# La surveillance et l'auscultation des petits barrages : Adaptation au nouveau contexte réglementaire

## *Surveillance and monitoring of small dams: adaptation to the new regulations context*

**Poulain Daniel[1], Boubée Daniel[2], Royet Paul[3], Deregnaucourt Philippe[4], Guignard Cyril[4], Ballut Laurent[2],**

*[1]Cemagref/Irstea, UR "Réseaux, épuration et qualité des eaux", Bordeaux, France,*
*e-mail: daniel.poulain@irstea.fr*

*[2]CACG, BP449, 65004 Tarbes, France,*
*e-mail: d.boubee@cacg.fr ; l.ballut@cacg.fr*

*[3]Cemagref/Irstea, UR "Ouvrages hydrauliques", Aix-en Provence, France,*
*e-mail: paul.royet@irstea.fr*

*[4]DREAL Midi-Pyrénées, SCSOH, Toulouse, France,*
*e-mail ph.deregnaucourt@developpement-durable.gouv.fr ; Cyril.Guignard@developpement-durable.gouv.fr*

## MOTS CLÉS

Barrage, remblai, auscultation, surveillance, sécurité, drainage, piézométrie

## RÉSUMÉ

*La réglementation sur la sécurité des ouvrages hydrauliques issue du décret du 11 décembre 2007 stipule que « tout barrage est doté d'un dispositif d'auscultation permettant d'en assurer une surveillance efficace » mais introduit une dispense générale qui concerne les barrages de classe D. Or de nombreux barrages de classe C, aujourd'hui en service, ne respectent pas le principe général de la réglementation, soit parce qu'ils n'ont pas été dotés d'un dispositif d'auscultation à leur construction, soit parce que ce dispositif est progressivement devenu hors service ou perdu de vue par les propriétaires. Sur la base des préconisations établies par le Cemagref [Royet, 2006], la présente communication propose des recommandations pour la surveillance et l'auscultation des petits barrages (typiquement ceux de classe C) et plus particulièrement pour les barrages en remblai, en tenant compte du contexte spécifique de l'exploitation de ces ouvrages en termes de moyens humains et techniques.*
*Une réponse peut être apportée par valorisation de données comportementales acquises sur des ouvrages bien instrumentés et suivis, par exemple par un gestionnaire de parc suffisamment important, ouvrages réalisés dans un périmètre englobant et un contexte homogène et selon des dispositions constructives similaires : on peut ainsi envisager de mutualiser utilement des retours d'expérience, le savoir-faire acquis et cette vision d'ensemble des phénomènes identifiés sur un large échantillonnage de situations pouvant être extrapolées au profit d'ouvrages moins instrumentés et où la mise en place de chaînes de mesures est souvent délicate techniquement et financièrement.*

## ABSTRACT

*The regulations on the hydraulic safety of dams stemming from the decree of December 11th, 2007 stipulate that «any dam is equipped with a monitoring system allowing maintaining an effective surveillance " but introduces a general exemption which concerns the dams of class D. However numerous dams of class C, today in service, do not respect the general principle of the regulations, either because they were not equipped with a monitoring system during their construction, or because this monitoring gradually became out of order or forgotten by the owners. On the basis of the stipulations established by Cemagref [Royet, 2006], the present paper proposes recommendations for the surveillance and the monitoring of the small dams (typically those of class C) and more particularly for embankment dam, by taking into account the specific context of the operation of these structures in terms of human and technical capacities.*
*An answer can be brought by use of regional data, for example by an administrator of an important porfolio of dams correctly instrumented and supervised, build in a homogeneous context and according to similar constructive design: we can so intend to mutualise usefully experience feedback and the acquired know-how. The overall view of the phenomena identified on a wide sampling of situations can be extrapolated for the benefit of less instrumented dams and where the implementation of a monitoring system is often delicate technically and financially*

# INTRODUCTION

La réglementation sur la sécurité des ouvrages hydrauliques issue de la loi de décembre 2006 et du décret du 11 décembre 2007 [1] stipule que « tout barrage est doté d'un dispositif d'auscultation permettant d'en assurer une surveillance efficace » mais introduit une dispense générale qui concerne les barrages de classe D et, sur justification spécifique, une possibilité de dérogation pour les barrages des autres classes sous réserve de mise en place de mesures de surveillance alternatives.
Or de nombreux barrages de classe C et parfois même de classe B, aujourd'hui en service, ne respectent pas le principe général de la réglementation, soit parce qu'ils n'ont pas été dotés d'un dispositif d'auscultation à leur construction, soit parce que ce dispositif est progressivement devenu hors service ou perdu de vue par les propriétaires.
Après avoir rappelé les recommandations du guide pratique pour la surveillance et l'entretien des petits barrages [2], nous proposerons, sur la base de retours d'expériences, des critères de définition des équipements d'auscultation indispensables pour les remblais homogènes qui n'en sont pas dotés.
Par ailleurs une approche par la mutualisation des retours d'expérience par un même opérateur sur un parc important d'ouvrages sera ensuite présentée

# 1. RECOMMANDATIONS POUR LA SURVEILLANCE ET L'AUSCULTATION DES PETITS BARRAGES

## 1.1 Surveillance et suivi des barrages (extrait du guide surveillance et auscultation [Royet, 2006])

### *1.1.1 Principes généraux*

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. A contrario, l'âge du barrage ne constitue pas une garantie de bon état, comme a pu par exemple le montrer la rupture brutale du petit barrage des Ouches (63) par érosion interne plus de 200 ans après sa construction[1].
**La première mise en eau** constitue de ce point de vue une phase essentielle. Il s'agit d'un test en vraie grandeur de l'ouvrage qui doit permettre de déceler d'éventuelles anomalies et de juger de son comportement par rapport aux prévisions du projet. La surveillance pendant cette période doit être continue et complète.
Pendant **la phase d'exploitation,** la surveillance prend un rythme moins intense, adapté à la dimension de l'ouvrage, à son état général et aux circonstances extérieures. En particulier, la surveillance doit impérativement être renforcée en cas d'anomalie ou de désordre constaté, ainsi qu'à l'occasion des crues.

**La surveillance** des barrages repose sur les éléments suivants :

- *l'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, mais il est bon que l'exploitant procède à des essais plus fréquents ;
- *l'auscultation* : c'est une méthode quantitative qui est basée sur l'analyse des mesures fournies par une instrumentation spécifique à chaque ouvrage. On mesure essentiellement des déplacements, des déformations, des pressions, 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). ;
- *la tenue à jour du registre de l'ouvrage* (ou registre de l'exploitant), qui consigne en particulier les opérations de surveillance.

[1] Le barrage des Ouches, de 5 m de hauteur et 45 000 m$^3$ de capacité s'est rompu en moins d'une heure le 15 juillet 2001, en dehors de tout épisode de crue.

### *1.1.2 La surveillance visuelle*

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

- la surveillance visuelle de routine ;
- la surveillance visuelle à l'occasion des crues ;
- les visites techniques approfondies.

Les deux premiers niveaux sont du ressort du propriétaire ou de son exploitant. Le troisième niveau correspond aux visites techniques de l'ingénieur spécialiste chargé du suivi de l'ouvrage.

La surveillance visuelle de routine ou à l'occasion des crues est faite par un agent désigné par le propriétaire ou l'exploitant. Si ces tâches ne nécessitent pas une compétence affirmée en génie civil, il importe toutefois que l'agent soit motivé, consciencieux et précis. Aussi doit-il au préalable avoir reçu une bonne information sur l'ouvrage et une formation technique minimale sur les mécanismes en jeu, les anomalies et désordres à rechercher et les objectifs de l'inspection et de l'auscultation.

Elle a pour objectif de déceler rapidement tout phénomène nouveau affectant le barrage et de suivre qualitativement les évolutions. En phase d'exploitation normale et en l'absence de tout désordre ou anomalie quant au comportement de l'ouvrage, la périodicité devient mensuelle (voire bimestrielle pour les plus petits barrages). Il ne paraît pas raisonnable d'espacer plus ces visites.

Les visites doivent être plus rapprochées dès que l'on constate une anomalie ou un désordre nouveau.

L'observation doit être systématique après chaque crue. Les visites doivent se dérouler selon un circuit préétabli (défini par exemple par l'ingénieur spécialiste) et ne négliger aucun point d'observation. L'agent chargé des visites de routine doit être en possession des équipements de sécurité (casque et lampe s'il y a une galerie, chaussures) et avoir tout le nécessaire pour le report des observations et mesures (plans, fiches, appareil photographique, etc.).

Au-delà des tournées régulières, des visites pendant les périodes de crue (si possible, car parfois les évènements surviennent de nuit) et systématiquement après chaque crue sont à prévoir. Ces observations en crue ou post-crue sont particulièrement cruciales pour les ouvrages écrêteurs de crues qui ne sont soumis à la charge hydraulique qu'à ces occasions.

Le contenu détaillé de ces inspections visuelles est décrit dans [Royet 2006]; ces éléments ne sont pas repris ici.

## 1.2 L'auscultation des barrages en remblai

Il est bien entendu impossible de donner des règles strictes pour la conception des dispositifs d'auscultation des petits barrages. Ce qui suit doit être considéré comme des recommandations, à adapter au cas particulier que constitue chaque ouvrage.

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. Dans tous les cas, le dispositif d'auscultation d'un barrage doit être conçu en se posant les deux questions suivantes : i) quels sont les mécanismes potentiels de vieillissement de l'ouvrage ? ii) par quelles grandeurs physiques se traduisent ces mécanismes et comment les mesurer ?

Les principaux phénomènes susceptibles de conduire à des désordres, voire à des ruptures, sont globalement de quatre types :

- 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 (cf. § 4.1.4-a). Les levers topographiques sont faits en altimétrie uniquement, à l'aide d'un niveau.

**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 en pied aval équipé de piézomètres permettant le suivi de la piézométrie en fondation dans la zone aval du barrage. En complément, dans le cas de barrages à perméabilité élevée et pour lesquels le système de drainage n'est pas optimal, un profil rive à rive sur le parement ou la risberme aval, équipé de piézomètres à crépine longue (environ 3m) auscultant le remblai, peut permettre d'anticiper la détection d'une zone de fuite.

La réalisation de piézomètres dans le remblai doit faire l'objet d'un soin tout particulier, en veillant à la bonne étanchéité au-dessus de la chambre de mesure et en évitant de mettre en contact des zones de perméabilités différentes (par exemple le remblai et la fondation).

**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. Dans cette optique, la conservation d'un échantillon témoin des matériaux constitutifs du drain est donc préconisée, afin de pouvoir le comparer avec les éventuels dépôts aux exutoires des drains.

Le tableau 1 donne quelques recommandations sur le dispositif d'auscultation suivant la hauteur de remblai mesurée par rapport au terrain naturel. Les limites entre catégories n'ont qu'une valeur indicative, à noter que les limites de catégories données par le guide ont été légèrement modifiées pour se caler sur celles de la réglementation [1] postérieure à l'édition ; dans ces conditions, les catégories proposées correspondent aux différentes classes de barrages B, C et D, en subdivisant la classe C en deux sous classes que l'on notera C- et C+.

| MESURES A PREVOIR | IMPORTANCE DU BARRAGE (classe ; H et V) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | D | C- | C+ | B |
| | H < 5 m et $H^2\sqrt{V}$ < 20 | 5 m < H < 10 m ou 20 < $H^2\sqrt{V}$ < 50 | 10 m < H< 15 m ou 50 < $H^2\sqrt{V}$ < 200 | 15 m < H < 20 m ou $H^2\sqrt{V}$ > 200 |
| Cote du plan d'eau | non | Limnimètre | Limnimètre | Limnimètre |
| Mesures topogra-phiques | non | en général non nécessaires | Mesure des tassements par bornes de nivellement (barrages neufs uniquement). | Mesure des tassements et des déplacements amont aval (nivellement et alignement). |
| Mesure de la piézométrie | non | en général non nécessaire, sauf surveillance de zones humides apparaissant sur le talus aval ou en pied de barrage | - un profil de rive à rive en haut du parement aval ou sur la risberme, équipé de piézomètres à crépine longue<br>- quelques piézo-mètres en pied aval du barrage. | - un ou quelques profils amont aval équipés de cellules de pression de part et d'autre du noyau et du drain (si barrage zoné), et en fondation<br>- un profil rive à rive sur la risberme, équipé de piézomètres à crépine longue<br>- quelques piézomètres en pied aval du barrage et sur les rives en aval du voile d'étanchéité. |
| Mesures des débits | en cas de débits significatifs | une mesure globale des débits collectés par le fossé de pied (scindée éventuel-lement en RD-RG) | mesures globales des débits RD-RG ; de préférence, mesures individuelles aux exutoires des drains. | - mesures globales des débits RD-RG scindées éventuellement par zones<br>- mesures individuelles aux exutoires des drains. |

***Tableau 1** : Dispositif d'auscultation recommandé pour un petit barrage en terre*

**Pour les barrages en service**

Après quelques années de service, on peut considérer qu'un barrage de faible ou moyenne hauteur ne tasse plus. Il est donc, sauf cas particuliers, inutile de doter un barrage ancien d'une auscultation topographique au moyen de piliers de visée et de bornes. Il est cependant important de vérifier le profil de la crête afin de s'assurer que la revanche reste conforme au projet ; cela peut se faire très facilement par un nivellement du profil en long de la crête, couplé à une mesure de la cote de RN ; selon le tassement observé, ce lever (qui ne nécessite pas forcément la pose de bornes topographiques) pourra être renouvelé tous les 5 à 10 ans.

Dans tous les cas, **on privilégie la mesure des débits**, car c'est une mesure globale renseignant sur l'ensemble du barrage. Bien évidemment, en cas de désordre constaté sur l'ouvrage, on oriente le dispositif d'auscultation en vue d'un suivi fin des évolutions (piézomètres autour d'une zone humide, débit d'une fuite localisée...).

Et si des mesures piézométriques paraissent nécessaires, on s'oriente de préférence vers la pose de piézomètres dans les zones suspectes.

## 2. RETOURS D'EXPERIENCES

Pour les ouvrages existants et surtout les plus anciens, les préconisations précitées ne sont pas souvent respectées et dans de nombreux cas de barrages de classe C voire même de classe B, il n'existe aucun dispositif fonctionnel d'auscultation. Cette situation est illustrée par un panel de huit remblais homogènes du Sud-ouest (parmi tant d'autres) dont les caractéristiques géométriques sont rappelées dans le tableau 2 (barrages de classe C de tailles différentes et deux "petits" B). Les ouvrages n'ont pas été dotés de dispositifs d'auscultation lors de leur construction ou de manière très insuffisante et sans réel suivi par la suite, ce qui a entraîné un abandon du dispositif. Par ailleurs ces ouvrages en remblai construits en grand nombre au cours des années 1970 et 1980 sont pour certains de conception ancienne notamment en matière de drainage (absence de drain vertical et parfois aussi de tapis drainant) ce qui justifierait une auscultation appropriée et renforcée.

| *N° barrage* | *Département* | *Année construction* | *H en m* | *V en $10^3$ $m^3$* | *$H^2V^{1/2}$* | *Pente amont H/V* | *Pente aval H/V* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *1* | *65* | *1988* | *8,6* | *120* | *25* | *1/3* | *1/2* |
| *2* | *81* | *1976* | *10,3* | *70* | *28* | *1/3* | *1/2* |
| *3* | *65* | *1988* | *10,5* | *200* | *50* | *1/3* | *1/2* |
| *4* | *81* | *1986* | *11,5* | *180* | *56* | *1/3* | *1/2,5* |
| *5* | *81* | *1970* | *14* | *90* | *59* | *1/2,5* | *1/2,5* |
| *6* | *31* | *1973* | *12* | *1 210* | *158* | *1/3* | *1/2,5* |
| *7* | *82* | *1982* | *15* | *1 500* | *246* | *1/3,5* | *1/2 et 1/1* |
| *8* | *32* | *1986* | *19* | *550* | *267* | *1/3* | *1/2* |

***Tableau 2** : Caractéristiques géométriques des barrages étudiés*

Le tableau 3 détaille, pour chacun des barrages de notre panel, le système de drainage du remblai et le dispositif d'auscultation (absent dans la grande majorité des cas). L'analyse est ensuite menée pour les différentes grandeurs mesurées.

| *N° barrage* | *Classe* | *Drainage* | *Sorties de drains* | *Présence zone humide* | *Piézomètres* | *Suivi topographique* | *Mesure cote plan d'eau* | *Observations* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *1* | *C-* | *Vertical* | *Non visibles* | *Non* | *Non* | *Non* | *Non* | |
| *2* | *C-* | *Horizontal (peigne)* | *Non visibles* | *Oui* | *Non* | *Non* | *Non* | |
| *3* | *C* | *Horizontal (peigne)* | *Non visibles* | *Non* | *Non* | *Non* | *Non* | *Reprise sorties drains en cours* |
| *4* | *C* | *Horizontal (tapis)* | *Non visibles* | *Oui* | *Non* | *Non* | *Non* | *Tassement important* |
| *5* | *C* | *Aucun a priori* | *Aucune* | *Non* | *Non* | *Non* | | *Tassement important* |
| *6* | *C+* | *Cordon drainant en pied* | *Aucune* | *Oui* | *Oui (9 réalisés en 2007)* | *Non* | *Oui* | |
| *7* | *B* | *Vertical* | *Sorties RD et RG* | *Non* | *Non* | *Oui (14 repères 9 sur EVC)* | *Oui* | |
| *8* | *B* | *Vertical* | *Non visibles* | *Oui* | *Non* | *Non* | *Non ?* | |

***Tableau 3** : Drainage et dispositif d'auscultation*

### 2.1 Suivi des débits drainés

Parmi les huit barrages seuls trois sont dotés d'un drain vertical dans le remblai, dont les deux de classe B, les autres remblais ne sont dotés que d'un tapis drainant réduit dans deux cas à un "peigne" horizontal et pour deux d'entre eux il semblerait qu'aucun système de drainage n'ait été prévu à l'exception d'un cavalier drainant de pied pour l'un d'entre eux. Par ailleurs, on constate que la moitié des ouvrages présente au moins une zone humide sur le parement aval sans que l'on puisse facilement trouver un lien apparent avec la nature du drainage.

Quel que soit le mode de drainage du remblai et/ou des fondations, on constate qu'un seul de ces ouvrages possède des sorties de drains visibles et identifiées ; cependant les débits ne sont pas mesurés. Face à cette situation, la DREAL a systématiquement demandé la recherche des sorties de drains, leur réhabilitation et un aménagement des exutoires pour faciliter la surveillance, en vue d'une mesure régulière du débit évacué qui n'est toutefois pas systématiquement demandée sur les ouvrages de classe C.

***Figure 1** : Sortie de drain non aménagée pour la mesure (barrage 7)*
*Présence de deux zones humides et sorties de drains non retrouvées (barrage 8)*

La figure 1 qui concerne deux barrages de classe B illustre bien la situation évoquée ci-dessus, la sortie RG du drain du barrage 7 n'est pas aménagée pour la mesure des débits et pour le barrage 8 les sorties du système de drainage ont été ensevelies ou détruites et d'autre part deux zones humides sont repérées sur le parement aval ; probablement existe-t-il un lien entre le bouchage des sorties de drainage et cette saturation du pied aval.

### 2.2 Piézométrie

Aucun des ouvrages n'a été doté de piézomètres lors de sa construction, un seul a été équipé récemment sans pour l'instant donner des mesures facilement interprétables compte tenu d'un défaut d'étanchéité en tête des piézomètres permettant des infiltrations parasites d'eau de pluie.
Cette absence de mesure piézométrique, y compris pour des barrages de classe B, certes de taille modeste, est très fréquente sur les barrages en terre. La demande du service de contrôle a été de mettre en place un suivi piézométrique pour les barrages 4 et 6 qui ne sont pas dotés d'un drain vertical et qui présentent des zones humides sur le parement aval.

### 2.3 Suivi topographique

Un seul barrage du panel est doté d'un ensemble de repères topographiques levés régulièrement ; les autres ouvrages ne sont pas dotés de système de suivi topographique. Cette absence de repères topographiques est préjudiciable à l'analyse du comportement des barrages notamment au cours des premières années qui suivent la construction. Par exemple les barrages 4 et 5 ont subi des tassements importants visibles sur le terrain sans que l'on puisse les quantifier, ce qui est d'autant plus préjudiciable sur le barrage 5 que l'ouvrage a déjà fait l'objet d'un "rechargement" du coté aval pour faire face à des glissements du parement manifestement trop raide à la construction.

### 2.4 Mesure de la cote du plan d'eau

Cette mesure est malheureusement impossible sur la majorité des ouvrages du panel ; seuls les barrages 6 et 7 sont dotés respectivement d'une échelle limnimétrique et d'un limnimètre permettant le suivi à distance du niveau de la retenue. Difficile dans ces conditions de faire un suivi et une surveillance fiable de l'ouvrage compte tenu de l'influence primordiale du niveau de la retenue sur le fonctionnement du barrage, notamment en matière d'écoulements et pressions hydrauliques internes ; c'est le complément indispensable aux mesures de débit de drainage et au suivi piézométrique.

# 3. PROPOSITIONS POUR LE SUIVI DES BARRAGES ANCIENS DEPOURVUS DE DISPOSITIF D'AUSCULTATION

Les exemples décrits au paragraphe précédent sont loin d'être des exceptions, mais plutôt le cas général des ouvrages en remblai homogène de petite ou moyenne taille (D, C et B-) de plus de 20 ans construits à une époque où les règles de l'art était moins "strictes" qu'actuellement, notamment pour l'auscultation. Face à cette situation, la question de la remise à niveau de ces dispositifs se pose avec un double aspect technique et économique. En effet, il s'agit généralement d'ouvrages de taille modeste à moyenne dont les propriétaires (individuels, ASA ou petites collectivités) ont des capacités financières limitées. Il ne parait pas raisonnable de demander à tous ces propriétaires de parvenir à court terme à un niveau d'équipement correspondant aux propositions faites pour les ouvrages neufs si la conception et le comportement de l'ouvrage ne le justifient pas.
A défaut de pouvoir définir un équipement type compte tenu de la variabilité des conditions techniques (nature du remblai et de la fondation, type de drainage, comportement de l'ouvrage…), nous proposons ci-après quelques recommandations générales qui pourront servir de guide pour définir la conduite à tenir pour l'ensemble des ouvrages de classe C (voire quelques B) non pourvus de dispositifs d'auscultation. Ces propositions ne remettent pas en cause les préconisations pour les ouvrages neufs définies précédemment mais constituent un dispositif "réduit" à atteindre à court terme pour les barrages anciens sans préjuger des compléments à prévoir à plus long terme.

## 3.1 Mesure des débits du drainage

La mesure des débits de drainage (souvent appelés débits de fuite) doit être réalisée systématiquement sur tous les ouvrages ; cela suppose dans de nombreux cas de faire une recherche des sorties des différents collecteurs du système de drainage, de les remettre en état et d'aménager les sorties pour pouvoir réaliser une mesure du débit par capacité ou par seuil calibré. Ces travaux ont une double vocation, d'une part, permettre l'auscultation du barrage et, d'autre part, et c'est là encore plus essentiel, s'assurer du bon fonctionnement du système de drainage dont les exécutoires sont trop souvent obturés au cours du temps. Le degré d'aménagement de ces sorties pourra être adapté aux besoins du suivi en fonction de la taille de l'ouvrage, par exemple :

- **Classe C-:** Mesure du débit global et si possible distinction RD et RG ;
- **Classe C+** : Mesure distincte RD et RG et individualisation de tous les drains si possible et/ou nécessaire (en fonction du comportement de l'ouvrage) ;
- **Classe B** : Mesure de toutes les sorties, ce qui suppose la réalisation de regards si le débouché ne se fait pas dans un fossé à ciel ouvert.

***Figure 2** : Recherche et reprise des sorties de drains sur le barrage 3*

## 3.2 Piézométrie

### *3.2.1 Piézométrie du remblai*

Les critères permettant de définir le besoin de mise en place de piézomètres (ou cellules de pression interstitielle) dans le remblai sont de deux ordres : i) la nature du drainage du remblai et ii) le comportement constaté du parement aval (présence de zone humide et/ou d'instabilité de parement).

- Remblai avec drain vertical

Sous réserve que le drain atteigne la cote RN ou proche (certains drains verticaux sont arrêtés à mi-hauteur) on pourra se limiter à la mesure des débits drainés ; le suivi de la piézométrie n'est pas indispensable sauf en cas de présence de zones humides sur le parement aval ; toutefois dans ce dernier cas on commencera par rechercher s'il existe des causes évidentes comme par exemple le bouchage des sorties de drainage.

- Remblai avec tapis drainant horizontal (ou sans aucun drainage)

En fonction de la taille du barrage et de la pente du parement aval ainsi que de l'existence éventuelle de zones humides sur le parement aval, les préconisations pourraient être les suivantes :

- **Classe C-** : piézométrie dans le remblai non indispensable si pas de zone humide sur le parement ;
- **Classe C+** : mise en place de piézométres à prévoir si présence de zones humides sur le parement **ou** si pente du parement raide (risque d'instabilité si saturation du remblai) ;
- **Classe B** : mise en place de piézométrie dans tous les cas, nombre à adapter aux risques potentiels selon les critères précédemment définis pour les C+.

La réalisation de piézomètres ou la pose de cellules de pression interstitielle dans un remblai existant doit faire l'objet d'un soin particulier pour que les mesures réalisées soient fiables et représentatives.

### *3.2.2 Piézométrie en fondation*

En l'absence de zone humide en pied aval on peut recommander :

- **Classe C-** : inutile de prévoir des piézométres sauf cas particulier ;
- **Classe C+ et B** : prévoir un suivi piézométrique de la fondation sauf si le pied du parement est sain et que l'on a une bonne connaissance de la fondation (justification de l'absence de risques) ou que le tapis drainant assure également le drainage de la fondation (pas toujours évident à déterminer sur des ouvrages anciens avec des dossiers souvent très incomplets).

## 3.3 Bornes de nivellement

Le tassement des barrages en remblai se produit au cours des premières années après la construction. Ainsi sauf cas particulier il n'est pas nécessaire de prévoir la mise en place de bornes de nivellement sur les ouvrages de plus de 10 ans ; par contre un levé topographique de la crête permettra, en cas de suspicion de tassement important, de définir la déformation par rapport au projet initial (on a rarement les plans d'ouvrages exécutés) et par conséquent la revanche résiduelle en cas de crue exceptionnelle (revanche qui est parfois négative !!)

## 3.4 Suivi de la cote du plan d'eau

La mesure de la cote du plan d'eau est un élément essentiel dans l'analyse des mesures d'auscultation mais reste importante en l'absence de dispositif d'auscultation pour la gestion du plan d'eau et également en complément indispensable des visites d'inspection visuelle. On recommande donc systématiquement la mise en place d'une échelle limnimétrique pour tous les barrages de classe C ; pour les ouvrages de classe B un limnimètre avec si possible transmission des informations à distance est souhaitable.

## 3.5 Périodicité des mesures

La reprise des mesures d'auscultation devra se faire avec un rythme relativement élevé pour acquérir une référence suffisante pour l'analyse du comportement de l'ouvrage ; ainsi pendant 2 ans on préconisera dans les cas classiques (sans difficulté ou incertitude spécifique) une périodicité mensuelle pour les mesures de piézométrie et des débits drainés. Après analyse de ces mesures et en l'absence de dérives irréversibles, le rythme pourra être réduit à des mesures bimestrielles.

Le suivi topographique (lorsqu'il existe un dispositif fonctionnel) pourra se faire à faible périodicité surtout si les premières mesures font état d'une bonne stabilisation. Passées les premières années d'exploitation, la périodicité pourrait être quinquennale pour les classes C+ et B et décennale pour les classes C-;

## 4. EXEMPLES D'INTERVENTIONS SUR DES PARCS REGIONAUX IMPORTANTS ET REPONSES APPORTEES A LA DEMANDE COLLECTIVE

### 4.1 Capacité d'intervention d'un maitre d'ouvrage régional gestionnaire (CACG)

Dans le bassin Adour-Garonne, cette préoccupation est également celle d'un acteur régional : la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG) y gère une soixantaine de réservoirs ayant vocation de soutien des étiages des rivières du bassin aquitain, le plus souvent de classe A ou B, ainsi qu'une dizaine de réservoirs d'intérêt plus local. Elle a par ailleurs contribué à réaliser dans cette Gascogne plusieurs dizaines de barrages-réservoirs à vocation principale de garantie des prélèvements agricoles, eux le plus souvent de classe C voire D. Ces ouvrages ont été rétrocédés dès leur mise en service (le plus souvent à des ASA : associations syndicales autorisées d'irrigants) et se trouvent le plus souvent en autogestion. De tout temps la CACG s'est sentie concernée par la pérennisation de ces ouvrages et leur respect des normes sécuritaires [1]. Dans de telles situations, ses moyens d'intervention restent toutefois contraints par les relations conventionnelles pouvant ou non exister entre elle et les propriétaires des dits ouvrages.

#### *4.1.1 Types de relations entre maîtres d'ouvrages privés et l'opérateur régional*

Dans certains cas, la CACG et certains de ces maîtres d'ouvrages ont établi des relations contractuelles. Ces relations peuvent être de simples appuis au fonctionnement administratif, sans intervention dans leur fonctionnement. Ces relations permettent, par effet de proximité, de « conserver un œil » sur les ouvrages. En l'absence d'autre relation contractuelle, cette vision permet tout au plus d'alerter le propriétaire sur des dérives évidentes ou un mauvais entretien manifeste préjudiciable à leur longévité voire à la garantie de sécurité des personnels ou tiers… Nous nous situons ici hors du domaine de la délégation de service dans laquelle le délégataire est en mesure et en devoir d'intervenir.

#### *4.1.2 Les appuis ou interventions (im)possibles*

Dans de tels cas, les possibilités d'interventions sont toutefois limitées voire risquées.

Une vingtaine d'années en arrière, la CACG avait le souci d'affecter à un de ses ingénieurs une mission « d'inspection périodique » des ouvrages que nous avions ainsi livrés, à la fois dans une préoccupation de « service après-vente » et de formation, également dans un souci de conservation de structures dont nous avions assuré la maîtrise d'œuvre et pour lesquelles nous pouvions être recherchés en responsabilité en cas de dysfonctionnement ou, pire, à la suite d'un accident.

Cet « interventionnisme » pouvait aller jusqu'à la «dénonciation» auprès des services de police des eaux en cas d'inobservation des conseils donnés (à défaut de pouvoir émettre des consignes).

Il en allait notamment ainsi dans les cas de maintien de rehausses pirates des seuils déversants, de non dégagement de végétations envahissantes, de non entretien des organes de sécurité (exutoires, vannes,…).

***Figure 3** : exemple de petite rehausse (pirate ou pas ?)*

Il est évident que dans de telles situations extrêmes, il n'était même pas question de réalisation et de suivi des mesures d'auscultation prévues avec un dispositif minimal livré avec l'ouvrage.

Outre que ce type de relations n'était guère «commercial», il constituait également une source de risque avec l'évolution de la jurisprudence et la recherche systématique par le juge de la responsabilité du « sachant qui

était en mesure de voir ». Cet état de fait a contribué à l'isolement des maîtres d'ouvrages et à la dégradation des conditions de suivi des équipements.
Ceci a également conduit à la disparition du contrôle visuel par un œil averti, qui est la première (pour ne pas dire la principale) étape du suivi ou de l'auscultation du "sujet" sans avoir recours aux "stéthoscopes" propres aux barragistes.
La dispersion et le nombre de ces ouvrages de petite taille expliquent aussi le relâchement du contrôle administratif jusqu'à la récente sensibilisation réglementaire. Il convient maintenant de prendre en compte cette situation dégradée pour apporter une réponse adaptée et proportionnée.

## 4.2 Des réponses au cas par cas auprès des plus motivés

Quelques maîtres d'ouvrages se sont organisés collectivement pour mieux appréhender les incidences des nouveaux textes.

### *4.2.1 - Une première démarche collective des professionnels agricoles des Landes*

Ainsi la Fédération des Associations et Collectivités pour l'Aménagement Hydraulique des Terres Agricoles (FDASAH) – LANDES a sollicité en début 2012 une proposition de prestation groupée concernant la sécurité et la sûreté de retenues collinaires.
La réponse faite par la CACG, et validée par la FDASAH, vise tout à la fois un appui à la (re)constitution de documents (dossier du barrage, présentation de l'organisation et consignes écrites) et le cas échéant rédaction de l'étude de dangers pour les barrages qui y sont soumis. La prestation souhaitée porte également sur des opérations de terrain (visite technique approfondie, rapport de surveillance et d'auscultation).
Cette première opération pilote concerne 12 barrages de classe C ainsi que 4 ouvrages de classe D. Les coûts d'intervention mutualisés dans cette démarche collective (2 à 3 000 € par unité selon la classe, hors EDD) ont été admis comme supportables par les divers maîtres d'ouvrages engagés volontairement.

***Figure 4** : exemple d'ouvrages sur une retenue de classe C dans le 64*

En ce qui concerne la production d'un rapport d'auscultation pour ceux de classe C, il est bien évident que celui-ci sera produit en fonction des équipements existants et de l'historique des données collectées auprès du propriétaire.
Cet échantillon donnera matière à un état des lieux sur ces dispositifs et sur l'opportunité de préconiser des renforcements.

Il est tout aussi évident que les propriétaires, au-delà de cette première démarche volontariste en réponse à une obligation réglementaire, redoutent davantage ses conséquences en termes de réinvestissement sur leurs ouvrages, voire une remise en cause de leur pérennité, même lorsque ceux-ci sont sains et conformes aux normes en vigueur lors de leur conception d'origine.

***Figure 5** : exemple de seuil sur un ouvrage de classe B en 40 susceptible d'être à redimensionner.*

### *4.2.2 - Une démarche collective reproduite dans un département voisin du bassin*

Un appui similaire a été recherché par le Groupement des irrigants des Pyrénées Atlantiques (fédérant 1700 adhérents et l'ensemble des associations autorisées du département) en vue d'attester de la sécurité d'un autre panel d'ouvrages hydrauliques à vocation agricole (10 barrages de classe B et 15 de classe C tous situés dans le département). La proposition technique (et financière) de CACG vise à répondre aux exigences règlementaires précisées dans le décret n°2007-1735 tout en gardant pour objectif de limiter les couts d'étude et de défendre au mieux les intérêts des maîtres d'ouvrages, tout en s'accordant sur les exigences de l'Administration.

Il s'agit cette fois d'ouvrages de moyenne dimension tout au moins pour la dizaine de classe B (totalisant 14,6 $hm^3$) et bénéficiant pour une grande partie d'entre eux d'un minimum d'acquis.

Les ingénieurs de la CACG ont travaillé sur la conception et le suivi de réalisation de la plupart d'entre eux. Bien que n'ayant pas depuis leur mise en service la mission contractuelle de leur suivi, ils connaissent particulièrement bien ces ouvrages.

***Figure 6** : exemple d'ouvrage sain de classe B dans le 64*

Afin de répondre à cette sollicitation, la CACG a proposé une solution optimisée techniquement acceptable mais prévoyant que certaines des prestations puissent être prises en charge directement par les ASA et/ou par les techniciens du groupement d'irrigants.

Cette solution variante a en outre l'intérêt de responsabiliser et d'impliquer les maîtres d'ouvrages au cours des démarches récurrentes à engager sur les ouvrages dans le cadre du suivi de leur sécurité. La CACG propose en particulier de fournir des documents types, d'en expliquer le contenu et le mode de renseignement au travers de séances de formation collectives dispensées aux responsables des structures collectives et aux techniciens du groupement des irrigants.

Par ailleurs, à l'occasion des visites sur site (VTA), une formation sera dispensée aux responsables des structures, de manière à ce qu'ils puissent prendre en charge les prestations courantes de suivi et de renseignement des documents administratifs (notamment le registre barrage).

Une visite technique approfondie, réalisée par un ingénieur barragiste permettra de vérifier l'état des différentes parties des ouvrages qui auront été préparées par le Maître d'Ouvrage (débroussaillage, nettoyage,..) de telle sorte qu'il soit possible de juger de leur état par inspection visuelle dans un premier temps et fera l'objet d'un compte rendu qui sera transmis au service de contrôle.

Les informations indispensables collectées par mesures effectuées par le maître d'ouvrage seront valorisées dans un deuxième temps par un barragiste de CACG par un rapport de surveillance et d'auscultation.

La première visite permettra à cette fin de faire le point sur les différents dispositifs d'auscultation et sur la manière dont les relevés sont réalisés. Des améliorations ou des modifications de protocoles pourront être envisagées.

En cas d'absence de dispositifs d'auscultation, une réflexion sera menée afin de trouver une solution acceptable par le Maître d'Ouvrage et par les services de contrôle.

***Figure 7** : exemple de barrage de classe B en 64 équipé dès sa construction mais peu suivi*

Les mesures de débits de drains, de piézomètres, les relevés de plan d'eau seront consignés sur un logiciel adéquat et feront l'objet d'une analyse immédiate. Les différentes mesures d'auscultation seront analysées par un ingénieur barragiste de la CACG afin de vérifier le comportement du barrage et un rapport de surveillance et d'auscultation pourra être rédigé. Il est probable que ses conclusions conduisent à proposer des améliorations à apporter au dispositif d'auscultation actuel, afin d'améliorer la sécurité de l'ouvrage.

Dans cette approche « économique » l'ensemble des prestations étendues aux 25 barrages s'établit à environ 2 à 3 000 € HT pour les ouvrages selon qu'ils soient de classe C ou B (hors études de dangers et prestations techniques spécialisées).

Une telle « économie d'offre » passe évidemment par la mutualisation de l'effort, l'acceptation accrue de responsabilisation des acteurs du milieu agricole et une certaine capacité reproductive des prestations au sein du panel. Rappelons qu'il s'agit en l'occurrence d'ouvrages de « moyenne dimension ». L'intérêt de la méthode nous semble également résider dans un potentiel de reproduction au profit du très large parc d'ouvrages de plus petite dimension, non directement concernés par ce premier panel (NB : une démarche similaire est engagée en parallèle sur un échantillon témoin de six petites retenues de classe D).

### 4.3 D'autres réponses adaptées à l'attente de la grande masse des propriétaires des petits ouvrages ?

#### *4.3.1 Une réalité plus générale « attentiste »*

Les deux exemples produits ci-avant témoignent plutôt de l'exception que d'une réponse générale à la démarche réglementaire. Le comportement est le plus souvent de faire « le dos rond » :

- soit que le propriétaire ne se sente pas concerné (ouvrage de faible dimension jugé sans incidence sécuritaire, construction plus ou moins récente effectuée conformément « aux normes » et sous contrôle des services de l'Administration…)
- ou au contraire que l'état de l'ouvrage (construction initiale à l'économie, suivi –entretien à vau-l'eau,…) soit susceptible d'attirer les foudres administratives : pour vivre heureux, vivons cachés ! Mais cet adage n'est plus vrai en la matière

un ouvrage apparemment sain et fiable

a contrario, une situation laissant à désirer

***Figure 8** : deux exemples contrastés*

Il convient donc d'apporter à cet ensemble d'interlocuteurs une réponse à la fois ferme et rassurante.

#### *4.3.2 Etape de décrispation et volonté partagée de calage de la démarche dans un département cible*

Cette situation a bien été identifiée, en particulier dans le département du Gers par l'ensemble des acteurs concernés.

En effet, en prolongement des initiatives prises à la suite de la polémique sur l'état de maintenance des ouvrages EDF en 2006 et l'insertion dans la loi sur l'eau en gestation d'un article spécifique sur la sécurité des ouvrages hydrauliques, divers chargés de missions (parlementaires et des corps des deux ministères en

charge de l'agriculture et de l'environnement) ont d'une part effectué des contrôles auprès de gestionnaires bien identifiés de grands parcs d'ouvrages, dont la CACG, puis rassurés sur les conditions de suivi de ceux-ci, ont dans un deuxième temps ciblé une population particulière, celle des très nombreux petits ou moyens ouvrages, le plus souvent à vocation agricole.

Dans ce contexte, ceux du département du Gers ont à chaque fois bénéficié d'une attention particulière, peut-être en raison de leur proximité avec ceux visités de la CACG, mais sans doute en raison de leur forte densité dans ce département rural dépourvu de ressource en eau naturelle suffisante.

Les inventaires effectués par les services de l'Administration ont conduit à l'identification et à la localisation, outre ceux de classe A et B bien connus, d'environ 150 ouvrages de classe C et de près de 2 800 de classe D.

Dès 2007 la CACG a envisagé de concert avec la DDT (alors la DDA) du Gers, en première ligne dans la démarche administrative, de caler cette dernière en fonction d'un diagnostic préalable. Cette initiative commune a été un temps suspendue avec le transfert de responsabilité intervenu entre DDT et DREAL de bassin. Le besoin en perdure toutefois.

Entretemps la Chambre départementale d'Agriculture 32, sensibilisée à la nécessité et l'intérêt de la démarche, souhaite être associée à une approche mutualiste synonyme de garantie des intérêts de ses mandants et là aussi source d'économie de réalisation.

Nous proposons à cette fin la constitution d'un échantillon dirigé d'ouvrages sur la liste aujourd'hui arrêtée pour effectuer une démarche de même nature que celle qui a été récemment initiée sur les deux départements voisins. Il conviendrait toutefois que l'échantillon soit élargi à un nombre suffisant de cas (une cinquantaine) pour que sa représentativité soit satisfaisante. Dans un premier temps la démarche proposée ne viserait pas à la production des documents et rapports comme dans les deux autres situations témoin, mais à dresser un état des lieux des besoins en confortement des dispositifs ou données et en l'établissement d'une méthodologie et d'un calendrier d'intervention ultérieur.

Bien entendu, comme dans les cas précédents, la démarche aura un double objectif, à la fois de préparation de réponse à l'obligation « technique » aux textes réglementaires mais aussi de sensibilisation et d'accompagnement des réactions individuelles. Une telle opération pilote, recroisée avec les résultats désormais attendus des trois autres initiatives mentionnées, devrait avoir un bénéfice en termes de calage et d'acceptabilité de la nouvelle rigueur souhaitée.

*4.3.3 Quelles possibilités de réponses techniques proportionnées avec le concours de la CACG ?*

Il est sûr que les démarches déjà initiées, tout comme l'inventaire témoin proposé sur le département du Gers, conduiront à mettre en avant une insuffisance d'équipement des ouvrages en dispositifs permanents pour permettre leur auscultation. Comme sur de plus grands ouvrages, la mise en place a posteriori de tels équipements n'est ni facile ni économique [4]. On peut par ailleurs s'interroger sur l'opportunité de certains dans la mesure où les situations de référence lors de la construction et des premières années de stabilisation des remblais n'ont pu être observées et consignées.

La surveillance épisodique par un œil averti peut également suffire à déterminer rapidement si un ouvrage est apparemment fiable et sain. Pour cela il convient que ce diagnostic soit effectué par un membre d'une équipe d'experts, pouvant associer techniciens de l'Administration et ingénieurs des BE ayant une compétence régionale, pour transposer les résultats acquis sur les ouvrages de conception similaire (certes de plus grande taille), mieux instrumentés et bénéficiaires d'un suivi continu sur la même période d'existence (le plus souvent deux à trois décennies).

L'objet de cette présentation collective est de permettre une détermination collégiale de notre capacité à apporter une réponse satisfaisante pour l'ensemble des parties et pouvant passer par une telle capacité de mutualisation et de transposition des résultats obtenus dans les meilleures configurations. Cette vision d'un opérateur régional spécialisé rejoint les avis précédemment exprimés (cf. § 3) par les services compétents de l'Administration.

## 5. CONCLUSION

La nouvelle réglementation impose sauf dérogation un dispositif d'auscultation pour les barrages de classe C. Le guide sur la surveillance et l'entretien des petits barrages constitue une bonne référence pour définir ce dispositif pour les ouvrages neufs ; par contre la question reste plus ouverte pour les barrages anciens qui n'ont pas été équipés lors de leur construction. Cette situation est illustrée par la présentation de huit ouvrages en remblai de classe C et même B pour deux d'entre eux dépourvus de dispositif d'auscultation et dont les comportements sont divers ; ensuite à partir de ces exemples des propositions sont données pour orienter l'équipement d'auscultation à mettre en œuvre si nécessaire pour le suivi de ces barrages anciens en remblai.
Par ailleurs, à partir d'exemples d'interventions sur des parcs régionaux d'ouvrages, des propositions de réponses sont apportées pour le suivi collectif de barrages de classe C ou D.

## RÉFÉRENCES ET CITATIONS

[1] Décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques. Journal officiel du 13 décembre 2007

[2] Royet (2006). *La surveillance et l'entretien des petits barrages*. Guide pratique, Edition QUAE

[3] Boubée D., Brodin JL. "Incidence des nouvelles prescriptions sur les pratiques de suivi et de contrôle par un gestionnaire de parc de barrages-réservoirs » communication au colloque CFBR/AFEID de novembre 2011

[4] Sausse J. Boubée D., "Adaptation continue du dispositif d'auscultation d'un barrage régulièrement suivi » communication au même colloque CFBR de novembre 2012