent et sournois, est favorisé par des granulométries discontinues et étalées, avec des conditions de filtre insuffisamment remplies aux interfaces graviers/limons. Le phénomène le plus courant est la suffusion, débouchant parfois sur un renard. Le risque se situe principalement dans la partie supérieure de la fondation où règne une forte hétérogénéité granulométrique ;
- **l'instabilité de talus**, plus rarement constatée, est souvent liée à une mise en charge piézométrique, parfois à une agression externe (dessouchage) ;
- **la dégradation du revêtement amont** est caractérisée par le vieillissement des bétons et des joints, des fissurations, ou une désorganisation d'enrochements.

Les moyens mis en place sur le site

Organisation de l'exploitant

Elle est décrite dans la « consigne de surveillance » : organisation de l'entreprise, relations avec les services de contrôle, description des ouvrages, visites périodiques, dispositif et fréquences d'auscultation, plannings d'entretien, gestion des événements exceptionnels, gestion des anomalies, mise à jour des documents.

RÔLES ET RESPONSABILITÉS

Les services locaux (directions régionales à la CNR, groupement d'exploitation hydraulique à EDF) ont la responsabilité directe de la surveillance sur le terrain : inspections visuelles, mesures, mainte-

nance et entretien. Ils doivent être opérationnels dans les situations de crise. C'est la surveillance « au premier niveau », qui nécessite une bonne formation, une connaissance approfondie des ouvrages, et une motivation permanente pour éviter la routine des grands linéaires.

Les services centraux doivent posséder le recul nécessaire pour assurer la coordination et l'animation des actions locales, pour apporter un appui technique constructif aux services locaux, au besoin en faisant appel aux compétences spécifiques internes ou externes (notamment pour l'auscultation et l'ingénierie). C'est la surveillance « de deuxième niveau ».

GESTION DES SITUATIONS DE CRISE

Qu'il s'agisse de désordres sur les ouvrages, d'anomalies d'auscultation, d'événements extérieurs tels que crues, séismes, la rapidité d'intervention conditionne la sécurité, et les responsabilités de chacun doivent être clairement identifiées par le biais de procédures. Réactivité et information permanente sont les qualités essentielles, dans un souci constant de sécurisation des ouvrages.

La surveillance visuelle

C'est l'élément fondamental de la surveillance qui a permis de détecter la quasi-totalité des anomalies sur le Rhin et le Rhône.

LES VISITES PAR L'EXPLOITANT

Au niveau local, des tournées complètes sont réalisées à une périodicité mensuelle ou bimensuelle (ou plus réduite dans les zones à risques), souvent couplées aux tournées d'auscultation. Les agents, l'œil exercé et habitué aux ouvrages, parcourent les différentes portions de digues pour y détecter tout signe d'évolution.

Des visites dites « hiérarchiques » associent l'encadrement local et/ou central, et souvent des spécialistes des services techniques centraux. C'est « l'œil neuf », qui, avec le recul et la compétence technique, permet parfois de repérer des défauts qui échappent aux visites routinières de l'exploitant local. La périodicité est annuelle, ou biennale comme l'exige la circulaire de 1997.

Si le facteur humain est primordial, la qualité des inspections dépend aussi de la méthodologie adoptée et de l'état des ouvrages : parcours à la fois exhaustif et centré sur les zones d'anomalies, végétation entretenue.

LES VISITES PAR LE SERVICE DE CONTRÔLE

Points d'arrêt importants, ces visites s'effectuent à une périodicité quinquennale maximale (circulaire de 1997). Dans la pratique, elles sont triennales sur le Bas-Rhône, quadriennales sur le Haut-Rhône et le Rhin. L'objectif principal, pour ce « deuxième œil neuf » que constitue le service de contrôle, est d'apprécier l'état général des ouvrages, tout en vérifiant la pertinence et l'efficacité des dispositions adoptées par l'exploitant sur le terrain pour assurer une surveillance de qualité.

Compte tenu de la durée réduite de la visite, généralement limitée à la demi-journée, l'observation ne peut relever que du sondage. Elle porte sur l'aspect général des digues (déformations, végétation) et marque des points d'arrêt sur des zones singulières répertoriées dans le rapport de surveillance (fuites, anomalies, végétation particulière). Le procès-verbal reprend également les sujets d'actualité, à partir des documents de suivi établis par l'exploitant.

Quelques désordres constatés – Les fuites

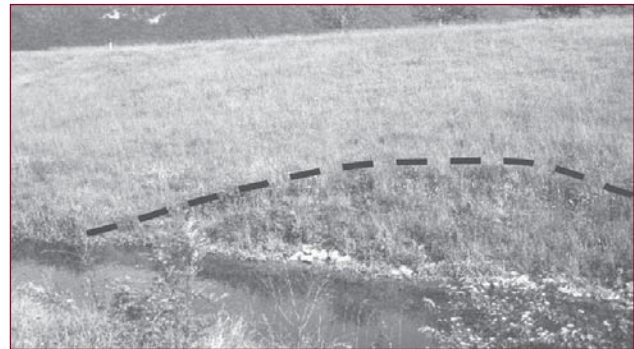
Sur le plan mécanique, les désordres constatés ces dernières décennies restent limités, et n'ont pas remis en question la sécurité globale des digues. Il s'agit principalement de glissements de pied de talus aval au-dessus du contre-canal (effondrements de surface dans des berges pentues, ravinements dus à la pluie ou à des fuites, affouillements de pied), de fontis en crête, d'altérations du revêtement amont, de formation de refuges d'animaux.

Sur le plan hydraulique, fuites, suintements, zones humides, écoulements de toute nature liés à une circulation d'eau dans le corps de digue ou en fondation, sont potentiellement révélateurs d'un dysfonctionnement structurel.

Le niveau d'exhaure des lignes de fuite s'établit généralement juste au-dessus du niveau du contre-canal (figure 7). On observe parfois des résurgences en pression dans le fond du contre-canal. Plus rarement, des zones humides situées plus haut dans le talus, par exemple au niveau de la risberme, sont révélatrices d'une mise en charge plus importante du corps de digue, et doivent être particulièrement surveillées voire traitées (figure 4).



▲ Figure 4 – Fuites sur risberme.



▲ Figure 5 – Fuites en pied de talus.

Certaines fuites sont mesurables, mais il s'agit souvent de suintements faibles et diffus, dont l'appréciation, parfois subjective, doit être homogénéisée et formalisée. Le repérage des fuites, rendu difficile par la végétation ou par le contre-canal, est important (piquets semi-enterrés, numérisation GPS).

La présence de matériaux solides, fines ou sables, peut traduire un phénomène d'érosion interne. Les inspections doivent impérativement concerner cet aspect. Une évolution à la hausse des dépôts est un indicateur particulièrement alarmant.

La végétation peut influencer négativement l'observation en masquant la vision des suintements (se reporter au paragraphe « gestion de la végétation ») ; mais elle peut influencer positivement dans la mesure où la présence de plantes aquatiques (roseaux, joncs), voire simplement une coloration différenciée de l'herbe comme sur la figure 5, peuvent mettre en évidence une mise en charge locale du remblai.

Le dispositif d'auscultation hydraulique classique

LE DISPOSITIF PIÉZOMÉTRIQUE

Les grands linéaires de digue imposent une densité d'appareils relativement faible (2 à 5 en moyenne par km) par rapport à l'équipement habituel des grands barrages. L'objectif essentiel de ce dispositif n'est donc pas de détecter une anomalie (le rabattement rapide dans les terrains alluvionnaires et les hétérogénéités de perméabilité ne le permettent pas, seule l'observation visuelle est vraiment efficace), mais de constituer une « veille » à partir d'un échantillonnage représentatif du comportement d'ensemble des digues à moyen et long terme.

Un dispositif piézométrique plus dense peut toutefois équiper une zone d'anomalie répertoriée et constituer alors un moyen de détection tout à fait efficace.

Un profil en travers est généralement équipé d'un piézomètre à l'aplomb de la crête côté amont (tube crépiné en fondation), ce qui fournit trois points avec le niveau amont et celui du contre-canal. La densité est parfois supérieure dans les zones à anomalies ou à proximité des usines (figure 7).

LES FUITES JAUGÉES

Sur le Rhône, les débits du contre-canal sont mesurés, en considérant que des fuites importantes en provenance de la digue sont ainsi détectables. Ce système présente l'avantage d'être bien intégrateur du caractère fuyard d'un tronçon de digue, mais reste imprécis dans le cas de rejets secondaires significatifs dans le contre-canal, ou de fortes variations de la nappe au large.

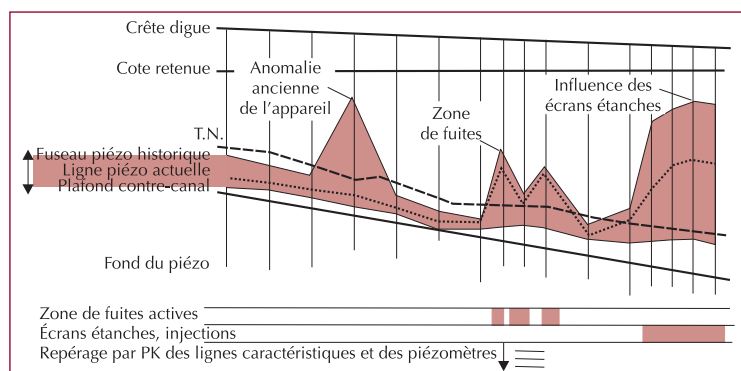
La mesure directe d'une fuite émanant du corps de digue, lorsque le jaugeage est possible, constitue évidemment un système plus précis, mais moins intégrateur.

Les documents de suivi

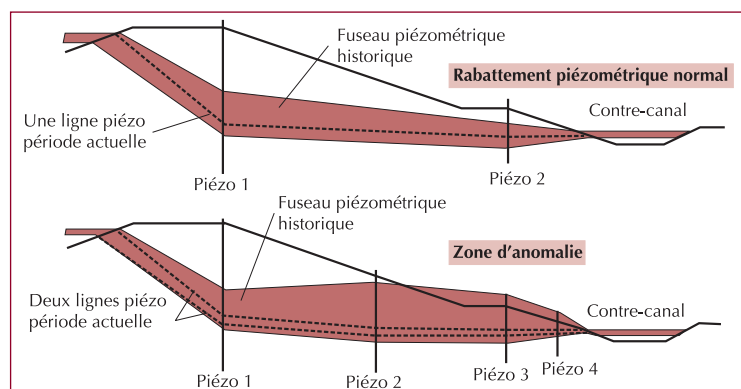
L'information de base : le rapport de surveillance

Ce document fondamental est produit à la périodicité triennale ou quadriennale adoptée pour les visites du service de contrôle. Il décrit les conditions d'exploitation (notamment les crues), les essais périodiques, les travaux d'entretien, les études, les incidents, les rapports des visites périodiques, les résultats de l'auscultation.

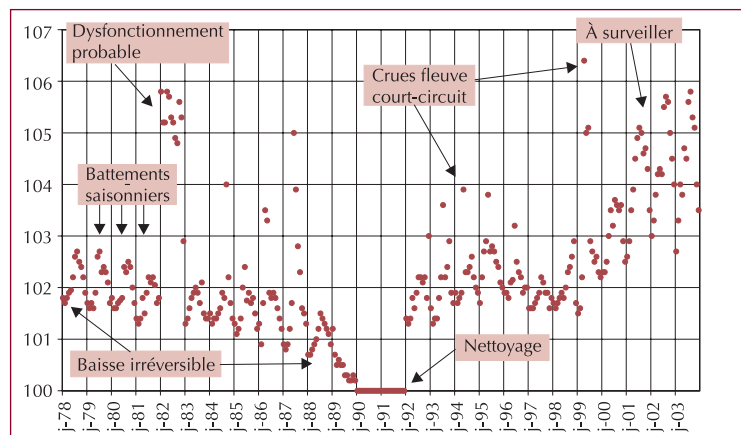
Le rapport de surveillance ne doit pas se limiter à la relation des faits, mais proposer également une interprétation argumentée. Les évolutions irréversibles doivent être clairement identifiées. Une conclusion énonce l'avis global de l'exploitant sur l'état et le comportement des ouvrages.



▲ Figure 6 – Profil en long piézométrique.



▲ Figure 7 – Profils en travers piézométriques



▲ Figure 8 – Graphique d'évolution piézométrique

Les résultats de l'auscultation piézométrique

Quelques représentations graphiques synthétiques sont utiles :

- **les profils en long d'ensemble** (figure 6), pour un tronçon homogène, permettent par exemple de vérifier le niveau moyen de mise en charge du remblai. L'amplitude du fuseau peut renseigner sur les variations saisonnières ou sur les influences extérieures (crues). La position des lignes piézo actuelles au sein du fuseau historique permet de vérifier l'évolution irréversible. Les pics traduisent une mise en charge locale liée à des écoulements internes, ou un dysfonctionnement d'appareil, ou encore une position haute liée à l'existence d'écrans à l'aval des piézomètres ;

- **les profils en travers** (figure 7) concernent notamment les zones « à incidents », avec le même principe de fuseau historique comparé aux valeurs de la période d'étude. Ils mettent en évidence l'état de saturation de la digue à un PK donné ;

- **les courbes d'évolution dans le temps** (figure 8) sont établies pour tout ou partie des appareils, sur une période glissante de 15 à 25 ans. Les anomalies ponctuelles ou les évolutions irréversibles sont clairement mises en relief.

Autres éléments de suivi

Conformément à la circulaire de 1997, les anomalies de comportement ou incidents sont signalés sans délai au service de contrôle. Une « fiche incident » récapitule l'ensemble des renseignements techniques et historiques relatifs à l'incident.

Il convient parfois de se dégager de l'exploitation « le nez dans le guidon », pour procéder à des réflexions de fond liées à des problèmes généraux. Ces études, initiées par l'exploitant ou demandées par les services de contrôle, concernent par exemple les méthodes de suivi (fuites, crues, bathymétrie), des diagnostics de sécurité (stabilité au séisme), l'auscultation, les politiques d'entretien.

La gestion de la végétation

Les principes de gestion (figure 9) tentent de concilier deux types de contraintes :

- **les exigences de sécurité**, liées d'une part au maintien d'une bonne visibilité (plusieurs fuites importantes ont été détectées immédiatement

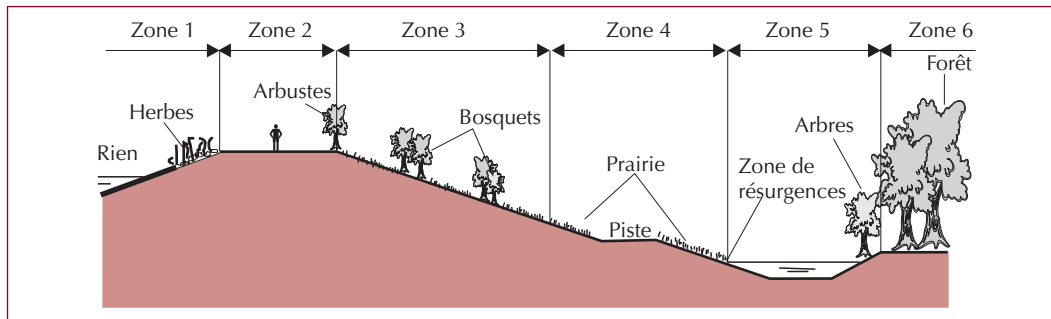


Figure 9 – Gestion-type d'une digue.

après une opération de fauchage ou débroussaillage), d'autre part à la stabilité des digues, menacée par les arrachages d'arbres sous l'effet du vent, ou encore par l'érosion interne initiée le long des racines des souches dévitalisées ;

– **les contraintes environnementales** liées aux linéaires importants et anciens de couverts végétaux visuellement forts et écologiquement riches.

Parement amont (zone 1) : en présence de revêtements réputés étanches (dalles béton) ou de protections anti-batillage (bitume), aucune végétation n'est tolérée. En cas d'enrochements, des plantes herbacées aquatiques, voire de petits arbustes peuvent être tolérés, en maintenant une faible densité, et en vérifiant périodiquement que la tenue des enrochements n'est pas affectée.

Crête de digue (zone 2) : le risque essentiel concerne la chute des arbres et l'arrachage d'un volume de remblai. En dehors de l'emprise de la piste de circulation, des espèces arbustives, ou ligneuses de faible hauteur, peuvent être tolérées pour éviter un aspect trop dénudé, les plantations

s'effectuant de préférence côté aval. Il convient d'éviter les arbres à enracinement traçant (peupliers, robiniers) moins résistants aux vents.

Talus aval, partie supérieure (zone 3) : en fonctionnement normal, cette zone ne devrait pas être concernée par l'émergence de la ligne piézométrique. Des racines profondes, dirigées vers l'amont, peuvent néanmoins générer un risque de renard. On limitera donc la taille des ligneux, tout en évitant le foisonnement de la végétation arbustive (maintien d'une bonne visibilité). L'idéal, sur le plan sécuritaire, c'est la prairie (figure 10), que l'on peut entretenir par la tonte pastorale (figure 11). La présence de petits bosquets de part en part peut constituer un bon compromis.

Talus aval, partie inférieure (zone 4) : c'est la zone la plus sensible compte tenu du risque de résurgences. Il faut absolument garantir une vision maximale des suintements, et éviter tout enracinement qui risquerait de perturber le fonctionnement du système filtre/drain présent en pied de talus. C'est pourquoi les services de contrôle sont particulièrement vigilants quant



▲ Figure 10 – Digue rase.



▲ Figure 11 – Tonte pastorale.

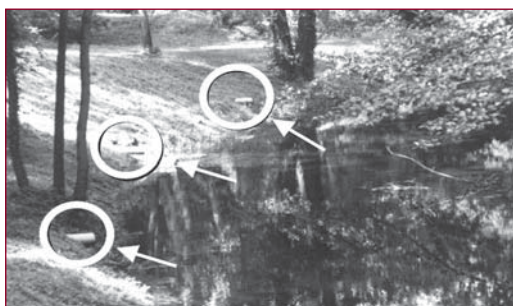
à la nécessité de dégager complètement le tiers inférieur du talus aval, notamment la zone comprise entre la piste de pied et le contre-canal (absence d'arbres, débroussaillages et fauchages réguliers, fauchages du contre-canal à proximité de la berge, figures 12 et 13).

Contre-canal (zone 5) : les capacités hydrauliques des contre-canaux sont généralement surabondantes, mais l'entretien doit éviter une

► Figure 12
– Végétation herbeuse
masquant la vision
des fuites.



► Figure 13 – Fuites
– Couvert végétal
clairsemé, malgré
quelques gros arbres.



► Figure 14 –
Présence de souches.



obstruction massive (arbres en travers, envahissement par les plantes aquatiques). Côté digue, le lit et les berges doivent être entretenues dans le cadre de la zone 4. Côté extérieur, les contraintes sécuritaires sont plus faibles (cf. zone 6).

Zone extérieure (zone 6) : c'est la seule zone où les impératifs écologiques peuvent s'exprimer librement. On veillera toutefois à créer des trouées régulières autorisant la vision de la digue, lorsque la piste de service se situe de ce côté.

La complexité des enjeux de sécurité et d'environnement impose aux exploitants de s'adjoindre les compétences de spécialistes des milieux naturels, notamment pour la définition des espèces à planter, et pour le choix des périodes d'entretien (éviter les périodes d'activité de la végétation et de reproduction de la faune).

Comment gérer la végétation existante ancienne ?

Il s'agit des digues où on a laissé pousser pendant des décennies des forêts denses et hautes. Sur ces aménagements, un effort très important de coupes et de débroussaillages a été entrepris par les exploitants depuis une dizaine d'années, malgré de nombreuses pressions écologiques externes. Sur le plan de la sécurité, la difficulté essentielle concerne le traitement des souches (figure 14) : le risque de renard le long des racines pourrissantes est bien réel ; *a contrario*, l'arrachage de centaines de souches parfois imposantes n'est pas anodin vis-à-vis de l'intégrité du remblai.

Le débat reste ouvert. Les réflexions récentes des services gestionnaires conduisent à privilégier le dessouchage des éléments les plus gros, avec une reconstitution locale du remblai en colmatant au besoin certains conduits racinaires avec des matériaux filtrants. Il convient ensuite de bien surveiller d'éventuelles venues d'eau autour de ces zones reconstituées ainsi qu'aux abords des souches plus petites laissées en place, grâce à un couvert végétal clairsemé ou ras.

Les repousses de végétation constituent une difficulté supplémentaire (figure 15), qu'il faut intégrer dans les programmations d'entretien. Des traitements post-curatifs doivent être envisagés dans les années qui suivent la première opération.

Conclusion

Les endiguements concédés du Rhône et du Rhin sont des ouvrages de grande longueur qu'il faut surveiller avec rigueur et exhaustivité sur le long terme, tout en privilégiant la réactivité face à des événements singuliers et souvent imprévus.

Les procédures établies en application de la circulaire de 1997 ont permis de réaffirmer les rôles respectifs de l'exploitant et du service de contrôle. Des outils ont été mis en place pour un suivi rationnel des ouvrages : importance de l'inspection visuelle, amélioration de l'auscultation, contenu des rapports de surveillance.

Les réflexions sur le traitement de la végétation ont contribué à améliorer significativement les conditions d'observation sur le terrain, et par là-même la détection d'incidents hydrauliques ou mécaniques.



◀ Figure 15 – Repousses sur talus aval.

La connaissance trop fragmentaire de la structure réelle des digues ne permet pas toujours d'expliquer correctement les désordres constatés, ni d'anticiper d'éventuelles dégradations ultérieures. Les prochaines études devraient à notre avis être orientées dans ce sens, pour tendre vers une évaluation globale du niveau de sûreté des ouvrages ; cette démarche de longue haleine s'inscrit dans le besoin croissant de disposer d'outils performants de prévention des risques. □

Résumé

Dans le cadre de la circulaire du 23/05/1997 relative à la surveillance des barrages de moyenne importance, le ministère de l'Industrie (Drire et BETCGB) est amené à exercer le contrôle de 1 000 km environ de digues sur 25 aménagements hydro-électriques concédés du Rhône et du Rhin. Par rapport aux remblais de grande hauteur relevant de la circulaire « 70-15 », ces grands linéaires de digues plus modestes présentent une problématique bien spécifique en matière de contrôle : difficultés d'implanter une auscultation représentative et une surveillance exhaustive, manque de données sur la nature des ouvrages, gestion de la végétation. L'article décrit les moyens et les méthodes mises en place par les services de contrôle et les exploitants pour garantir un bon niveau de surveillance compatible avec les enjeux de sécurité de ces grands linéaires.

Abstract

Within the context of the circular of 97/05/23 concerning the surveillance of medium-size dams, the Ministry of Industry (Drire and BETCGB) controls about 1,000 km embankments of 25 hydro-electric conceded schemes on the Rhone and the Rhine. In comparison with the high-size « 70-15 » embankments dams, these long-linear and lower embankments present a specific issue for the control: difficulties to set up a representative monitoring and an exhaustive surveillance, lack of data about structure of the works, maintenance of vegetation. The paper describes the means and methods set up by control offices and operators in order to guarantee a good surveillance standard compatible with the safety stakes of these long embankments.

