



*Colloque 2008 de l'ANPNC
22 avril 2008 à La Motte d'Aveillans (38)*



*Surveillance, exploitation et entretien
des retenues d'altitude pour l'alimentation
des installations de neige de culture*

Auteur : Patrice Mériaux - Cemagref Aix-en-Provence

Chef de l'Unité de Recherche « Ouvrages hydrauliques et hydrologie »

Adel : patrice.meriaux@cemagref.fr

Relecteur principal : Dominique Laigle - Cemagref Grenoble

Autres relecteurs :

- Laurent Peyras - Cemagref Aix-en-Provence*
- Gérard Degoutte - Cemagref Aix-en-Provence*
- Hugues Girard - Cemagref Bordeaux*
- Marc Lefranc - EDF/CIH*

Avril 2008 - corrigé nov. 2008

Surveillance, exploitation et entretien des retenues d'altitude pour l'alimentation des installations de neige de culture

Avvertissement : ce support de l'intervention de P. MERIAUX (Cemagref) au colloque 2008 de l'Association Nationale des Professionnels de la Neige de Culture est le chapitre V, dans sa version v2, du futur guide de « recommandations pour la conception, la réalisation, le suivi et la remise à niveau des retenues d'altitude ». Il s'agit donc d'un texte qui, bien que validé par les experts du domaine, n'est pas encore dans sa rédaction définitive et qui sera soumis en mai 2008 à la relecture du Comité de Pilotage du projet BARALTISUR. A ce stade, toutes critiques et suggestions à son propos, de la part des professionnels de la neige culture, sont donc les bienvenues. La présente version de novembre 2008 intègre les principales remarques de ce Comité.

1. Fondements réglementaires et techniques

1.1. Règlementaires : responsabilité du propriétaire

Quelle que soit sa forme juridique (personnes physiques ou morales privées, collectivités locales, etc.), le propriétaire est pleinement responsable, tant au civil qu'au pénal, des dommages qui peuvent être occasionnés par l'ouvrage dont « il a la garde »¹ et en particulier, le cas échéant, par sa rupture.

En cas de sinistre avec dommages aux tiers, le défaut manifeste d'entretien et de surveillance de l'ouvrage sera de nature à aggraver les circonstances.

Le récent décret n° 2007_1735 du 11/12/2007² relatif à la sécurité des ouvrages des ouvrages hydrauliques s'appuie largement sur ces principes pour prescrire les obligations incombant aux propriétaires de tels aménagements.

1.2. Techniques : maintien de l'ouvrage en bon état de service

Au-delà des considérations de responsabilité, l'objectif de maintenir l'ouvrage en bon état de fonctionnement justifie à lui seul la surveillance et l'entretien réguliers :

- la surveillance régulière permet de détecter à temps la plupart des désordres à un stade précoce, de suivre des phénomènes évolutifs et de prendre à temps les mesures d'entretien et de réparation qui s'imposent pour maintenir les fonctions et la sécurité du barrage ;
- l'entretien des ouvrages permet de freiner leur vieillissement et donc d'augmenter leur longévité.

La surveillance et l'entretien doivent aussi s'étendre à l'environnement des ouvrages et de la retenue (ex : appuis du remblai sur les versants, talus de déblai, versants, cours d'eau, etc.), aux voies de service et/ou aux circulations (pour l'accès automobile ou pédestre aux différentes parties du barrage, aux instruments

¹ Cf. articles 1382 à 1384 du Code Civil : responsabilité du propriétaire du fait des choses que l'on a sous sa garde.

² Décret complété par l'arrêté du 29/02/2008 « fixant des prescriptions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques ».

d'auscultation, etc.), au dispositif d'auscultation, ainsi qu'aux ouvrages de protection contre les risques naturels s'il en existe.

Dans le cas des barrages d'altitude visés ici, l'entretien concerne aussi le DEG (ou sa structure supérieure de protection) qui assure très généralement l'étanchéité de l'ensemble de l'aménagement : remblai et cuvette. La cuvette, équipée de son DEG, est donc à considérer comme un élément à part entière de l'ouvrage.

1.3. Rôle des différents intervenants

La figure A ci-après illustre les liens entre les différents intervenants dans la vie d'un ouvrage en service.

1.3.1. Le propriétaire

Le propriétaire, également désigné sous le terme de maître d'ouvrage, est totalement responsable de son barrage lors de sa construction, de sa première mise en eau et de son exploitation :

- suivi de la première mise en eau ;
- constitution et tenue à jour d'un dossier contenant tous les documents relatifs au barrage et à ses ouvrages annexes, dits dossier des ouvrages ;
- exploitation des ouvrages ;
- tenue à jour du registre de l'exploitant (cf. § 2.4 pour le contenu) ;
- surveillance et de l'auscultation (y compris son interprétation) ;
- entretien des ouvrages.

Il peut confier, par contrat, certaines de ces tâches à un exploitant, à un ingénieur, à un cabinet d'ingénierie spécialisé ou à des entreprises, selon le cas.

Par ailleurs, le propriétaire doit déclarer³ sans délai au Service de contrôle tout évènement particulier affectant le barrage ou son environnement (désordres, comportement anormal de l'ouvrage, crues, avalanches ou événements importants, etc.) ainsi que des mesures qu'il envisage de prendre pour y remédier.

1.3.2. Le maître d'oeuvre

Un maître d'oeuvre s'est vu en général confier une mission d'ingénierie pour la conception et/ou la construction du barrage :

- réalisation des études préalables ;
- établissement des études de conception de l'ouvrage ;
- direction de l'exécution du ou des marchés de travaux ;
- contrôle de conformité et réception des travaux ;
- établissement du dossier des ouvrages conformes à l'exécution, à partir des plans de récolement fournis par la ou les entreprises (pour les collectivités locales soumises à la loi MOP⁴, cette tâche est incluse dans l'élément AOR « Assistance aux Opérations de Réception » de la mission normalisée du maître d'oeuvre) ;
- suivi de la première mise en eau.

La mission du maître d'oeuvre pour la construction s'achève, en principe, à la fin de la première mise en eau du barrage (avec établissement du rapport de première mise en eau) et celui-ci n'intervient donc pas

³ Le décret du 11/12/2007 rend une telle déclaration obligatoire quels que soient la classe et le statut du barrage (autorisé ou déclaré).

⁴ Loi MOP : loi sur la maîtrise d'ouvrage publique de 12 juillet 1985 et son décret d'application du 29 novembre 1993

dans la phase d'exploitation du barrage (à moins que ce ne soit dans un autre cadre contractuel - en tant que bureau spécialisé chargé de l'interprétation des données d'auscultation, par exemple).

Dans le cas particulier des ouvrages d'altitude, leur étanchéité est à la fois délicate et fondamentale pour la sûreté, et il paraît utile d'ajouter un suivi de la première vidange à la mission du maître d'œuvre.

Parfois, c'est l'entreprise de construction qui a également assuré la mission de maître d'œuvre. Cette situation n'est pas recommandable car la plupart des entreprises n'ont pas en leur sein un cabinet d'ingénierie compétent dans le domaine et, de plus, elle nuit à l'impartialité des vérifications de conformité. Les ouvrages existants construits dans de telles conditions doivent retenir l'attention de leur propriétaire quant à leur conformité aux règles de l'art.

Enfin, depuis l'entrée en application au 1/01/2008 du décret du 11/12/2007 sur la sécurité des ouvrages hydrauliques, la mission de conception-maîtrise d'œuvre de tout barrage doit obligatoirement être confiée à un organisme réputé compétent, devant être titulaire à terme d'un agrément (arrêté à paraître).

1.3.3. L'exploitant

Un exploitant peut être chargé, par contrat signé avec le propriétaire, de tout ou partie des tâches suivantes :

- exploitation de la retenue ;
- surveillance visuelle régulière des ouvrages ;
- mesures périodiques des instruments d'auscultation et vérification de leur bon fonctionnement ;
- entretien courant du barrage, des ouvrages attenants et de ses abords ;
- vérification périodique du bon fonctionnement des dispositifs de commande et de manoeuvre des organes hydrauliques ;
- rédaction des rapports d'exploitation.

Dans le cas contraire, le propriétaire est son propre exploitant.

En station de montagne, cette mission s'avère souvent confiée **au service chargé du « réseau de neige de culture »**, plus occasionnellement **au service local des pistes**. Ceci est plutôt une bonne chose car les agents de ces services travaillent la plupart du temps sur le terrain, ont une bonne connaissance de la montagne, exécutent des tâches polyvalentes et sont, de plus, très sensibilisés et aguerris aux questions de sécurité. **Il est important alors que le maître d'œuvre et/ou l'ingénieur spécialisé (cf. alinéa suivant) les forme de manière appropriée, aux missions particulières de surveillance et d'entretien du barrage.**

1.3.4. L'ingénieur spécialisé ou le cabinet agréé

Un ingénieur ou un cabinet d'ingénierie chargé de l'assistance technique et/ou de l'interprétation de l'auscultation peut avoir été choisi par le propriétaire pour assurer, au titre d'un contrat pluriannuel, tout ou partie des prestations suivantes :

- report sur graphiques interannuels des mesures d'auscultation et de la cote de la retenue (si ce n'est pas déjà fait par l'exploitant) ;
- assistante courante du propriétaire pour le suivi d'auscultation, avis et conseils au propriétaire en cas d'anomalies constatées ;
- analyse et interprétation approfondies périodiques de ces mesures et établissement du rapport d'auscultation (1 à 5 ans, selon classe A, B ou C) ;
- visites techniques approfondies périodiques de l'ouvrage (1 à 10 ans, selon classe A, B, C ou D).

La nouvelle réglementation, introduite par le décret du 11/12/2007, impose aux maîtres d'ouvrage le recours à une telle ingénierie spécialisée - et si nécessaire agréée (notamment pour le rapport d'auscultation des barrages A à C) - avec des obligations croissantes en fonction de la classe de l'ouvrage

(D, C, B ou A) et de la nature et complexité de la mission objet de la prestation (cf. tableau en annexe 1). Si la structure maître d'ouvrage ne possède pas en son sein l'ingénieur ou le bureau spécialisé correspondant (ce qui est le cas général chez les propriétaires de petits barrages ou retenues), elle doit faire appel à un ou plusieurs prestataires extérieurs.

Avant la publication de ce décret, seuls les barrages classés comme intéressant la sécurité publique par l'État étaient systématiquement soumis à de fortes contraintes réglementaires de surveillance et d'entretien des ouvrages. En principe, ces contraintes ont été précisées dans les actes d'autorisation ou de déclaration, ou des arrêtés préfectoraux de prescriptions complémentaires, relatifs aux aménagements correspondants. Elles restent en vigueur tant qu'un nouvel arrêté de prescriptions complémentaires ne les modifiera pas suite à la parution du décret du 11/12/2007.

Pour le cas des barrages et retenues d'altitude potentiellement concernés par des aléas naturels, il est recommandé que cette assistance soit complétée en temps que de besoin (présence d'ouvrages de protection, événement singulier, ...) par une ingénierie qualifiée en risques naturels de montagne.

1.3.5. Le service du contrôle

Pour tous les barrages ne faisant pas l'objet d'une concession d'exploitation hydroélectrique, la mission de Contrôle relève du service chargé de la Police des Eaux sur le cours d'eau concerné ou son bassin versant. Depuis 2006, chaque département est doté d'un Service Unique de la Police de l'Eau, en général rattaché à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF).

Les rôles du service de contrôle sont les suivants :

- instruire le dossier de déclaration ou d'autorisation de l'ouvrage selon les modalités définies par les textes d'application de la loi sur l'eau, en particulier les décrets 93-742 et 93-743 du 29 mars 1993 modifiés par les décrets du 17 juillet 2006 ; élaborer et notifier au propriétaire les arrêtés de prescriptions spéciales : arrêté d'autorisation, arrêté(s) complémentaire(s), etc. ;
- statuer sur le classement du barrage (A, B, C ou D). Avant la publication du décret du 11/12/2007, le service de contrôle statuait sur le fait que le barrage devait être (ou non) classé comme "intéressant la sécurité publique", en application de la circulaire interministérielle du 14 août 1970 ;
- **s'assurer** que le propriétaire a pris toutes les dispositions nécessaires en vue d'un suivi et d'une surveillance appropriés de son barrage : consistance du dispositif d'auscultation, périodicité des mesures, tenue du registre du barrage, compétences ou références techniques des intervenants ;
- organiser des inspections périodiques de contrôle, vérifier que les recommandations formulées lors des visites d'inspection précédentes ont bien été suivies d'effet et en rédiger le procès-verbal ;

Cette mission est exercée sous l'autorité du Ministère chargé de l'Ecologie (Direction Générale de la Prévention des Risques) et le service de contrôle peut se faire assister au besoin par le PATOUH⁵, pour résoudre les difficultés techniques importantes.

NB : Il faut bien distinguer la mission de contrôle (i.e. « contrôler que le maître d'ouvrage surveille et entretient correctement son barrage ») qui incombe au Service de Police de l'Eau de celle de suivi et de surveillance régulière du barrage qui incombe à son propriétaire, en application du décret du 11/12/2007 (qui rend caduque la circulaire interministérielle du 14 août 1970 à propos du classement comme intéressant la sécurité publique).

⁵ Pôle d'Appui Technique aux services de contrôle des Ouvrages Hydrauliques – convention du 4 décembre 2007 entre le Ministère chargé de l'Ecologie et le Cemagref organisant cette mission d'appui pour les ouvrages autorisés.

2. La surveillance des barrages

2.1. Organisation par le propriétaire

La surveillance du barrage vise principalement à suivre les évolutions du comportement du barrage et permet au propriétaire, assisté de son ingénieur-conseil, de décider de la nature et de l'urgence des interventions de maintenance ou de réparation. On trouve en annexe 1 du présent document un tableau récapitulatif des obligations qui incombent au propriétaire en matière d'organisation de la surveillance selon la classe du barrage dont il est responsable.

Les évolutions dans le comportement des barrages sont en général lentes. Certaines peuvent s'avérer potentiellement rapides, en particulier pour les barrages en remblai étanchés par DEG, notamment lors de la phase cruciale de première mise en eau. En effet, les remblais de tels barrages sont généralement assez perméables et, en cas de défaillance de la géomembrane, peuvent être le siège d'écoulements à fort gradient, donc à dynamique rapide.

La méthodologie de suivi doit fournir les moyens de détecter les anomalies, d'apprécier les vitesses d'évolution et leur aboutissement probable, en séparant les phénomènes réversibles (ex : variation d'un débit de fuite directement liée à la cote du plan d'eau ou d'un débit de drainage relié à la pluviométrie) des phénomènes irréversibles (ex : baisse du débit d'un drain consécutive à un phénomène de colmatage).

En phase d'exploitation, le rythme de la surveillance est adaptée à la nature et à l'état du barrage, mais doit impérativement être renforcée en cas d'anomalies ou de désordres constatés sur l'ouvrage, ainsi qu'à l'occasion des crues ou autres phénomènes naturels (ex : glissements de terrain, crues torrentielles, avalanches, séismes, ...) s'étant produits à proximité de l'aménagement, voire l'ayant impacté.

La surveillance des barrages repose sur les éléments suivants :

- la surveillance visuelle ;
- la vérification périodique du bon fonctionnement des vannes. Cette vérification doit être systématique à l'occasion des visites techniques approfondies, mais il est recommandable que le propriétaire fasse procéder à des essais plus fréquents ;
- la tenue du registre de l'ouvrage ou registre de l'exploitant ;
- l'auscultation.

Pour bâtir un programme de surveillance et d'entretien pertinent et efficace du barrage et de ses ouvrages annexes, il est indispensable que le propriétaire ait constitué un dossier du barrage, le plus complet possible et qui devrait comprendre une collection de documents descriptifs, de rapports d'étude ou de consignes émanant :

- du maître d'œuvre à la construction : études de conception (étude géotechnique, notes de calcul, dossier des ouvrages exécutés (y compris les plans des ouvrages conformes à l'exécution), rapport de première mise en eau ;
- de l'entreprise de construction : plans de récolement, factures/décomptes de travaux, rapport d'exécution ;
- des fournisseurs : bordereau de livraison et/ou rapport d'installation, plans d'assemblage (ex : pour les vannes), notices d'utilisation et d'entretien.

En application du décret du 11 décembre 2007, ce programme doit être soumis, sous la forme de consignes écrites, à l'approbation du Préfet pour les barrages de classes A à C.

Par la suite, le dossier du barrage est à enrichir à partir des documents de même nature résultant des opérations de réparation et du suivi permanent des ouvrages.

2.2. La surveillance visuelle

La surveillance visuelle est une méthode qualitative, sous la responsabilité du propriétaire, qui intègre de très nombreux paramètres et qui permet de détecter la grande majorité des désordres et anomalies susceptibles d'affecter le barrage, ses ouvrages attenants et son environnement.

On distingue trois modes ou circonstances de visite de surveillance du barrage et de ses abords :

- (1) la surveillance visuelle de routine ;
- (2) la surveillance spéciale à l'occasion d'une circonstance ou suite à un phénomène extérieur particulier : crue, glissement de terrain, chute de pierres, avalanche, séisme, ... ;
- (3) la visite technique approfondie de l'ingénieur ou du cabinet d'ingénierie chargé, par le maître d'ouvrage, du suivi du barrage.

Les deux premiers types de visite (1) (2) sont du ressort direct du propriétaire ou de son exploitant. L'agent en charge de ces tâches doit être motivé, consciencieux et précis, et avoir reçu une bonne information sur l'ouvrage et sur ses caractéristiques ainsi qu'une formation technique appropriée sur les phénomènes en jeu et les objectifs de la surveillance et de l'auscultation (la contribution à une telle formation du maître d'œuvre ou de l'ingénieur spécialisé chargé du suivi est éminemment souhaitable). Il doit, en outre, être en possession de l'équipement nécessaire à la visite (y compris les équipements de sécurité) et des documents utiles au report des observations et mesures.

La visite technique du cabinet d'ingénierie spécialisé (3), assistant le maître d'ouvrage, est une visite approfondie à périodicité lâche (annuelle à quinquennale), sauf si des circonstances particulières viennent à exiger une visite spéciale. Elle donne lieu à la rédaction d'un rapport complet, décrivant toutes les observations faites, rendant compte des essais de fonctionnement des organes hydrauliques et des instruments d'auscultation et recommandant tous travaux ou interventions qui seraient nécessaires.

Enfin, pour mémoire car elle relève d'une action de surveillance particulière, l'inspection réglementaire de contrôle (cf. § 2.6), organisée à la demande du service de Police de l'Eau et dirigée par lui, comprend un examen visuel contradictoire des parties visibles du barrage.

2.2.1. La surveillance visuelle de routine (ou programmée)

Elle a pour objectif de déceler rapidement tout phénomène nouveau affectant les ouvrages ainsi que de suivre qualitativement les évolutions.

Périodicité :

En phase d'exploitation normale et en l'absence de tout indice inquiétant quant au comportement de l'ouvrage, la périodicité minimale recommandée est mensuelle (voire bimestrielle pour les plus petits barrages). Pour les grands barrages, la périodicité minimale recommandée est bimensuelle. En tout état de cause et en application de la nouvelle réglementation (date limite pour la mise en conformité des barrages existants de classes B à D : 31/12/2012), la périodicité des visites de routine est indiquée dans les consignes écrites de surveillance établies sous la responsabilité du propriétaire, et soumises à l'approbation du Préfet pour les barrages de classes A à C.

Les visites doivent être plus rapprochées dès que l'on constate une évolution nouvelle. Un événement ou phénomène extérieur particulier doit donner lieu à une visite spéciale (cf. § 2.2.2. ci-après).

Pendant la première mise en eau (et, de préférence, également pendant la première vidange) et que celle-ci ait lieu en été ou en hiver, la périodicité de cette surveillance visuelle est liée à la vitesse de montée ou de descente du plan d'eau, étant entendu que, pour la plupart des retenues d'altitude, l'alimentation est faite par pompage ou dérivation et que cette vitesse de montée peut être facilement contrôlée. Pour les plans d'eau alimentés naturellement, on peut, à titre indicatif, retenir un rythme hebdomadaire qui peut être plus espacé si le niveau de la retenue n'évolue pas pendant une longue période. A contrario, une visite s'impose durant cette phase après chaque épisode pluvieux ou événement extérieur significatif.

Modalités :

Les visites de surveillance doivent se dérouler selon un circuit préétabli (défini par exemple par l'ingénieur spécialiste) et ne négliger aucun point d'observation sur le barrage et les ouvrages attenants.

L'agent chargé des visites de routine doit avoir à sa disposition un appareil photographique numérique, avec dateur activé, des bottes et une lampe s'il y a une galerie et être doté des équipements de sécurité réglementaires (casque, baudrier, etc. suivant la configuration de l'ouvrage et le parcours à accomplir). Compte tenu des risques de chute et de noyade dans le plan d'eau (risques aggravés en cas de présence d'une géomembrane apparente), il est hautement recommandé que ces visites se déroulent en binôme.

Ces visites doivent être mentionnées dans le registre du barrage avec indication de toute observation particulière et ajout de photographies si besoin.

Les agents d'exploitation procèdent, à l'occasion de ces visites, aux mesures simples du dispositif d'auscultation telles que débits de fuite, piézométrie, et vérifient le bon fonctionnement des appareils de mesures. L'hiver, il convient que les mesures de lecture simple (instruments accessibles malgré la présence du manteau neigeux) comprennent au minimum le jaugeage d'un débit total de fuite et le levé de la cote du plan d'eau.

Points principaux à observer lors d'une visite de surveillance :

- apparition ou évolution de zones humides sur le parement ou le pied aval du barrage ;
- apparition ou évolution de fuites localisées, y compris dans la zone en aval du barrage, éventuellement avec entraînement de grains de sol ;
- apparition de bourrelets et/ou tassements (amorces de glissement) sur le talus aval ou la partie émergée du talus amont ;
- creusement de ravines sur le parement aval ;
- apparition de points bas, fissures, ... sur la crête du remblai ;
- désordres sur la couverture de protection de la géomembrane (pierres déplacées, désagrégées, sous-couche ou géotextile apparent, ...) ;
- géomembrane (partie hors d'eau) : poinçonnements, déchirures, état des joints entre lés et des raccordements aux structures en béton ;
- végétation arbustive sur les talus et près du pied aval ;
- dégâts dus aux animaux (fouisseurs, ruminants) ;
- obstruction des vannes ou des seuils par des corps flottants (ex : blocs de glace) ou des matériaux ;
- obstruction du coursier de l'évacuateur de crue par de la végétation, des éboulements, ... ;
- affouillements, érosions, mouvements de structure dans l'évacuateur ;
- état des appareils d'auscultation ;
- état de la clôture ;
- environnement de la retenue : instabilité de versants, chutes de blocs, activité torrentielle, etc.

Points particuliers à vérifier ou à observer en période d'enneigement :

- praticabilité des accès aux points de mesure à lecture simple du dispositif d'auscultation ;
- fonctionnalité de l'accès à la vanne de vidange et de son organe de manoeuvre ;

- état de la glace formée sur le plan d'eau ;
- fonctionnement du dispositif de bullage ;
- présence de glace, de congères ou de surépaisseurs de neige, notamment sur les différentes parties de l'évacuateur de crues ;
- adaptation de la clôture à l'état d'enneigement (rétablissement d'une hauteur utile suffisante) ;
- activité avalancheuse dans l'environnement de la retenue.

En fin d'hiver, on s'attache à vérifier l'absence de congère (ou de glace) sur les zones sensibles de l'évacuateur (seuil, chenal, coursier, ...). Les congères sont, en effet, constituées de suraccumulations par le vent de neige transformée, durcie, qui résiste longtemps à la fonte et qu'il convient donc de débiter par des moyens appropriés dès qu'elles sont constatées afin de rétablir la pleine capacité de l'évacuateur.

NB : lorsque la visite s'effectue à retenue basse, voire vide, c'est l'occasion d'inspecter attentivement toutes les parties habituellement noyées : géomembrane dans sa partie apparente et/ou couverture de protection, tête amont des ouvrages de prise et de vidange, état d'envasement ou d'engravement de la retenue.

Il est d'ailleurs fortement recommandé d'effectuer de temps à autre de telles visites - retenue abaissée ou vide - si nécessaire après vidange du plan d'eau, étant rappelé qu'une telle opération est soumise à autorisation ou à déclaration au titre de la « Loi sur l'Eau » si elle implique un abaissement de la retenue en dessous de sa cote minimale d'exploitation.

2.2.2. Les visites spéciales de surveillance (suite à événement particulier)

Il s'agit de visites que l'exploitant doit conduire systématiquement après chaque événement qui aurait pu avoir affecté le barrage, la cuvette étanchée par DEG et ses talus de déblai, ... ou qui a affecté son environnement plus ou moins proche. Il est important de noter que la montagne – compte tenu des fortes pentes et dénivelées, de la géologie, de l'état d'enneigement, ... de ses versants - est le siège d'aléas naturels gravitaires rapides, violents et pouvant parfois prendre une grande ampleur. Aussi en matière de surveillance visuelle d'un aménagement hydraulique de montagne, convient-il d'avoir une vision très large de ce qu'est l'environnement du barrage et de sa retenue : ainsi, on ne négligera jamais l'indice de mouvement de terrain qui aurait pu apparaître, à l'occasion de fortes pluies, en aval ou en amont de l'aménagement (et qui peut toujours être le signe annonciateur d'un mouvement généralisé de versant), l'avalanche ou la crue torrentielle qui s'est arrêtée à quelques centaines de mètres en amont ou quelques dizaines de mètres à côté de la retenue, etc.

a) Cas de la crue

Tous les barrages sont soumis aux sollicitations sévères que constituent les crues : cote du plan d'eau élevée, débits importants dans l'évacuateur, ruissellement de la pluie sur les parements. Une observation renforcée s'impose donc dans ces occasions, et à tout le moins lorsque l'on a constaté ou que l'on suspecte que l'évacuateur de crues a fonctionné.

L'observation **pendant** la crue est riche d'informations mais sera rarement possible car les retenues d'altitude étant situées plutôt en tête de bassin versant, la crue est généralement très brève ; elle peut, de plus, survenir de nuit. Si cela s'avère possible (crue longue de jour ou crue de fonte), on procède à une mesure sur les principaux appareils d'auscultation à lecture simple (cote du plan d'eau, débits de fuite et de drainage, ...).

L'observation **après** la crue doit être systématique et réalisée le plus tôt possible. On essaie d'abord d'apprécier le niveau maximum atteint par le plan d'eau, en examinant les laisses de crues. L'attention

sera particulièrement portée sur l'état de l'évacuateur de crues (indices d'érosion en particulier à l'aval du coursier, de mouvement ou de fissuration de structures, etc.), dont on inspectera en détail toutes les parties. Il convient aussi à cette occasion de faire une mesure sur tous les appareils d'auscultation, afin de détecter d'éventuelles évolutions rapides suite à la crue (augmentation d'un débit de fuite ou de drainage, hausse d'un niveau piézométrique, colmatage d'un drain, etc.)

Toutes ces observations sont consignées dans le registre du barrage et font, le cas échéant, l'objet d'un dossier photographique. Elles conduisent, si nécessaire, à des travaux d'entretien d'urgence ou à des travaux plus importants de réfection. Dans ce cas, il convient d'informer le service de contrôle.

b) Cas du séisme

On recommande une visite aussitôt après un séisme ressenti ou dont on a eu connaissance non loin du site. On procédera à l'inspection de toutes parties observées lors des visites de routine en notant les différences éventuelles. On surveillera plus particulièrement l'apparition de fissures sur les organes en béton et de mouvements sur les parties en remblai ou déblai (glissements, tassements...). On s'assurera que les vannes fonctionnent correctement sur toute leur plage de manœuvre. En cas de signes suspects, on fera appel à l'ingénieur spécialiste pour une visite technique approfondie.

c) Cas de l'aléa « montagne » : crue torrentielle, chute de blocs, avalanche, glissement de terrain

Après un événement de ce type, la première chose à faire est de vérifier si le phénomène a atteint ou concerné une partie de l'aménagement lui-même : barrage, cuvette, talus de déblais, évacuateur de crues, prise d'eau, ouvrages ou locaux annexes, etc. Si tel est le cas, il faudra effectuer un relevé extrêmement précis des dégâts sur les parties apparentes du barrage (c'est-à-dire hors neige ou hors d'eau) : perforation du DEG, endommagement de structures, dépôts, etc.

Lors de la même visite, on veillera à caractériser le phénomène naturel en cause : date et heure d'occurrence ou de constat, nature du phénomène, limites maximales d'extension, volumes en cause, localisation et aspect de la zone de départ, etc. On n'hésitera pas à prendre beaucoup de photographies au cours de ce ou ces premiers constats.

En plus de l'examen visuel, on procède immédiatement à la mesure des principaux appareils d'auscultation, et en particulier des débits : l'apparition inexplicable d'un niveau anormal de fuites doit conduire à abaisser immédiatement le plan d'eau, jusqu'à atteindre une cote pour laquelle les fuites reviennent sensiblement à la normale (ce qui, pour être convenablement apprécié, nécessite un jaugeage régulier des débits au cours de la descente, couplé à la mesure de la cote du plan d'eau). Si le DEG n'est pas recouvert, on effectue alors un examen visuel approfondi des surfaces venant d'être exondées, à la recherche de dégradations de la géomembrane.

Si le phénomène n'a pas atteint le barrage ou sa retenue et s'est arrêté quelques dizaines à centaines de mètres à côté ou en amont, il ne faut pas, bien sûr, le négliger puisque, s'agissant d'un phénomène gravitaire, et parfois divaguant (comme les débordements torrentiels ou les avalanches de neige lourde), il pourrait fort bien toucher l'aménagement lors d'une prochaine occurrence. Il convient donc dans un premier temps de procéder à un relevé d'informations visant à le caractériser, tout comme on le fait pour un phénomène ayant impacté l'aménagement.

Enfin, que le phénomène dangereux ait atteint ou non la retenue, il est impératif de faire immédiatement appel à un ingénieur expert en risques naturels de montagne pour en effectuer un diagnostic complet et pour définir, si possible en liaison avec l'ingénieur spécialiste « barrages » (cf. § 2.3.1 ci-après), les mesures de mise en sécurité du barrage à court et moyen termes. L'ingénieur spécialisé montagne devra

également examiner l'état post-événementiel des ouvrages de protection de la retenue contre les aléas naturels de montagne, s'il en existe.

Cas particulier du glissement de terrain

A la différence des crues torrentielles, chutes de blocs et autres avalanches, un mouvement de terrain peut être potentiellement dangereux – parce qu'annonceur d'un phénomène de plus grande ampleur, affectant par exemple l'ensemble du versant supportant la retenue - quand bien même il s'est produit à l'aval du site d'implantation du barrage.

Aussi, l'occurrence inexplicquée d'un glissement de terrain dans l'environnement plus ou moins proche de l'aménagement – généralement lors ou après des périodes très humides (fortes précipitations et/ou fonte massive des neiges) - doit conduire à la plus grande vigilance⁶ et à la mobilisation de l'expert en risques naturels de montagne.

On s'attachera là aussi à rechercher toute modification dans le régime des débits de drainage issus de l'ouvrage ou de son environnement, étant noté que les mouvements de terrain – quand bien même extérieurs à la retenue - peuvent bouleverser le trajet des écoulements souterrains dans le versant et introduire, par là, des conditions nouvelles d'instabilité en des points ou zones stables auparavant.

Comme pour les crues, toutes les informations recueillies sur le phénomène et les suites données doivent être consignées dans le registre du barrage. Pour tout événement grave ayant touché la retenue – ou qui aurait pu le toucher, le maître d'ouvrage doit prévenir immédiatement le service de contrôle.

2.2.3. La visite technique approfondie

En application du décret du 11/12/2007 et de son arrêté d'application du 29/02/2008, la visite technique approfondie (VTA) est menée, sous la responsabilité du maître d'ouvrage, par un « personnel compétent notamment en hydraulique, en électromécanique, en géotechnique et en génie civil et ayant une connaissance suffisante du dossier et des résultats d'auscultation de l'ouvrage » (que le maître d'ouvrage recherchera donc à l'extérieur de sa structure s'il ne dispose pas d'un tel personnel en son sein). Il est recommandé qu'à l'occasion de cette visite, l'ingénieur compétent sus-décrit se fasse accompagner du ou des chargés des visites de routine, ce qui permet au spécialiste de vérifier les pratiques de ces agents et, si nécessaire, de consolider, par des échanges directs, leur formation.

a) Périodicité

Les fréquences minimales des visites techniques approfondies de l'ingénieur spécialiste sont indiqués par le même décret (cf. tableau en annexe 1) :

- une fois par an pour les barrages de classe A ;
- une fois tous les deux ans pour les barrages de classe B ;
- une fois tous les cinq ans pour les barrages de classe C ;
- une fois tous les dix ans pour les barrages de classe D.

Dans ces limites, la fréquence est fixée par le service de contrôle.

Des visites intermédiaires peuvent s'imposer à la demande du propriétaire ou de l'exploitant si ceux-ci constatent un phénomène inquiétant lors des tournées de surveillance de routine. Notamment, une telle visite sera à organiser après l'occurrence d'un aléa naturel ayant touché ou approché le barrage ou sa retenue (cf. § 2.2.2.c ci-dessus). Dans ce cas, l'ingénieur spécialisé « barrages » devra se coordonner avec l'expert en risques naturels de montagne dont nous recommandons vivement la saisine par le propriétaire et, mieux, effectuer la visite approfondie en sa compagnie.

⁶ Un géotechnicien grenoblois s'est joliment exclamé : la montagne est un architecte qui construit à la limite de la stabilité !

b) Organisation de la visite

Il convient, lors de la visite, de disposer d'un dossier technique à jour, comprenant au minimum :

- les informations sur la conception et la réalisation du barrage (coupe type, matériaux utilisés, organes divers...), et sur les gros travaux éventuels ;
- le compte rendu de la précédente visite ;
- le cas échéant, les résultats des dernières mesures d'auscultation.

c) Déroulement de la visite

On reprend globalement les points à observer mentionnés dans le § 2.2.1. Une attention particulière est portée à l'examen de l'environnement de la retenue, notamment les abords amont et aval et les ouvrages de protection contre les aléas montagnards (cf. § 3.5.), s'il en existe.

L'annexe 2 en fin de ce document propose une fiche synthétique de visite dressant la liste des observations à faire partie par partie du barrage : celle-ci a été adaptée à partir de celle se rapportant au « barrage à masque amont » dans le guide P. ROYET déjà cité, dans lequel elle est assortie d'une liste de commentaires dont nous engageons le lecteur à prendre connaissance.

d) Fonctionnement des organes hydrauliques et appareils d'auscultation

A l'occasion de ces visites techniques, on procède à l'inspection des organes hydrauliques de sécurité (vannes) et à leur manœuvre, étant entendu que les ouvertures de vanne doivent être effectuées avec précaution, notamment vis-à-vis des risques éventuels liés à la brusque augmentation du débit dans le cours d'eau récepteur à l'aval ou encore à l'état de charge ou de sectionnement des diverses conduites.

Si le barrage est doté d'un dispositif d'auscultation, on en vérifie le bon fonctionnement ainsi que l'exécution correcte des mesures par l'agent qui en est chargé.

e) Rapport de visite

A l'issue de la visite approfondie, l'ingénieur spécialiste rédige un rapport complet, décrivant toutes les observations faites lors de la visite, rendant compte des essais de fonctionnement des organes hydrauliques et des instruments d'auscultation et recommandant tous travaux ou interventions qui seraient nécessaires.

Ce rapport est adressé par le propriétaire au service de contrôle.

2.3. Tenue du registre journal et rapport de l'exploitant

Quelle que soit la classe du barrage, le décret du 11/12/2007 impose que son propriétaire, ou l'exploitant agissant pour son compte, tienne un registre et ce, dès le début de la première mise en eau. Ce document est extrêmement précieux, car il constitue le "journal" du barrage.

Il s'agit d'un cahier tenu à jour par la personne chargée de la surveillance régulière du barrage. Il est recommandé de choisir un document à couverture cartonnée résistante, de format au moins A4, à pages numérotées.

Sont consignés dans ce registre :

- le compte rendu de l'observation visuelle de routine (avec a minima la cote de la retenue et l'indication du temps, plus éventuellement la mention RAS, en face de la date) ;

- le compte rendu circonstancié des observations suite aux crues, séismes, phénomènes naturels de montagne ;
- les mesures d'auscultation si elles ne font pas l'objet de fiches spécialement prévues à cet effet ;
- des informations sur l'exploitation du barrage (évolution de la cote de la retenue, dates de début et fin d'alimentation ou de prélèvement, volumes prélevés, manœuvre de vannes, chasses, ...) ou sur des éléments susceptibles d'affecter l'exploitation (présence de glace, de congères, ...)
- les informations sur les déclenchements préventifs d'avalanches et leurs résultats ;
- la description de tous les travaux d'entretien et de réparation ;
- la mention des visites techniques approfondies de l'ingénieur spécialisé ou des inspections du service de contrôle, avec nom et signature des participants.

Toutes les indications portées sur le registre doivent être datées et signées par leur auteur. Tout au long de son utilisation, le registre doit être conservé avec soin par l'agent d'exploitation, transporté et stocké sous pochette plastique à l'abri de l'humidité et des crues. Une fois qu'un cahier est terminé, il est recommandé d'en faire un duplicata et de stocker avec soin le cahier et son duplicata dans deux lieux sûrs différents.

Ce registre doit être présenté à toute requête du service de l'Etat chargé du contrôle.

Pour les barrages de classes A à C, le maître d'ouvrage est tenu d'élaborer un rapport de l'exploitant – qui est essentiellement une synthèse du registre du barrage sur la période considérée (principaux événements, opérations d'entretien, gestion de la retenue : remplissage, vidange, etc.) - à soumettre au service de Contrôle, selon des espacements maximaux fixés par le décret du 11/12/2007 (cf. tableau en annexe 1) :

- une fois par an pour les barrages de classe A ;
- une fois tous les cinq ans pour les barrages des classe B et C.

2.4. Auscultation

L'auscultation est une méthode de surveillance quantitative qui est basée sur l'analyse des mesures fournies par une instrumentation spécifique à chaque ouvrage. Pour les barrages en remblai, on mesure essentiellement des débits de fuite ou de drainage, des pressions ou des niveaux d'eau dans le remblai – qui pour le cas des barrages étanchés par DEG n'apparaissent en général que de façon accidentelle - et des déplacements, surtout au jeune âge du remblai. Une analyse fine des mesures permet d'explicitier le comportement à long terme du barrage et, par conséquent, est susceptible de mettre en évidence d'éventuelles anomalies dans ce comportement avant même que celles-ci ne se manifestent par des signes extérieurs. A l'inverse, il est utile d'ausculter finement un désordre apparu sur l'ouvrage (jaugeage d'une fuite nouvelle, par exemple).

Pour un barrage neuf, quelle que soit son importance, le dispositif d'auscultation doit être prévu et conçu dès l'avant-projet et mis en place pendant la construction. Un tel dispositif est obligatoire pour les barrages de classe A à C et est recommandé pour ceux de classe D.

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 par l'observation visuelle.

Dans tous les cas, le dispositif d'auscultation d'un barrage doit être conçu en se posant les deux questions suivantes :

- quels sont les phénomènes significatifs du comportement du barrage et de ses évolutions ?
- comment mesurer ces phénomènes ?

Le dispositif d'auscultation est d'autant plus complet que le barrage est de grande dimension et que l'aménagement représente un enjeu important aux plans de la sécurité et économique. Le tableau B ci-après, extrait du guide [P. ROYET 2006], propose des recommandations répondant à ce principe.

Dans tous les cas, il doit comprendre un dispositif de mesure de la cote du plan d'eau (ex : échelle limnimétrique) – la charge hydraulique étant le premier paramètre influençant les autres mesures.

2.4.1. Instrumentation

Pour les barrages en remblai totalement étanché par DEG, les principales évolutions susceptibles de conduire à des désordres, voire à des ruptures, sont globalement de quatre ordres :

- (1) l'existence de fuites à travers le DEG, non contrôlées par le système de drainage et filtration, et pouvant, par leur aggravation progressive, conduire à un phénomène de renard dans le remblai ou sa fondation ;
- (2) une modification du régime des écoulements souterrains dans la fondation du remblai, sous la cuvette ou dans les versants et/ou un colmatage ou une saturation des drains, entraînant localement une montée de la piézométrie dans le remblai ou sa fondation et susceptibles de mettre en danger, sur un tronçon plus ou moins large, la stabilité de l'ensemble « remblai et fondation » ;
- (3) des tassements de la crête du remblai engendrant une diminution de la revanche, ce qui limite la sécurité du barrage vis à vis du risque de surverse ;
- (4) les phénomènes extérieurs de type gravitaire : crues torrentielles, chutes de blocs, effondrements, glissements de terrain, avalanches, ...

Les fuites (1) sont contrôlées par des dispositifs simples de mesure des débits. Les drains du barrage et de la cuvette débouchent dans un collecteur aménagé à cet effet. ***La création éventuelle d'un dispositif de récupération de ces écoulements et de refoulement par pompage dans la retenue ne doit jamais se faire au détriment d'une possibilité de mesure directe de ces débits à des fins d'auscultation.*** Une telle malfaçon est souvent observée dans les aménagements et doit absolument être proscrite : l'évaluation d'un débit de drainage par l'analyse des cycles de fonctionnement d'une pompe de refoulement est imprécise et ne saurait égaler le jaugeage direct par empotement ou lecture sur un seuil.

Dans le cas des barrages totalement étanchés par géomembrane qui nous intéressent, il est souhaitable de séparer les zones de mesure pour faciliter l'analyse des résultats au minimum en trois parties : débit de fuite du DEG étanchant le remblai, débit de fuite du DEG de la cuvette, débit(s) de drainage des versants. Si le DEG est recouvert d'une structure de protection, il est avantageux de compartimenter en plusieurs zones le drainage de la cuvette, afin de localiser plus facilement un point de fuite éventuel, étant noté que l'inspection visuelle directe de la géomembrane n'est plus possible dans cette configuration.

En cas d'augmentation anormale de débit, des mesures de teneurs en éléments fins de l'eau de fuite peuvent renseigner sur un processus éventuel d'érosion interne : l'observation d'un tel phénomène, à évolution potentiellement rapide et grave (renard), doit conduire à la prise immédiate de mesures de sécurité, comme l'abaissement de la cote du plan d'eau.

. La modification de la piézométrie dans le remblai ou sa fondation, qui peut révéler les phénomènes de type (2), est observée par des piézomètres (piézomètres à tube ou cellules piézométriques). Toutefois, pour un barrage étanché par DEG, on ne prévoit pas une densité trop élevée de tels instruments – sauf zone(s) précise(s) à surveiller (source, nappe phréatique, ...) repérée(s) lors des études préalables ou à la construction – car l'apparition d'une piézométrie singulière dans le remblai ou sa fondation est, en principe, d'origine accidentelle (défaillance du DEG ou colmatage d'un drain) et que la probabilité qu'un piézomètre implanté a priori, « au hasard », dans le remblai détecte un accident de ce type est somme toute faible. Ici encore, c'est bien le suivi et l'analyse fine des débits de drainage et de fuite qu'il convient de privilégier : toute modification à la hausse ou à la baisse doit conduire à la vigilance. Ceci impose de pouvoir interpréter les mesures de débit à conditions constantes : prise en compte indispensable de la cote

du plan d'eau, bien sûr, mais aussi des conditions météo (ex : fonte des neiges) et de la pluviométrie qui influencent les débits de drainage des versants.

. Les tassements (3) sont contrôlés, surtout lors des premiers mois de service, à l'aide d'un dispositif topographique constitué de bornes de nivellement placées en crête de remblai tous les 20 à 30 m dans le sens de rive à rive (et éventuellement sur la risberme aval) et de piliers d'observation placés sur les rives dans des zones non affectées par des mouvements. Les leviers topographiques sont faits en altimétrie uniquement, à l'aide d'un niveau.

. Les risques liés aux phénomènes extérieurs (4) doivent être prévenus essentiellement par une surveillance visuelle s'étendant à l'environnement du barrage et de la retenue (cf. § 2.2.2.). Dans quelques rares cas⁷, il se peut que certaines zones d'aléa de montagne situées à proximité de la retenue soient instrumentées (ex : piézomètres, auscultation topométrique ou inclinomètres dans un glissement de terrain, fissuromètres surveillant une falaise instable, balises Nivose ou perches à neige près d'une zone de départ d'avalanches, etc.) à des fins de prévention. Ces instruments de surveillance doivent alors être intégrés dans le dispositif d'auscultation de la retenue, avec une périodicité adaptée à la dynamique d'évolution du phénomène et à la menace potentielle qu'il représente.

A l'exception des tassements (3), la surveillance et le suivi d'auscultation de ces barrages ne doivent évidemment pas être interrompus en période hivernale, qui peut durer de longs mois pour les ouvrages implantés aux hautes altitudes. Aussi, le système d'auscultation de ces ouvrages doit être réfléchi et adapté en conséquence et ce, dès le stade de conception :

- robustesse des instruments manuels ou automatiques,
- mise hors gel des points de mesure hydraulique,
- regards et points de mesure à lecture simple accessibles en toutes conditions, notamment d'enneigement.

En cas de recours à des systèmes de mesure automatique, des dispositifs d'alarme de non- ou mal-fonctionnement doivent être prévus et le passage des mesures en mode manuel doit toujours rester possible.

En résumé, pour les barrages et retenues d'altitude, le contrôle des débits des drains est primordial. Le dispositif de drainage doit être réfléchi dès les premières phases de conception de l'aménagement avec, si nécessaire, un compartimentage selon la zone et selon l'origine des débits (sources sous la cuvette, fuites à travers le dispositif d'étanchéité, zonage géographique). Le compartimentage du dispositif de drainage est particulièrement recommandé en cas de géomembrane protégée (donc soustraite à l'examen visuelle). Le contrôle de la piézométrie en aval de l'étanchéité est à considérer comme un indicateur de seconde ligne, susceptible de renseigner sur une défaillance ou une saturation de la capacité du dispositif de drainage, pour autant que les piézomètres soient judicieusement localisés.

2.4.2. Périodicité des mesures

C'est à l'occasion des visites de surveillance de routine, donc avec une périodicité mensuelle (voire bimestrielle pour les plus petits barrages) en l'absence de tout indice inquiétant quant au comportement de l'ouvrage, qu'il convient de procéder aux mesures simples d'auscultation :

- cote du plan d'eau ;
- débits des drains : fuites du DEG, débits de drainage de la cuvette ou des versants ;
- piézomètres si un ou plusieurs instruments de ce type contrôlent une zone particulière du barrage ou de son environnement.

Le rythme mensuel apparaît le minimum pour permettre une analyse des mesures et apprécier les dérives éventuelles. En tout état de cause et comme le précise l'arrêté du 29/02/2008, la périodicité des mesures

⁷ On peut rencontrer de telles situations sur des aménagements anciens (n'ayant pas été implantés en dehors de toutes zones d'aléas suivant les recommandations du présent guide) ou encore de très petites dimensions et sans enjeu aval.

est indiquée par type d'instrument dans les consignes de surveillance établies sous la responsabilité du propriétaire, et soumises à l'approbation du Préfet pour les barrages de classes A à C.

En définitive, la périodicité de ces mesures dépendra de trois facteurs :

- l'âge du barrage, étant entendu que la phase de « première mise en eau » - dont le caractère crucial a déjà été signalé - doit bénéficier d'un protocole de suivi particulier et fin, élaboré et, en principe, dirigé par le maître d'œuvre à la construction ;
- le niveau de remplissage du barrage ;
- l'apparition de phénomènes inquiétants.

L'ingénieur spécialiste chargé du suivi de l'ouvrage devra fournir toutes les recommandations permettant d'adapter le rythme des mesures au comportement du barrage.

L'agent d'exploitation doit reporter l'ensemble des mesures d'auscultation sur une feuille pré-imprimée. Un plan d'implantation des différents dispositifs de mesure doit accompagner la feuille de mesure, afin de faciliter le travail de l'agent d'exploitation, particulièrement pendant les périodes de suppléance.

Cas particulier des mesures topographiques :

Lorsque le barrage est équipé de repères de tassement, il est recommandé de procéder à des campagnes de relevés trimestrielles à semestrielles pendant la première année de service, puis de passer ensuite à un rythme semestriel ou annuel. En l'absence d'évolution significative, les levés pourront être progressivement espacés, et même abandonnés pour les plus petits barrages. En cas de détérioration partielle du dispositif topographique, on pourra se servir du niveau du seuil de l'évacuateur comme niveau de référence pour le nivellement de la crête du remblai.

2.4.3. Interprétation des mesures. Rapport d'auscultation

a) La critique de la mesure. Report sur graphique

L'agent d'exploitation chargé de faire les mesures des instruments d'auscultation, doit systématiquement critiquer chaque mesure sur site, puis au bureau où, convenablement formé par l'ingénieur spécialisé, il peut reporter les mesures sur des graphiques interannuels afin d'en effectuer une première analyse qualitative. Cela consiste à comparer la mesure à celle antérieure, ainsi qu'à la plage habituelle de variation de l'instrument considéré. Ainsi, on identifie rapidement la plupart des erreurs de lecture, ainsi que tout dysfonctionnement de l'appareil d'auscultation ou toute erreur de retranscription. On peut alors refaire la mesure et confirmer ou non l'évolution anormale de sa valeur.

Les consignes de l'ingénieur spécialisé assistant le propriétaire pour les visites techniques approfondies et/ou l'élaboration du rapport d'auscultation peuvent avantageusement prévoir les cas de mesures inquiétantes justifiant que l'agent d'exploitation l'avertisse immédiatement.

b) L'analyse approfondie des mesures

Cette tâche est pointue et relève logiquement de l'ingénieur ou du cabinet d'ingénierie spécialisé – et agréé pour les barrages de classes A à C - qui assiste le propriétaire du barrage et son exploitant à cette fin. Elle se conclut par la rédaction d'un rapport d'interprétation des mesures, intitulé « rapport d'auscultation ».

Elle vise à appréhender, à partir de l'analyse approfondie de nombreuses mesures, l'évolution du comportement du barrage dans le temps, déduction faite de toute autre variation (ce qu'on appelle « l'analyse à conditions constantes »). A cette fin, les ingénieurs spécialisés utilisent des méthodes et/ou des logiciels d'analyse statistique des mesures.

Tout comportement irréversible et inquiétant du barrage (ex : débit de fuite qui augmente à plan d'eau constant) doit conduire le cabinet d'ingénierie à faire prendre par le propriétaire des dispositions appropriées, la première étant un renforcement de la surveillance visuelle et de l'auscultation.

Analyse qualitative de quelques phénomènes irréversibles simples d'une retenue d'altitude :

. Augmentation des débits des drains :

L'augmentation des débits de drainage à plan d'eau constant traduit le vieillissement de l'étanchéité ou, si l'augmentation a été brutale, un accident sur le DEG. Le phénomène est d'autant plus inquiétant si l'évolution est rapide et ne se stabilise pas. Il convient dans tous les cas d'essayer de cerner l'origine de l'évolution des débits en scindant si possible les zones de mesure.

. Baisse des débits des drains :

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, la baisse de débit d'un drain peut être aussi inquiétante que son augmentation. En effet, une baisse de débit à conditions hydrostatiques et climatiques constantes peut avoir deux origines :

- une amélioration naturelle de l'étanchéité du barrage par colmatage d'une zone fuyarde du DEG. Ce cas, bien sûr favorable et rassurant, est peu courant compte tenu du type et de la localisation des fuites dont le DEG peut être responsable et du peu de sédimentation dans les retenues d'altitude ;
- un colmatage du dispositif de drainage qui se trouve peu à peu contourné et ne contrôle plus les débits de fuite. Dans ce cas très inquiétant, la piézométrie va augmenter et les écoulements non contrôlés peuvent être à l'origine de renards ou de glissements du talus aval du barrage.

c) Rapports d'auscultation

L'interprétation périodique des mesures donne lieu à la rédaction des rapports d'auscultation. Les espacements maximaux de production de ces rapports à soumettre au service de Contrôle sont fixés par le décret du 11/12/2007 (cf. tableau joint en annexe 1) :

- une fois tous les deux ans pour les barrages de classe A ;
- une fois tous les cinq ans pour les barrages des classes B et C ;
- pas d'obligation particulière pour les barrages de classe D.

Enfin, les rapports d'auscultation doivent être établis par des organismes agréés, en application du décret susvisé.

2.5. Visites d'inspection du service de contrôle

Ces visites relèvent de la responsabilité du service de l'Etat dont la mission est de contrôler que le propriétaire assume correctement ses obligations de bonne surveillance, entretien et maintenance du barrage.

Le propriétaire met en œuvre tous les moyens pour que ces visites d'inspection se déroulent dans les meilleures conditions. S'il s'agit d'une visite complète (décennale)⁸, c'est lui qui prend en charge l'opération de vidange ou de visite subaquatique, tant sur le plan technique que financier.

Cette inspection donne lieu à la rédaction, par le service de Police de l'Eau, d'un procès verbal adressé au propriétaire et comprenant des préconisations avec échéancier de réalisation.

⁸ d'un barrage de classe A

Pour la bonne information des propriétaires, il est important d'indiquer les espacements maximaux des visites d'inspection du service de contrôle tels qu'ils sont fixés par le décret du 11/12/2007 (cf. tableau joint en annexe 1) :

- une fois par an pour les barrages de classe A ;
- une fois tous les cinq ans pour les barrages de classe B ;
- une fois tous les dix ans pour les barrages de classe C ;
- pas d'obligation particulière pour les barrages de classe D.

3. L'exploitation et l'entretien des barrages

3.1. Contrôle de la végétation

3.1.1. Végétation herbacée

L'engazonnement du talus aval d'un barrage en remblai représente le meilleur compromis technico-économique pour la protection contre le ravinement des eaux de ruissellement et pour l'insertion de l'ouvrage dans l'environnement. Cependant, cette végétation herbacée doit être régulièrement fauchée afin que le parement aval reste en permanence facilement observable. En outre, le passage régulier des engins mécaniques de fauchage et la suppression des zones de couvert dissuadent les animaux fouisseurs d'élire domicile dans le barrage, en troublant leur quiétude.

Il est, donc, recommandé de faucher (ou de tondre) les zones engazonnées au moins une fois, et si possible deux fois, par an (par exemple en fin de printemps et/ou en début d'automne). Cet entretien doit s'étendre aux abords du barrage. Lors du fauchage en crête ou en tête de talus, il faut veiller à ne pas endommager la géomembrane.

Le pâturage du talus aval peut être une solution intéressante car les traces des sabots des ruminants et la fumure naturellement apportée sont propices à la régénération de la couverture herbacée. On choisira des ovins de préférence à des bovins, ces derniers étant susceptibles par leur poids de creuser de profondes traces avec leurs sabots. Cependant, il convient d'éviter la charge excessive, par une conduite appropriée du troupeau, et de bien choisir la période de pâturage (dégradation des talus par les sentes, piétinement en période très humide). Une clôture efficace doit également être en place sur la crête, de façon à empêcher que les animaux accèdent à la retenue.

3.1.2. Végétation arbustive ou arborescente

Plusieurs conséquences néfastes sont à craindre de la présence d'arbres sur le barrage ou à sa proximité :

- la gêne pour l'inspection visuelle ;
- le colmatage du système de drainage (collecteurs, en particulier) par le tissu racinaire des arbustes présents en pied aval ;
- la création dans le remblai de zones de cheminement préférentielles pour l'eau le long des racines déperissantes, en particulier après la mort de l'arbre, et les risques associés de développement de renards si l'étanchéité par DEG venait à être défaillante ;
- le soulèvement d'ouvrages rigides (ex : structures de l'évacuateur) lors de la croissance des racines ;
- le développement d'un couvert propice à l'installation d'éventuels animaux fouisseurs ;
- les détériorations du talus ou les amorces de glissement en cas de tempête provoquant des chablis.

La crête, les talus et les abords d'un barrage, jusqu'à une distance d'au moins 10 à 15 m du pied, doivent donc être exempts de tout arbre ou arbuste. Un talus aval à pente douce et/ou la présence d'une risberme circulaire par les engins d'entretien facilitent les opérations de fauchage : les concepteurs doivent bien intégrer ce fait.

Une lutte sans merci doit être menée dans ce domaine en ayant toujours à l'esprit que plus un arbre est gros, plus son système racinaire est développé : ce qui signifie qu'il faut intervenir le plus tôt possible, dès le stade arbustif.

3.1.3. Traitement des arbustes ou arbres existants

Bien que la situation d'un boisement inopportun des talus d'un barrage puisse facilement être évitée grâce à un fauchage régulier, il faut reconnaître qu'elle est assez souvent rencontrée dans les barrages de plaine, dont certains sont très anciens. Quelques années de négligence de contrôle de végétation suffisent, en effet, à entraîner une telle situation. Il est alors souvent nécessaire de faire appel à des entreprises spécialisées (débroussaillage, abattage, génie civil). En montagne, les cas de remblais se boisant sont encore peu fréquents compte tenu du jeune âge des barrages, mais il faut se méfier de certaines essences de pleine lumière (ex : le Mélèze dans les Alpes du Sud) qui ont tendance à coloniser rapidement les talus.

La complexité du traitement d'une végétation ligneuse indésirable croît avec l'ampleur de son développement :

- si la végétation est uniquement arbustive - avec des souches et, donc, des racines encore grêles et peu développées - on peut procéder à une coupe systématique des brins (sans dessouchage) qu'il convient d'accompagner de l'application d'un produit chimique dévitalisant sur les cicatrices fraîches, afin de tuer les sujets. Pour les plus petits sujets, l'arrachage manuel de l'arbuste et de sa souche est envisageable ;
- si la végétation est arborescente avec des arbres épars, il est recommandé de les abattre, puis de prévoir dans les semaines qui suivent une opération de génie civil consistant à arracher les souches - à l'exception de celles à proximité de structures rigides afin de ne pas les endommager - à élargir et taluter les excavations ainsi créées et à reconstituer le talus par apport et mise en œuvre de sol compacté, de caractéristiques appropriées.

3.2. Entretien et réparation du DEG

3.2.1. Entretien – réparations de la géomembrane

Il est important que l'entreprise d'étanchéité ait remis au maître d'ouvrage un document technique pour le bon usage de l'aménagement étanché par DEG, concernant tout particulièrement la géomembrane et son entretien. En particulier, les restrictions de circulation sur la géomembrane ou sa structure de recouvrement doivent être précisées.

. Surveillance et entretien courants :

Dans le cas d'une géomembrane non recouverte, il convient de :

- maintenir un niveau d'eau minimum au fond de la retenue pour le lestage contre le vent ;
- assurer un examen visuel régulier, et complet une fois par an, de la géomembrane ou, à minima, à l'occasion de la visite technique approfondie. A ce titre, les zones de raccordement aux ouvrages en béton doivent être vérifiées avec soin (risques de tassements localisés) ;

- si la géomembrane est non protégée en tête de talus amont, vérifier que, dans la zone de marnage, l'effet du batillage ne déforme pas les couches de sol support (apparition d'une « marche d'escalier ») ;
- procéder à l'enlèvement des corps flottants éventuels qui, hors saison hivernale, pourraient dégrader la géomembrane ;
- si la géomembrane nécessite un nettoyage, respecter les consignes données par l'entreprise d'étanchéité, notamment pour ce qui concerne le matériel et les produits utilisés.

Dans les parties d'ouvrage où la géomembrane est recouverte, l'examen visuel direct de celle-ci n'est plus possible. On privilégie alors les méthodes indirectes (mesures d'auscultation, essais à la fluorescéine, ...) pour repérer les défauts ou les déchirures dans ces zones.

Si une hausse impromptue de débit de drainage est constatée, un abaissement du plan d'eau, bien conduit et ausculté, va permettre de repérer les cotes des principales fuites. S'il s'avère difficile de localiser les fuites, on peut faire appel à des méthodes électriques de détection d'écoulements à travers les géomembranes ; pour plus d'informations à ce sujet, un guide est disponible sur le site du CFG (www.cfg.asso.fr). Il existe aussi des méthodes de prospection géophysique qui peuvent se révéler adaptées, sans être spécifiques aux géomembranes (polarisation spontanée PS, méthodes soniques, etc.).

Opérations de réparation :

Les dégradations nécessitant ces réparations peuvent être notamment causées par :

- les effets de la glace,
- les opérations d'entretien elles-mêmes,
- le vandalisme,
- des tassements du support à proximité des ouvrages en béton,
- un vieillissement prématuré,
- etc.

Il n'est pas possible de préciser l'ensemble des opérations de réparation ou de réhabilitation à réaliser car ces opérations dépendent de la nature de la géomembrane, de la cause et de l'importance des dégradations, de l'analyse de leur vitesse d'évolution ultérieure prévisible (vieillesse prématuré par exemple), du coût des réparations et de la possibilité de réparation (par exemple, il peut être très difficile de souder une nouvelle géomembrane sur l'ancienne).

Pour la réparation des trous accidentels ou de joints défectueux de faible longueur, qui pourraient être à l'origine de désordres plus importants, il est recommandé de faire appel, dans le cadre de l'entretien annuel, à l'entreprise d'étanchéité qui a réalisé la pose de la géomembrane.

Si la dégradation de la géomembrane provient d'une malfaçon localisée de la couche support (trop agressive), il convient de retirer une large surface de la géomembrane, de reprendre intégralement la couche support, de reconstituer le drain en sous-face, puis de faire réinstaller un morceau de géomembrane. Une telle opération est délicate et doit intervenir dans le cadre d'une maîtrise d'œuvre qualifiée et être confiée à une entreprise d'étanchéité spécialisée.

Les deux exemples de dégradation évoqués ci-dessus montrent que les interventions sur la géomembrane peuvent prendre des niveaux d'importance très différents, depuis le quasi-entretien (pose de quelques pièces sur zones poinçonnées) jusqu'à des réhabilitations nécessitant des améliorations (reprise de la couche support, remplacement de la géomembrane).

Dans tous les cas, pour la durabilité de l'aménagement, le recours à des spécialistes est nécessaire :

- entreprise d'étanchéité pour les réparations ponctuelles,

- entreprise d'étanchéité, producteur et maître d'œuvre pour les dégradations plus importantes ; en effet, dans ce cas, un diagnostic et l'établissement d'un projet de réhabilitation sont nécessaires.

Les intervenants pourront être différents selon qu'il s'agisse de dégradations survenues au cours de la période de garantie ou après la fin de celle-ci.

3.2.2. *Traitement des désordres dus au batillage sur la structure de recouvrement*

La couche supérieure de la structure de recouvrement de la géomembrane, si cette structure existe, est soumise à l'action du batillage (action des vagues formées par le vent sur le plan d'eau).

La protection la plus courante est constituée d'une couche d'enrochements dimensionnée à l'aide de règles empiriques⁹ en fonction de la longueur du plan d'eau, de la force et de la direction du vent, de la pente du talus. Le sous-dimensionnement de la couche de protection vis-à-vis du batillage conduit presque toujours à des désordres plus ou moins rapides sur le parement amont. L'action des vagues déplace les pierres de poids insuffisant et met à jour la couche de transition sous-jacente ou le géosynthétique anti-poinçonnement, ce qui occasionne leur dégradation rapide. Cela peut conduire ensuite à des glissements localisés qui progressent peu à peu vers le haut de la protection, susceptible de ce fait d'être déstabilisée sur toute sa hauteur, et qui peuvent au final affecter la murette pare-vagues si elle existe.

Il convient donc d'intervenir rapidement lorsque l'on constate l'amorce des dégradations : en cas de désordres localisés sur une protection en enrochements, il suffit de procéder à des réparations ponctuelles, en mettant en place des enrochements plus gros à la place de ceux qui ont été déplacés.

De tels travaux doivent être confiés à une entreprise de génie civil si le poids des enrochements l'exige. Ils seront réalisés dans la mesure du possible depuis la crête.

3.2.3. *Glissement de la structure de recouvrement*

Si des mouvements de la structure de recouvrement ne peuvent pas être imputés à l'effet du batillage, on peut craindre un glissement plan de l'ensemble de la structure. Un tel désordre est grave et son diagnostic approfondi exige l'intervention d'un cabinet d'ingénierie spécialisé.

3.3. *Entretien des ouvrages hydrauliques*

Sous la dénomination "ouvrages hydrauliques" d'un barrage, on englobe :

- le(s) évacuateur(s) de crue ;
- la vidange et la(les) prise(s) d'eau.

Ces organes sont parfois totalement indépendants, mais souvent et, en particulier sur les petits barrages, ils peuvent être partiellement confondus (par exemple : une conduite unique sert à la fois pour la prise d'eau et la vidange).

3.3.1. *Evacuateur de crues*

Outre l'observation de routine lors des visites périodiques où l'on s'attache à vérifier les bonnes conditions d'écoulement et l'état du génie civil, les évacuateurs de crues doivent faire l'objet d'un examen visuel particulièrement attentif après chaque crue.

⁹ Voir guide CFGB 1997 : Petits barrages – recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi.

Dans la très grande majorité des cas, les barrages de retenue d'altitude sont équipés d'évacuateurs à seuil libre (c'est-à-dire sans organes mobiles tels que vannes, clapets...).

L'entretien d'un évacuateur à seuil libre consiste essentiellement à enlever périodiquement, et au moins après chaque crue, tous les branchages, corps flottants et autres dépôts obstruant l'entonnement du seuil, le seuil lui-même, le coursier ou le bassin de dissipation. L'hiver, il est recommandé de procéder à son déneigement (y compris le déblayage d'éventuelles congères) et, de façon impérative, en fin de saison hivernale dans la perspective de crues de fonte. Toute négligence dans cet entretien risque de diminuer la capacité de l'évacuateur ou de nuire à son bon fonctionnement lors des crues. Par ailleurs, le travail d'enlèvement des dépôts ou de déneigement est d'autant plus facile qu'il est fait régulièrement.

Dans le même ordre d'idée, un évacuateur de crues placé sur une rive escarpée peut être partiellement obstrué par des éboulements ou des glissements en provenance de cette rive. L'enlèvement de ces matériaux doit également être fait périodiquement. Si ce problème se reproduit fréquemment, il convient d'y apporter les remèdes adaptés (stabilisation de la rive, mise en œuvre de pièges à éboulis, grillages de protection).

Cas des déversoirs équipés d'organes mobiles (vannes)

Il est crucial – y compris l'hiver - de s'assurer du parfait caractère opérationnel d'organes mobiles contrôlant un déversoir de crues, qui, on le rappelle, est le garant de la sécurité du barrage vis-à-vis du risque de surverse.

Pour les organes mobiles, des essais périodiques (au moins une fois par an) doivent être réalisés afin de vérifier leur bon fonctionnement et ainsi que celui de leur dispositif de commande et de manoeuvre (automatismes, alimentation en énergie). Lorsque la commande usuelle de la (des) vanne(s) est motorisée, des essais doivent aussi être faits en mode dégradé (manoeuvre manuelle).

L'entretien de ces équipements porte sur :

- peinture des parties métalliques ;
- graissage des vérins,... ;
- remplacement périodique des joints.

Il convient en la matière de se référer au manuel d'entretien remis par le fabricant.

Enfin, tout dispositif de rehausse installé sur le seuil de l'évacuateur (pour augmenter provisoirement ou non la capacité de la retenue) doit absolument être proscrit.

3.3.2. Vidange et prise d'eau

La vidange est à considérer comme un organe de sécurité du barrage : en effet, sa manoeuvre permet, en cas d'incident et d'inquiétude sur la sécurité de l'ouvrage, d'abaisser la cote du plan d'eau – et donc, de diminuer la charge hydraulique - en quelques heures. La(les) vanne(s) de vidange doi(ven)t être essayée(s) au moins une fois par an, y compris en conditions hivernales. Si la conduite de vidange est équipée d'une vanne amont de garde et d'une vanne aval de réglage, la vanne de garde est ouverte en fonctionnement normal.

Lors des essais, les points suivants doivent être vérifiés :

- ouverture au moins partielle de la vanne de réglage en charge ;
- fermeture et ouverture de la vanne de garde, vanne de réglage fermée ;
- ouverture totale de la vanne de réglage, le cas échéant avec vanne de garde fermée.

Une ouverture totale de la vidange, plusieurs fois par an et en période de fort débit de la rivière est recommandée (à condition bien sûr que cela n'aggrave pas de façon significative le risque à l'aval), car elle permet une chasse des sédiments du fond de la retenue et prévient ainsi les risques de blocage des vannes par envasement.

Les vannes de prise d'eau sont manoeuvrées régulièrement dans le cadre de l'exploitation normale du barrage. Tout dysfonctionnement apparaîtra donc de lui-même. Par contre, il convient de vérifier au moins une fois par an le bon fonctionnement des éventuelles vannes de garde des prises d'eau.

Pour l'entretien courant des vannes, il importe de suivre les prescriptions du manuel fourni par le fabricant.

3.4. Entretien du dispositif de drainage et d'auscultation

La vérification régulière du bon fonctionnement des appareils d'auscultation doit être faite par l'exploitant à l'occasion des mesures et par l'ingénieur spécialiste à l'occasion des visites approfondies.

On peut détailler les divers travaux d'entretien par type d'appareil, étant entendu qu'une attention toute particulière doit être portée en priorité sur l'entretien des dispositifs de drainage, dont le fonctionnement est crucial vis-à-vis de la sécurité du barrage :

- exutoires des drains du remblai : dégagement de la végétation, contrôle des éventuels apports solides (examiner en particulier l'intérieur des tuyaux à leur exutoire), élimination des mousses et des algues qui se développent aux exutoires ;
- fossés de collecte des débits : curage régulier, nettoyage de la végétation, le cas échéant, réfection des revêtements ;
- drains et piézomètres crépinés dans un remblai : vérification périodique du niveau du fond du drain et le cas échéant nettoyage par circulation d'eau à faible pression ;
- drains forés en fondation : élimination régulière de la calcite ou des divers dépôts susceptibles de se former en surface à l'exutoire des drains ; le cas échéant nettoyage interne du drain au jet basse pression (l'hydrocureuse haute pression est à proscrire dans les drains crépinés) ;
- parties métalliques des protections de drains et piézomètres : graissage des pas de vis et des cadenas, peinture des parties oxydables, numérotation ;
- repères et bornes de nivellement : dégagement de la végétation, peinture.

Un entretien particulier est à prévoir l'hiver afin de permettre la poursuite des mesures sur les instruments de lecture simple : déneigement, déblocage de regards, vérification du bon fonctionnement des instruments concernés, etc.

3.5. Entretien des ouvrages ou dispositifs de protection contre les aléas de montagne

Cet entretien concerne les ouvrages éventuellement réalisés à la construction du barrage, ou au cours de sa vie de service, pour protéger la retenue contre des aléas naturels de montagne.

Ces ouvrages ou dispositifs peuvent appartenir à l'une des catégories suivantes :

- correction torrentielle (digue, plage de dépôt, ...) ;
- paravalanches (tourne, étrave, rateliers, filets, ...) ;
- ouvrages pareblocs (merlon d'arrêt, filets, cloutages, ...) ;
- tranchées ou masques drainants pour stabilisation de glissement de terrain ;

- dispositifs temporaires (ex : déclenchement préventif d'avalanches), associés ou non à des contraintes d'exploitation de la retenue.

Les modalités d'entretien ou de réparation de tels ouvrages dépendent de leur nature et de leur fonction. Il convient, donc, de se référer, au cas par cas, aux consignes des maîtres d'œuvre et/ou des entrepreneurs qui les ont construits. Par exemple, les ouvrages de défense passive (plage de dépôt, merlon d'arrêt, ...) doivent être curés (matériaux torrentiels ou neige) après chaque événement important au cours duquel ils ont fonctionné.

Les parties accessibles des ouvrages de protection doivent être intégrées dans le parcours de la surveillance visuelle de la retenue (cf. § 2.2.), au moins plusieurs fois par an. Comme déjà évoqué, tout événement particulier ayant menacé la retenue ou endommagé une protection et/ou ayant présenté une ampleur inhabituelle doit conduire à solliciter l'intervention d'un ingénieur spécialisé en aléas de montagne afin d'en faire établir le diagnostic. Enfin, les ouvrages de protection doivent être examinés lors des visites techniques approfondies (cf. § 2.3), avec l'assistance de ce même ingénieur.

3.6. Gestion des situations de danger

3.6.1. Cas des aménagements dotés de dispositifs et/ou de restrictions d'exploitation à vocation de défense temporaire

Dans notre pays, certaines retenues d'altitude en service, dont l'emprise empiète une zone soumise à un aléa en l'occurrence avalancheux, sont exploitées sous la double contrainte de restrictions sur la période de remplissage hivernal et d'un dispositif de gestion d'alerte du risque d'avalanche exceptionnelle.

De telles situations¹⁰, ou des situations analogues vis-à-vis d'autres aléas, se caractérisent par la mise en œuvre de procédures techniques plus ou moins complexes et l'implication de nombreux intervenants de compétences et responsabilités diverses : propriétaire, exploitant, ingénieurs spécialisés, service des pistes, maire de la commune, Préfecture - service de Contrôle et services de sécurité (pompiers, RTM, ...), résidents, touristes, etc.

L'existence d'un dispositif de vidange d'urgence et/ou de plan d'alerte, asservi à un système d'alerte nivo-météorologique nécessite alors qu'il soit procédé régulièrement à des exercices de simulation en conditions hivernales, afin notamment de vérifier la pertinence ainsi que la bonne compréhension, par les différents intervenants, des consignes du plan d'alerte et l'efficacité des communications entre les acteurs responsables. Au préalable, une étude d'onde de rupture aura défini les secteurs à enjeux humains exposés en cas de sinistre sur la retenue, les natures de phénomènes redoutés et, enfin, l'emprise des zones à évacuer et les délais dont on dispose pour se faire.

3.6.2. Situations imprévues

La montagne a souvent montré qu'elle était capable d'engendrer des situations de risque imprévisibles, en tous cas non prévues par les meilleurs des experts : par exemple, apparition subite d'un risque avalancheux ou de mouvement de terrain - dans une zone réputée sûre - menaçant la retenue.

Compte tenu de l'ampleur potentielle des risques induits par la rupture des barrages d'altitude (au moins pour ceux de classes A à C), on ne peut que recommander que les acteurs qui seraient impliqués dans la

¹⁰ que l'on peut espérer ne plus rencontrer pour les ouvrages à construire, étant rappelé qu'en application des recommandations émises depuis 2006 par la Direction de l'Eau du MEDAD, il est conseillé d'implanter les retenues potentiellement dangereuses (de par l'occupation humaine en aval) en dehors des zones impactées par les aléas de montagne.

gestion de telles situations de crise (propriétaire, exploitant, ingénieur spécialisé, maire de la commune, services d'Etat) se connaissent, se fréquentent et prennent l'habitude de travailler ensemble, voire se placent de temps en temps en simulation de situation(s) de danger.

Quelques pratiques simples peuvent contribuer à favoriser cette synergie vertueuse :

- faire participer le collège des principaux acteurs concernés à quelques visites techniques et/ou inspection de contrôle de la retenue et des ouvrages ;
- intégrer l'existence et la gestion du risque de rupture « barrage » dans les prérogatives du Plan Communal de Sauvegarde (PCS). Le fait qu'un aléa naturel de montagne ait une probabilité certaine d'être impliqué dans un scénario de rupture de l'ouvrage et que des aléas particuliers (ex : laves torrentielles) puissent être générés par cette rupture milite pour une appréhension multi-risques des événements. Le cadre d'élaboration du PCS se révèle particulièrement bien adapté à une telle approche polyvalente.

Le Plan Communal de Sauvegarde

Le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) a été instauré par la Loi de modernisation de la Sécurité Civile d'août 2004. Il est mis en oeuvre sous la responsabilité du maire de la commune exposée, en liaison avec les services d'Etat, notamment de sécurité civile, et l'ensemble des acteurs du territoire (Département, services de secours, chefs d'entreprise, directeurs d'établissements recevant du public, associations de citoyens, etc.).

Le PCS, véritable instrument de planification et d'organisation à l'échelle communale ou intercommunale, a pour vocation à gérer toute crise (ou plus génériquement « événement de sécurité civile ») en vue d'assurer la sécurité de la population. Il contient à minima :

- le diagnostic des risques et des vulnérabilités locales ;
- les mesures d'alerte adaptées au territoire ;
- l'information préventive de la population.

Pour en savoir plus à propos de l'élaboration des PCS, deux guides pratiques ont été réalisés par la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile et sont téléchargeables sur :

http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_1_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion-risques/memento-pcs
http://www.interieur.gouv.fr/sections/a_1_interieur/defense_et_securite_civiles/gestion-risques/guide-pratique-elaboration

3.7. Interventions diverses

3.7.1. Traitement des ravines sur le parement aval

Causé par le ruissellement de l'eau, le creusement de ravines est un phénomène qui tend à s'auto-entretenir car les ravines existantes deviennent des lignes de concentration des débits de ruissellement, lesquels ont d'autant plus de puissance pour continuer le creusement. Ce phénomène est particulièrement marqué dans les premiers mois après la construction, lorsque la couche de terre végétale n'est pas encore consolidée et que la végétation herbacée ne s'est pas encore complètement implantée.

La réparation d'une ravine consiste non seulement à remblayer la ravine elle-même, mais également à éliminer la cause de la ravine. Sur un barrage en terre, c'est souvent à partir d'un point bas de la crête que, par concentration des débits, se creuse une ravine sur le talus. Parfois, c'est par contournement d'un ouvrage en béton ou bien par érosion dans une zone de remblai moins bien compactée.

La réparation doit consister à :

- agrandir, dans un premier temps, la ravine afin de lui donner une forme régulière trapézoïdale ;

- installer un blocage de pied avec des pierres de dimension décroissante vers l'amont de la ravine ;
- puis remblayer avec du tout venant par couches horizontales de 10 cm compactées à la dame ; afin de faciliter son compactage, le matériau doit être légèrement humide ;
- éliminer l'origine de la ravine : combler un éventuel point bas sur la crête du remblai, aménager un exutoire dans une zone de concentration des écoulements (cunette revêtue ou fossé).

En fin de réparation, la surface du parement du remblai doit avoir retrouvé une forme très régulière, ce qui devrait éviter que la ravine ne se reforme à côté de son emplacement initial, pour autant que l'on ait traité l'origine du désordre.

3.7.2. Prévention des dégâts des animaux fouisseurs

Les cas de dégradations importantes de fouisseurs sur les barrages ne sont pas fréquents, mais les conséquences du creusement de gros terriers dans le remblai sont potentiellement graves :

- raccourcissement des lignes de fuite et risque d'apparition de percolation dans les galeries de terrier et de développement d'une érosion interne, en cas de défaillance du DEG ;
- affaissements / irrégularités en crête ou sur les talus.

Pour les barrages de montagne, de telles dégradations semblent encore plus rares (nous n'avons eu connaissance d'aucun cas avéré à ce jour). Deux principales espèces creusant des terriers existent en altitude : la marmotte (moyenne à haute montagne) et le blaireau (moyenne montagne). S'agissant d'espèces a priori farouches, le fauchage ou le débroussaillage régulier, troublant la quiétude des lieux et empêchant le développement de zones de couvert, limite assurément les risques d'installation d'individus susceptibles d'engendrer des dégâts.

Un talus dégradé par des terriers isolés peut être réparé par des travaux de petits terrassements confiés à une entreprise de génie civil.

4. Eléments de coût de la surveillance, de l'exploitation et de l'entretien des retenues en service

La surveillance et l'entretien d'une retenue d'altitude ont un coût à ne pas négliger :

- la surveillance est consommatrice d'un temps important d'agents d'exploitation qu'il faut former au préalable ;
- l'assistance d'ingénieurs spécialisés, rendue obligatoire par le décret du 11/12/2007, peut s'évaluer grossièrement entre 3 et 10 jours par an selon la classe du barrage, le nombre d'instruments d'auscultation, l'existence ou non d'aléas naturels susceptibles de toucher l'aménagement, etc. ;
- l'entretien courant repose sur deux principaux postes : fauchage des talus et, pour les géomembranes non recouvertes, réparations du DEG.

Tels qu'ils sont pratiqués aujourd'hui, la surveillance et l'entretien des retenues d'altitude semble toutefois ne représenter qu'une part minoritaire (moins de 5%) dans le budget de fonctionnement d'une installation de neige de culture. Le renforcement récent de la réglementation sur la sécurité des ouvrages hydrauliques va probablement se traduire par une augmentation du budget consacré à la surveillance et à l'entretien des barrages d'altitude et de leur retenue. On ne peut que s'en féliciter. A terme, les maîtres d'ouvrage en retireront eux aussi les fruits par l'intermédiaire d'une plus grande longévité des ouvrages.

Dans un tel contexte, nous incitons fortement les maîtres d'oeuvre à faire des choix de conception visant à une surveillance et un entretien faciles – notamment l'hiver – des futurs ouvrages et à établir, dès le stade avant-projet, un chiffrage du coût des opérations de maintenance, à l'attention du maître d'ouvrage, afin que ce dernier prenne la bonne mesure du budget de fonctionnement nécessaire au cours de la vie de service du barrage. En complément de cette sensibilisation préalable et en fin d'opération de construction, le maître d'oeuvre rassemble les documents techniques relatifs aux ouvrages réellement exécutés (y compris notices et consignes de manœuvre et d'entretien) et les remet au maître d'ouvrage pour constituer le dossier du barrage. Une formation personnalisée des agents d'exploitation ou d'entretien à l'application des notices et consignes est à recommander.

FIGURE ET TABLEAUX :

- . **Fig. A :** Les intervenants dans la gestion et le contrôle des barrages en exploitation
- . **Tableau B :** Dispositif recommandé pour un petit barrage à masque amont (extrait guide P. Royet)

ANNEXE 1 - Tableau des obligations du propriétaire et missions du contrôle en application du décret du 11/12/2007.

ANNEXE 2 – Fiche de visite d'une retenue d'altitude (d'après guide P. Royet)

BIBLIOGRAPHIE :

Royet, P., 2006 « La surveillance et l'entretien des petits barrages – guide pratique » - Quae Editions, 78 p.

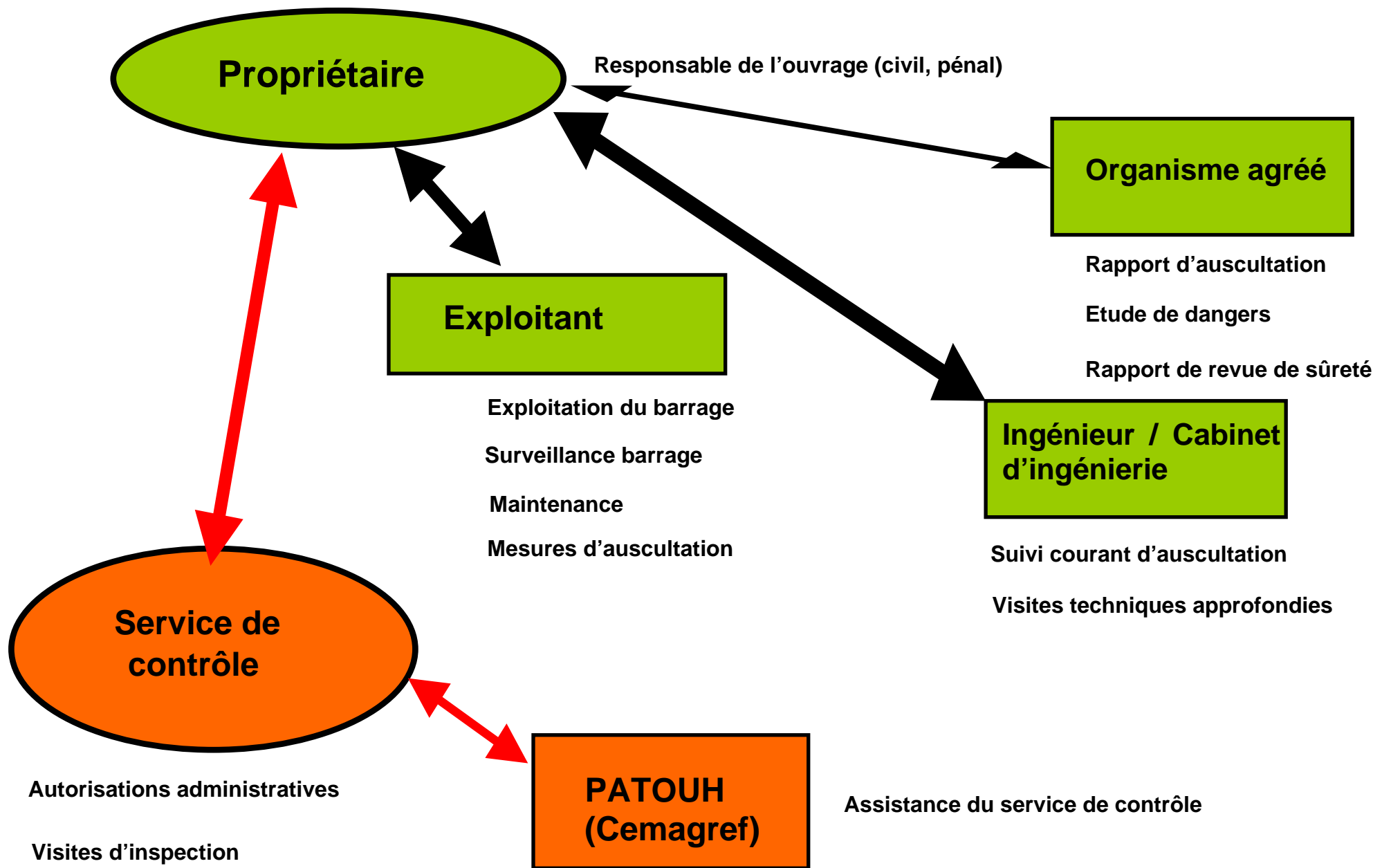


Fig. A : Les intervenants dans la gestion et le contrôle des barrages autorisés en exploitation

Tableau B

DISPOSITIF D'AUSCULTATION RECOMMANDE POUR UN PETIT BARRAGE A MASQUE AMONT¹¹

MESURES A PREVOIR	CRITERE D'APPRECIATION DE L'IMPORTANCE DU BARRAGE			
	$H < 5 \text{ m}$ et $H^2 \sqrt{V} < 5$	$5 \text{ m} < H < 10 \text{ m}$ ou $5 < H^2 \sqrt{V} < 50$	$10 \text{ m} < H < 15 \text{ m}$ ou $50 < H^2 \sqrt{V} < 200$	$15 \text{ m} < H < 20 \text{ m}$ ou $H^2 \sqrt{V} > 200$
Cote du plan d'eau	non	Limnimètre	Limnimètre	Limnimètre
Mesures topographiques	non	non	- en général non nécessaires si remblai en enrochements - bornes de nivellement si remblai en terre ou tout-venant (barrages neufs uniquement).	mesure des tassements par bornes de nivellement
Mesure de la piézométrie	non	en général non nécessaire, sauf surveillance de zones humides apparaissant à l'aval ou sur les rives	- un profil de rive à rive sur la crête ou sur la risberme, équipé de piézomètres à crépine longue - quelques piézomètres en pied aval du barrage et/ou sur les rives	- un ou quelques profils amont aval équipés de cellules de pression dans le remblai et en fondation, en aval de l'étanchéité - un profil rive à rive sur la crête ou sur la risberme, équipé, tous les 20 à 30 m, de piézomètres à crépine longue - quelques piézomètres en pied aval du barrage et sur les rives.
Mesures des débits	- en cas de géomembrane non protégée, une mesure globale des débits à l'exutoire du système de drainage - dans les autres cas, mesure si débits significatifs	- une mesure globale des débits à l'exutoire du système de drainage - en cas de géomembrane non protégée, compartimentage du dispositif	mesure des débits à chacun des exutoires du système de drainage	- mesure des débits à chacun des exutoires du système de drainage - éventuellement mesure globale des débits collectés par le fossé de pied aval.

¹¹ Rentrent dans cette catégorie tous les barrages en remblai dont la fonction d'étanchéité est assurée par un masque amont (béton, béton bitumineux ou géomembrane). Sont également inclus les barrages dont l'étanchéité de la cuvette est assurée par le même dispositif que le masque amont.

*Surveillance, exploitation et entretien
des retenues d'altitude pour
l'alimentation des installations de neige
de culture*

ANNEXES

Annexe 1

PRESENTATION SYNTHETIQUE DES CLASSES DE BARRAGE ET DES OBLIGATIONS DU PROPRIETAIRE ET MISSIONS DU SERVICE DE CONTROLE

	Classes de Barrage			
	A	B	C	D
H en m V en million de m ³	H ≥ 20	H ≥ 10 et H ² .V ^{0,5} ≥ 200 pas en A	H ≥ 5 m et H ² .V ^{0,5} ≥ 20 pas A ou B	H ≥ 2 m pas A, B, C
Tâches du propriétaire ou de l'exploitant				
Examen CTPBOH du projet nouveau ou modification	Oui	non	non	non
Dossier de l'ouvrage	Oui	oui	oui	oui
Registre de l'ouvrage	oui	oui	oui	oui
Visite technique approfondie (VTA)	1 an	2 ans	5 ans	10 ans
Rapport exploitant	1 an	≤ 5 ans	≤ 5 ans	non
Rapport auscultation	2 ans	≤ 5 ans	≤ 5 ans	non
Consigne de surveillances	oui	oui	oui	oui <small>Pas d'approbation</small>
Consignes de crue	oui	oui	oui	oui <small>Pas d'approbation</small>
Revue sûreté dont examen complet	10 ans	non	non	non
Etude de danger (dont soumise CTPBOH)	oui Si PPI	oui non	non non	non /
Missions du service de contrôle (Police de l'Eau : D.D.A.F., D.D.E., D.D.E.A.)				
Assiste à réception fouille	conseillé	conseillé	possible	non
Assiste à réception ouvrage	oui	oui	oui	non
Approbation des consignes donc contenus et des périodicités des VTA et des rapports	oui	oui	oui	non
Visite inspection périodique	1 an	1 à 5 ans	1 à 10 ans	non
Visite inspection « décennale »	oui	non	non	non

- **oui** : exigé ; **non** : non exigé

BARRAGES : graphique de classification selon H, V ($H^2 V^{0,5}$)

