

LA SURVEILLANCE ET L'AUSCULTATION DES BARRAGES

1. Définitions

La surveillance d'un ouvrage a pour but essentiel de connaître, et si possible de prévenir, toute dégradation afin de le conserver en bon état de sécurité et ainsi apte à remplir ses fonctions. On cherche principalement à détecter les anomalies et désordres et à évaluer leurs éventuelles évolutions. Ces anomalies peuvent être dues à des mécanismes de vieillissement du barrage. Ils sont généralement lents mais une évolution rapide n'est pas totalement exclue, en particulier dans les premières années après la mise en eau qui constitue une phase essentielle.

La surveillance des barrages repose sur les éléments suivants :

- Inspection visuelle :

C'est une méthode qualitative qui intègre de très nombreux paramètres et qui permet de détecter de l'ordre de 90 % des anomalies et désordres susceptibles d'affecter l'ouvrage ; la vérification périodique du bon fonctionnement des vannes (de prise d'eau, de vidange et, le cas échéant, d'évacuation des crues). Cette vérification doit être systématique à l'occasion des visites techniques approfondies.

- Auscultation :

C'est une méthode quantitative qui est basée sur l'analyse des mesures fournies par des instrumentations placés au niveau de l'ouvrage. On mesure essentiellement des déplacements, des déformations, des pressions, et des débits. Une analyse fine est susceptible de mettre en évidence d'éventuelles anomalies dans le comportement d'un barrage avant même que celles-ci ne se manifestent par des signes extérieurs visibles. Par ailleurs, il peut être intéressant d'ausculter finement un désordre apparu sur l'ouvrage (une fissure par exemple).

1.1 La surveillance visuelle

Il convient de distinguer trois niveaux dans la surveillance visuelle du barrage :

- la surveillance visuelle de routine (chargé par le technicien spécialisé) ;

- la surveillance visuelle à l'occasion des crues (chargé par l'exploitant technicien spécialisé) ;
- les visites techniques approfondies (chargé par l'ingénieur spécialisé chargé du suivi de l'ouvrage).

1.2 L'auscultation des barrages

Pour un barrage neuf, le dispositif d'auscultation doit être prévu dès l'avant-projet et mis en place pendant la construction. Il a vocation à évoluer, certains appareils pouvant être abandonnés délibérément au bout de plusieurs années et d'autres pouvant être ajoutés en cas de désordre révélé notamment par l'observation visuelle. Des instruments peuvent aussi être installés sur des barrages anciens qui n'en ont pas été pourvus à l'origine.

2. Les principaux phénomènes susceptibles de conduire à des désordres

– Cas barrage en remblai :

- Des tassements de la crête du remblai entraînant une diminution de la revanche, ce qui limite la sécurité du barrage vis-à-vis du risque de surverse ;
- Des pressions interstitielles excessives apparaissant lors de la construction du remblai ou lors de la première mise en eau, et qui peuvent remettre en cause les hypothèses adoptées lors du projet pour justifier la stabilité ;
- Un colmatage du système de drainage entraînant une montée de la piézométrie, qui peut, à terme, atteindre le talus aval et mettre en danger la stabilité du remblai ;
- L'existence de circulations d'eau à travers le remblai ou la fondation, non contrôlées par le système de filtration et de drainage, et pouvant, par leur aggravation progressive, conduire à de l'érosion interne et à un mécanisme de renard.

Les tassements sont contrôlés à l'aide d'un dispositif topographique constitué de bornes de nivellement placées en crête de remblai (et éventuellement sur la risberme aval) tous les 20 à 30 m dans le sens de rive à rive, et de piliers d'observation placés sur les rives dans des zones non susceptibles d'être affectées par des mouvements

La piézométrie est observée soit par des piézomètres, soit par des cellules de pression interstitielle. Un dispositif idéal comprend d'une part, des profils amont aval équipés de cellules permettant l'interprétation physique de l'évolution de la saturation et, d'autre part, un profil rive à rive sur le parement ou la risberme aval équipé de piézomètres à crépines longues dont le rôle est de détecter plus sûrement l'apparition d'une zone de fuite. Si le barrage est doté d'un système de drainage des fondations, il convient d'en contrôler l'efficacité par des cellules ou des piézomètres, disposés de part et d'autre du système de drainage.

Les débits de drainage et fuites sont contrôlés par des dispositifs simples de mesure des débits. Les drains du barrage débouchent dans un collecteur aménagé à cet effet. Il peut être intéressant de séparer les zones de mesure pour faciliter l'analyse des résultats (rive droite - rive gauche, voire seuils de mesure intermédiaires pour des barrages de grande longueur). De même, les éventuels puits de décompression en pied aval d'un barrage en terre doivent si possible être équipés pour mesurer les débits interceptés. En cas d'augmentation anormale de débit, des mesures de teneurs en éléments fins peuvent renseigner sur un mécanisme éventuel d'érosion interne.

2.1 Les éléments principaux suivants seront surveillés :

- écoulements : venues d'eau (couleur, charge, dépôts de sable, etc.), zones humides (ou asséchées lors de vidanges), modification de la végétation ou croissance préférentielle, état des drains et des conduites (corrosion, étanchéité) ainsi que de leurs abords, état des joints des ouvrages en béton,
- géométrie des ouvrages et des abords : fissurations longitudinales ou transversales, bombements, soulèvements, affaissements, cratères, entonnoirs, mouvements différentiels entre parties d'ouvrage (béton), affouillements, ...
- état des talus, parements et revêtements : aspect général, présence de végétation, érosion et ravinement, présence d'animaux fouisseurs (rats musqués, lapins, taupes, etc.), déplacements d'enrochements, dans le cas d'ouvrages en remblai ; aspect général, présence de végétation, fissurations, cassures, cloques, sonnage des dalles, dans le cas d'ouvrages en béton.

Les accès doivent être faciles en tout point du barrage, des ouvrages annexes ou de la retenue. On surveillera particulièrement :

- La zone aval de tous les types d'ouvrages, sur 20 à 50 m. Cette zone doit rester dégagée. Tout creusement y est interdit sans examen approfondi Toute inondation à cause d'obstacles aux écoulements doit y être évitée,
- Les sections ayant donné lieu à des travaux provisoires ou à des réparations,
- Les versants de la cuvette, ou ceux proches de l'évacuateur, notamment en terrains argileux ou bien en cas de marnage important ou fréquent,
- L'étanchéité des conduites (joints notamment), et la stabilité des terrains d'ancrage, dans le cas de conduites d'amenée d'eaux toxiques, ou de conduites forcées,
- Les zones de contact entre remblais constitutifs du barrage et ouvrages (en béton ou acier) traversant le barrage,
- Le fond de la retenue, à l'occasion des vidanges.

On utilisera systématiquement des moyens simples de repérage et de quantification des incidents ou anomalies constatés :

- Piquetage (penser à l'alignement initial),
- Marquage en place (peinture, plâtre,)
- Jaugeage des venues d'eau, photos,
- Sans oublier les notes écrites (dûment datées) et le report sur plans conformes à l'exécution.

3. Auscultation

Elle permet surtout de conforter le diagnostic et le remède en cas d'anomalie observée pendant l'inspection visuelle.

Rappelons les principaux points à ausculter :

- Débits de percolation, au débouché des drains ou dans les fossés de collecte. Le cas échéant, on procédera à des analyses d'eau, on appréciera la charge solide,
- Niveaux piézométriques, dans la digue, les fondations ou les appuis. On mesurera éventuellement les pressions interstitielles ou les sous-pressions (notamment sous les barrages en béton),
- Déplacements, à l'aide de repères (et d'appareils Vinchon pour les barrages en béton), voire à l'aide de tassomètres et d'inclinomètres dans le cas de sols compressibles.

Par ailleurs, on relèvera le niveau d'eau de la retenue, et le cas échéant, la pluviométrie. On contrôlera également le niveau de sédimentation, voire la nature des sédiments (à prédominance minérale ou

organique selon le bassin versant et la couverture végétale). Le cas échéant, on surveillera la sismicité du site (sismographe, accélérographe). On vérifiera le fonctionnement des ouvrages de vidange éventuels.

Les résultats des mesures seront reportés sur des graphiques clairs, permettant de mettre en évidence les évolutions et les tendances.

On disposera éventuellement des appareils enregistreurs (débits, niveaux d'eau), de façon à mettre en évidence ou confirmer certaines anomalies du comportement des ouvrages.

4. Surveillance visuelle de routine (ou programmée)

- **Fréquence des visites de contrôle**

- En phase d'exploitation normale : mensuelle ou bimestrielle (selon le risque potentiel)
- En phase de première mise en eau, période plus courte
- En cas d'événement extérieur (crues notamment) : visites spéciales (cf. + loin)

- **Modalités**

- Par des agents formés et motivés, bien équipés
- Suivant circuit préétabli, en binôme si les conditions l'exigent
- Mise à jour du registre du barrage

- **Principaux points à observer :**

- Talus aval : érosions, mouvements, végétation, fossé de pied ...
- Crête : points bas, fontis, végétation, fissures, ...
- Talus amont : végétation, état de la protection
- Ouvrage de régulation (pertuis et/ou vannes) : état général, interfaces
- Déversoir de sécurité (évacuateurs de crue exceptionnelle) : état général, interfaces
- Appareils d'auscultation (s'il y a, pas obligatoire dans un petit barrage)
- Environnement du barrage : aspect (et cote) du cours d'eau, de la retenue (embâcles, végétation, dépôts...)
- Penser à relever les conditions de météo du jour et des jours précédents

Un rapport de surveillance sera établi, une fois par an, à l'attention du Service chargé du contrôle. Selon le contexte (degré de risque potentiel), un rapport détaillé d'analyse du comportement du barrage sera établi tous les 5 à 10 ans.

Par ailleurs, en cas de conditions d'exploitation particulières (vidange prolongée, ...), ou d'événements exceptionnels (crue rare, affaissement minier, actes de vandalisme, séisme, ...), ou encore d'anomalies de comportement, il est recommandé d'effectuer, dans les plus brefs délais, une visite spéciale, avec un spécialiste.

5. Visites spéciales de surveillance

- **Motivations :**

- Après chaque événement naturel ayant affecté le site ou la région : crues, séismes, mouvements de terrain

- **Crues :**

- Visite en crue si possible : c'est une occasion unique !
- Visite systématique complète après la crue
- Levé des laisses de crue : cote maxi (et actuelle) de la ligne d'eau, surverse ou débordements ?
- État de l'ouvrage de régulation et de l'évacuateur de crues (toutes parties) : embâcles, érosions, fissurations
- Examen minutieux des talus et de la crête
- Mesure des instruments d'auscultation : débits de fuite s'il y a écoulement

- Pour tout événement important (crue, ...) ayant affecté le barrage et ayant pu menacer sa sécurité : information obligatoire du service de contrôle « échelle de gravité d'événement »)

- Dans tous les cas :

- Compte rendu circonstancié a minima dans le registre du barrage (dates de l'événement et de la visite, observations, ...)

Recommandation : appel à l'assistance de l'ingénieur chargé des VTA en cas de doute ou d'anomalie(s)

- Cas de la première mise en eau : cf. plus loin

La surveillance des petits barrages écrêteurs

5.1 Visites techniques approfondies (VTA)

• Déroulement :

- Visite conduite par l'ingénieur spécialiste compétent
- Possession des documents antérieurs (dossier du barrage, rapports, comptes rendus)
- Examen approfondi de toutes les parties et équipements du barrage, de la retenue, de son environnement

• Périodicité :

- Décennale pour les barrages de classe D et quinquennale pour les C
- Recommandation 1 : programmer, dans un délai approprié, une VTA « initiale » suite à laquelle l'assistance de l'ingénieur spécialisé serait aussi requise pour la constitution du dossier du barrage (archives de conception et de construction, description de l'organisation, consignes de suivi, de surveillance et d'auscultation, etc.)
- Recommandation 2 : ordonner une VTA spéciale (i) en cas d'événement exceptionnel (crue, précipitations intenses ou continues, fort séisme, ...), (ii) en cas de dégâts ou anomalies constaté(e)s au barrage, (iii) suite à la crue ayant provoqué la « première mise en eau » (maître d'œuvre -> rapport de première mise en eau)

6. La révision des ouvrages

U faudra faire appel aux spécialistes pour réviser les conditions de sécurité des ouvrages, avant toute modification importante des conditions d'exploitation ou des ouvrages eux-mêmes, ou bien après un événement exceptionnel ou une anomalie grave de comportement.

En tout état de cause, on procédera à une telle révision tous les 10 ou 15 ans au plus, en fonction du contexte : modification de l'occupation et des activités en aval (et en amont le cas échéant).

On révisera essentiellement :

Pour la surveillance visuelle :

- La capacité de laminage et d'évacuation des crues, en fonction des nouvelles données disponibles, voire des nouvelles méthodes de détermination (cf. les risques de submersion),

- La capacité de résistance à l'érosion interne ou externe, en fonction du comportement antérieur (cf. surveillance) et des progrès dans la connaissance et la maîtrise de ces phénomènes,
- La stabilité au glissement ou au renversement, en fonction des variations de géométrie, ou des propriétés des matériaux et des terrains, en fonction également des nouvelles méthodes de calcul. Citons notamment la stabilité des versants, la stabilité des digues à stériles (en cas de changement des méthodes de mise en œuvre ou d'exploitation), la stabilité des digues de protection contre les crues (en fonction des variations éventuelles du lit du cours d'eau), la stabilité des ouvrages en béton (en cas de détérioration des propriétés du béton).

Pour l'auscultation :

- **Principe et justification :**

- Méthode de surveillance quantitative
- Détection possible d'anomalies de comportement avant que celles-ci se manifestent par des signes extérieurs (surveillance visuelle)
- Dispositif à concevoir dès la phase de projet, en tenant compte du fonctionnement du barrage (ex. : petit plan d'eau permanent ?)

La surveillance des petits barrages écrêteurs

- **Instrumentation :**

- Pour un petit barrage en remblai : mesures directes des fuites et des débits de drainage, turbidité si nécessaire :
- Contrôle de la piézométrie dans les remblais et/ou en fondation : ! info ponctuelle dans l'espace et dans le temps
- Cote du plan d'eau (> débits de fuite).
- Météorologie et hydrologie : pluviométrie, hydraulicité du cours d'eau.
- Topométrie du remblai : premières années de service uniquement.
- Barrages en service non équipés : se faire conseiller a minima par l'ingénieur VTA (à l'occasion VTA « initiale »).

• Périodicité et interprétation des mesures

- Mesure des débits de fuite : au moins une fois toutes les 1 à 4 semaines (selon le risque potentiel),
- Mesures piézométriques et autres mesures simples : au moins une fois tous les 1 à 3 mois (selon le risque potentiel),
- Mesures topographiques et autres mesures complexes : au moins une fois par an (voire deux fois par an selon le contexte, à niveau de retenue maximum et minimum),
- Vérification du fonctionnement des vidanges de fond : une fois par an. Attention aux risques de pollution des eaux en aval,
- Vidange de la retenue pour examen des parties noyées et curage : une fois tous les 10 ans au plus. Attention aux risques de pollution des eaux en aval.

L'interprétation : au cas par cas, selon les conseils de l'ingénieur chargé des VTA sou du rapport d'auscultation.

7. - Dossier de l'ouvrage

On tiendra régulièrement à jour le dossier de l'ouvrage, et notamment le sous-dossier "Exploitation-Surveillance" :

- Consignes d'exploitation,
- Consignes de surveillance,
- Le registre du barrage, recevant les mentions datées relatives aux points suivants :
 - Exploitation : niveau de l'eau, mode d'exploitation, qualité et quantité des eaux ou des matériaux déversés, incidents d'exploitation, ...
 - Surveillance : comptes-rendus de visites, analyse et interprétation, ...
 - Entretien, réparation ou modification des ouvrages,
- Plans mis à jour (en cas de réparation ou de modification), photos,
- Graphiques des mesures d'auscultation.

Il est recommandé de constituer un double de ce dossier, à l'intention des services concernés (Protection Civile par exemple).

7.1 Registre du barrage

Le registre du barrage

Ouverture :

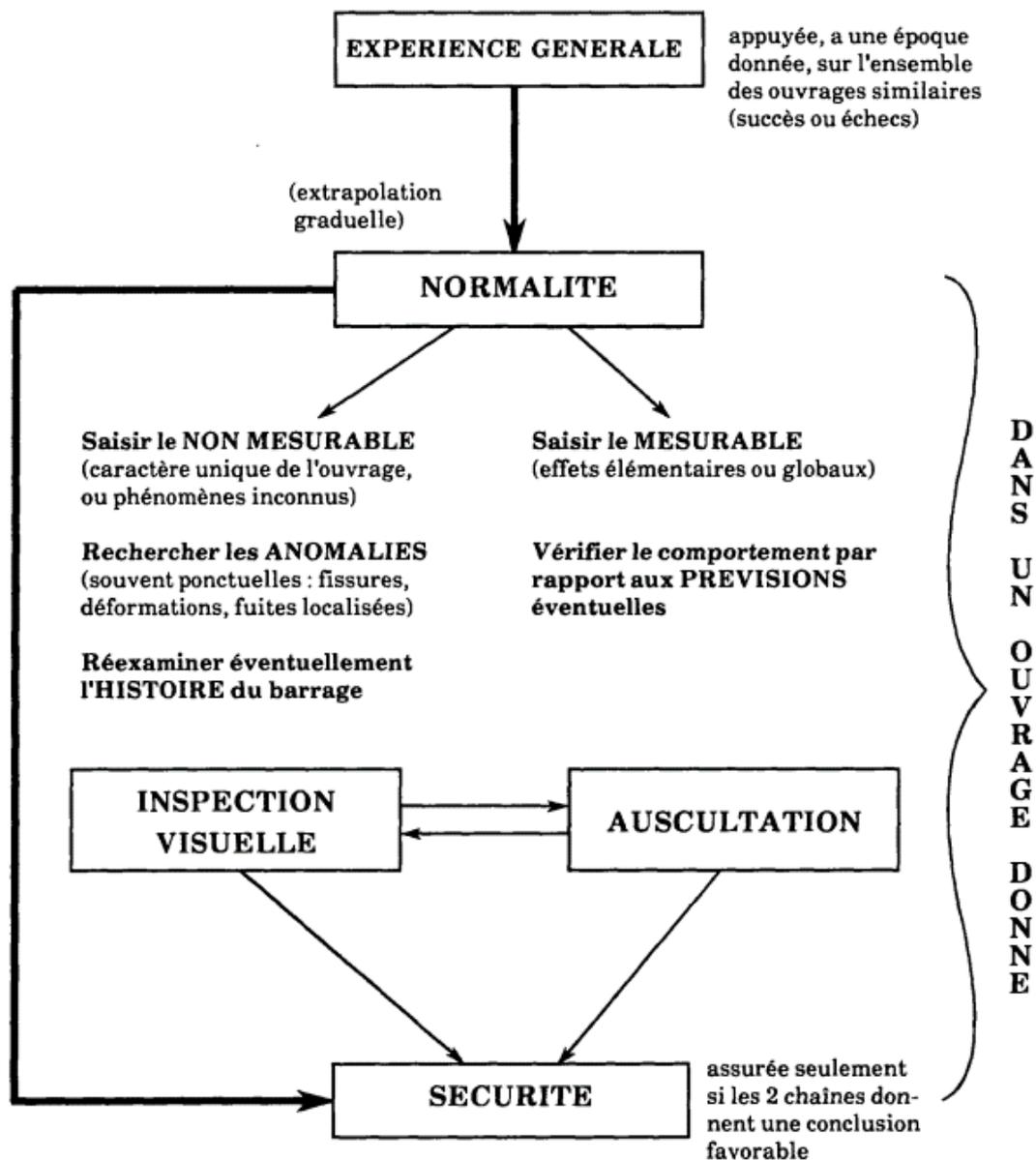
- obligatoire pour toutes classes.
 - dès la première mise en eau.
 - cahier à pages numérotées

• Conservation :

- En lieu sûr, duplicata

A présenter au service de contrôle lors des visites réglementaires d'inspection

⇒ Rapport de l'exploitant : à soumettre



8. L'entretien

Aucune intervention de type creusement ne doit être réalisée en pied aval, sur le corps de digue (On connaît le cas d'un puits de pompage !) ou dans la cuvette, sans examen préalable approfondi par un spécialiste.

Quelques recommandations générales sont rappelées ci-après :

- Talus amont :

- supprimer toute végétation arbustive (cf. décomposition des racines, arrachage en cas de tempêtes),
- limiter le plus possible la durée d'exposition à l'air (cas d'un talus argileux non protégé et susceptible de se fissurer par dessiccation),
- recharger les enrochements éventuels, s'il y a eu déplacement ou altération.

Crête :

- supprimer toute végétation arbustive (sauf étude spécifique),
- curer les fossés,
- procéder à un rechargement en matériau sablo-graveleux compacté, pour compenser les tassements s'il y a lieu.

- Talus aval :

- supprimer toute végétation arbustive (sauf étude spécifique),
- arroser et tondre régulièrement la végétation herbeuse,
- corriger tout début de ravinement et d'érosion, recharger en terre végétale si nécessaire,
- lutter contre les animaux fouisseurs (grillage, ou bien appâts disposés régulièrement sur les passages repérés).

- Ouvrages annexes :

- traiter immédiatement tout début d'érosion (notamment à l'amont du déversoir ou des restitutions), en analysant au préalable ses causes,
- éliminer la végétation encombrante,
- enlever régulièrement les dépôts et corps flottants à l'amont de l'évacuateur ou bassin de dissipation,
- traiter les joints, ou remplacer les joints détériorés,
- entretenir les rails ou guides des vannes, vérifier leur fonctionnement.

- Drains, canalisations et fossés de drainage, puits de décompression :

- nettoyer et décolmater.

- Cuvette de retenue :

- enlever les débris flottants,
- curer périodiquement (tous les 10 ans au plus) pour empêcher l'envasement ou l'alluvionnement de la vidange de fond. Attention aux risques de pollution des eaux en aval.
- si nécessaire, étudier les mécanismes des sédimentations minérales et organiques, pour adapter le mode d'exploitation en période de crue.

Digues à stériles :

- toujours entretenir en bon état les systèmes de décantation, afin de maintenir le niveau du bassin à son minimum.

Barrages en maçonnerie :

- éliminer la végétation, reconstituer le mortier, remplacer les pierres détériorées ou bourrer de béton.