



HAL
open science

Le vieillissement des petits barrages en remblai

D. Lautrin

► **To cite this version:**

D. Lautrin. Le vieillissement des petits barrages en remblai. Ingénieries eau-agriculture-territoires, 1998, 14, p. 55 - p. 67. hal-00461189

HAL Id: hal-00461189

<https://hal.science/hal-00461189>

Submitted on 3 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le vieillissement des petits barrages en remblai

Danielle Lautrin

Cet article présente les résultats d'une enquête réalisée en 1996 dans le département du Gers particulièrement concerné par l'aménagement de petits barrages pour l'irrigation.

Le département étudié totalise, à lui seul, près de 2 500 ouvrages appartenant à des collectivités territoriales, des associations syndicales autorisées d'agriculteurs ou des propriétaires privés.

La petite hydraulique (retenues collinaires de moins de 100 000 m³ de capacité) y est largement majoritaire. Elle représente 95 % des constructions du département et retient, à elle seule, 52 hm³ ; 83 hm³ de ressources supplémentaires sont stockés dans les 5 % d'ouvrages de capacité supérieure à 100 000 m³, parmi lesquels on compte 11 barrages de plus de 1 hm³ de capacité unitaire et un grand barrage de 25 hm³ (tableau 1).

Cette étude du vieillissement (encadré 1) des barrages prolonge l'état des lieux, confié au Cemagref par le ministère de l'Environnement en 1990, sur les barrages intéressant la sécurité publique. Elle porte non pas sur la totalité des barrages construits dans le département du Gers, ce qui aurait été matériellement impossible, mais sur les barrages en remblai de capacité supérieure à 100 000 m³ et de hauteur inférieure à 20 mètres qui représentent, dans le département, 126 ouvrages. C'est parmi ceux-ci qu'ont été choisis de manière aléatoire les 90 barrages servant à l'étude du vieillissement à partir d'un diagnostic visuel (figure 1). Les caractéristiques techniques des ouvrages et les

résultats des observations ont été mis en mémoire sur support informatique et traités à partir des logiciels Excel et STATlab.

Sont ici résumés les principaux enseignements de l'étude développés, par ailleurs, dans l'ouvrage de Lautrin, 1997.

Encadré 1

Vieillessement d'un barrage en remblai

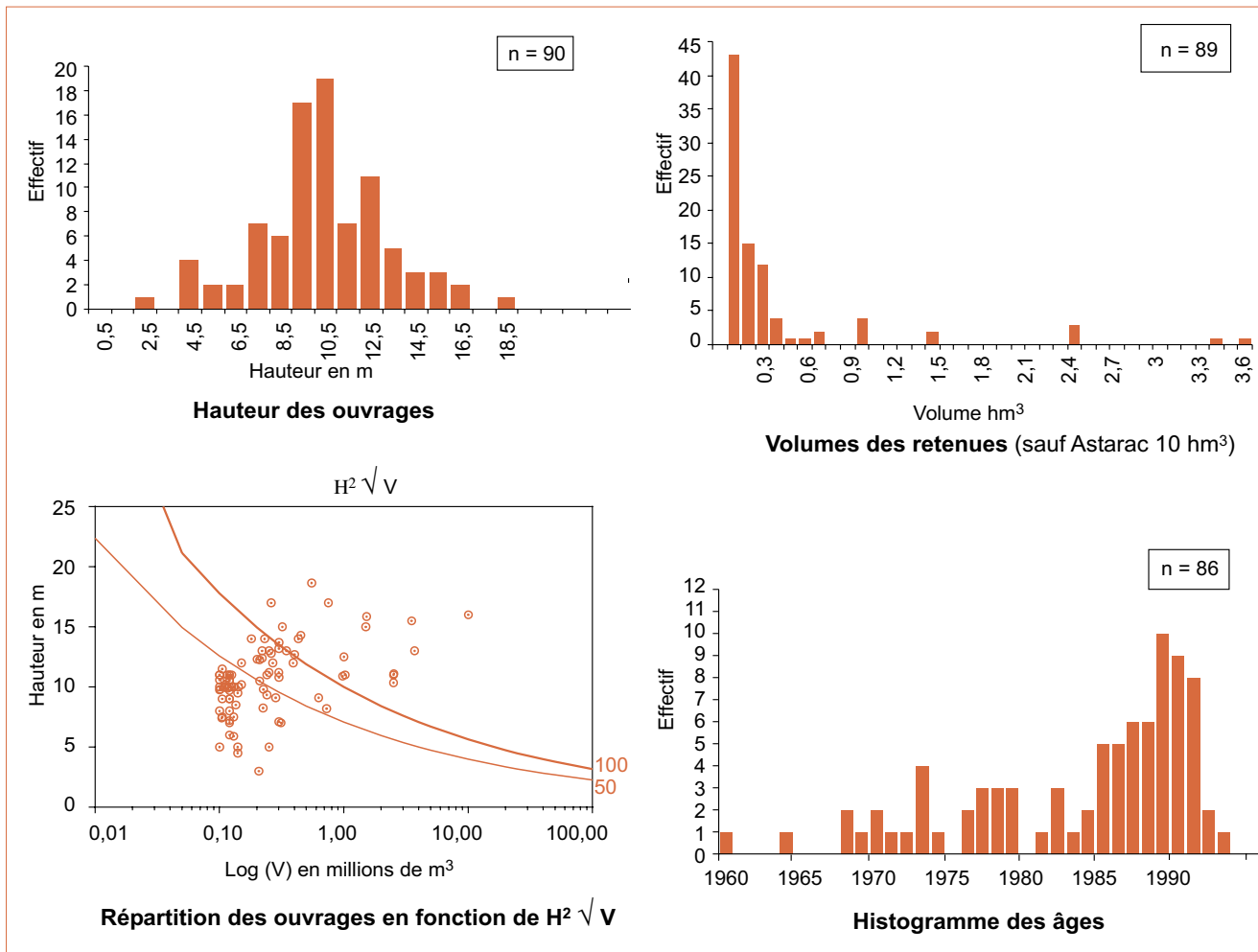
Le terme vieillissement désigne toute dégradation du remblai ou des ouvrages annexes en fonction du climat, des conditions d'exploitation, d'événements particuliers ou d'un défaut introduit dès le stade de la conception, de la construction ou de l'exploitation et qui tend à diminuer l'aptitude de l'ouvrage à bien remplir sa fonction ou sa sécurité.

Maîtrise d'œuvre et choix des options techniques

La maîtrise d'œuvre des barrages sur lesquels a porté l'enquête a été tantôt privée, tantôt publique.

La maîtrise d'œuvre privée locale a pris une part très importante dans l'aménagement des barrages de petites dimensions (plus du tiers des ouvrages à $H^2\sqrt{V} < 50$)¹. Elle n'intervient pratiquement plus sur les ouvrages de taille supérieure dont la réalisation est partagée entre la maîtrise d'œuvre publique et la maîtrise d'œuvre semi-publique et privée spécialisée. Ces dernières assurent majoritairement la construction des ouvrages les plus importants du département (70 % des ouvrages à $H^2\sqrt{V} > 100$) (figure 2).

Danielle Lautrin
Cemagref
50, avenue de
Verdun
Gazinet
33612 Cestas
Cedex



▲ Figure 1. – Les populations enquêtées.

Du point de vue technique, les barrages concernés par l'étude sont exclusivement des ouvrages en terre homogène. Leur structure est représentée schématiquement sur la figure 3 où l'on notera une variété des profils depuis le remblai classique avec drain vertical et protections de la crête et des talus (a), jusqu'au remblai très dépouillé sans drain ni revêtements externes (d), en passant par des structures simplifiées (b, c).

1. Le paramètre $H^2 \sqrt{V}$ est utilisé pour croiser hauteur et volume, avec H : hauteur du remblai au-dessus du terrain naturel en mètres ; V : volume de la retenue en hm^3 .

Les ouvrages hydrauliques présentent eux aussi une grande diversité d'options qui vont de l'évacuateur entièrement en béton posé sur le remblai, ou en rive, à l'ouvrage sommaire constitué par un simple seuil en béton, en passant par le déversoir avec un seuil et un chenal d'écoulement en dur (béton, parpaings, buses) suivi d'un coursier terrassé dans le versant qui rejoint le ruisseau en lon-

geant le pied de digue ou en s'en écartant de plusieurs dizaines de mètres. Une représentation schématique des différents types de déversoirs est donnée sur la figure 4.

L'enquête a permis de constater que la taille des barrages et la maîtrise d'œuvre jouaient un rôle évident sur les choix techniques. Les tableaux 2 et 3 pages 59 et 60 résument ces choix.

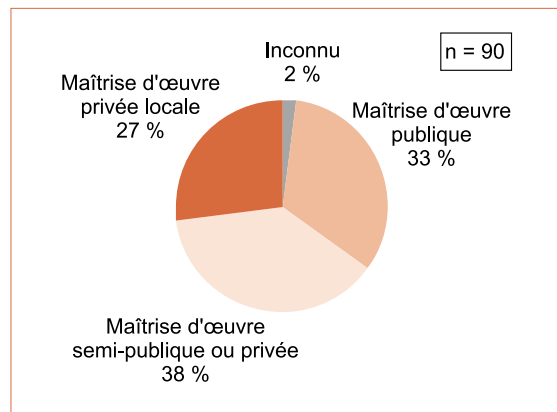
Vieillesse des remblais et des fondations

Réalisée en 1995-1996, l'enquête a mis en évidence l'existence d'un parc hétérogène de petits barrages avec des ouvrages conformes aux règles de l'art et en parfait état et des ouvrages franchement rustiques présentant des signes de vieillissement divers.

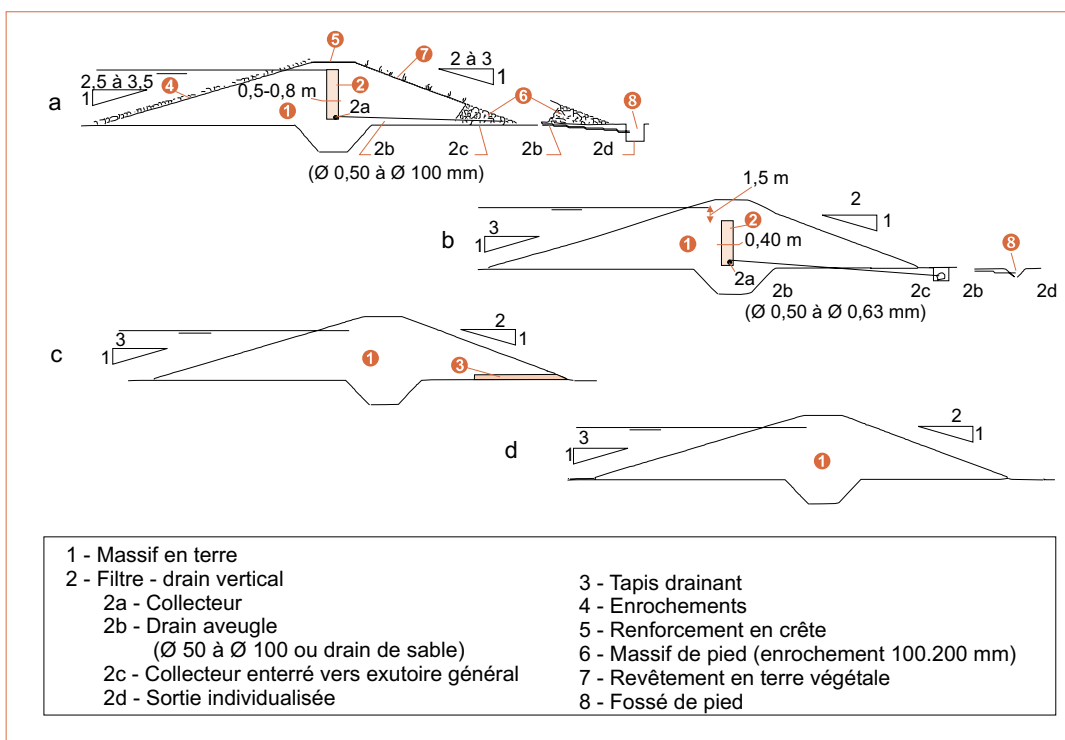
Le vieillissement des petits barrages en remblai

Volumes stockés			
Ouvrages < 100 000 m ³	Ouvrages > 100 000 m ³		
	Particuliers	Associations	Barrage de la Gimone
52 000 000 m ³	8 668 900 m ³	49 186 000 m ³	25 000 000 m ³
Total : 134 854 000 m ³			

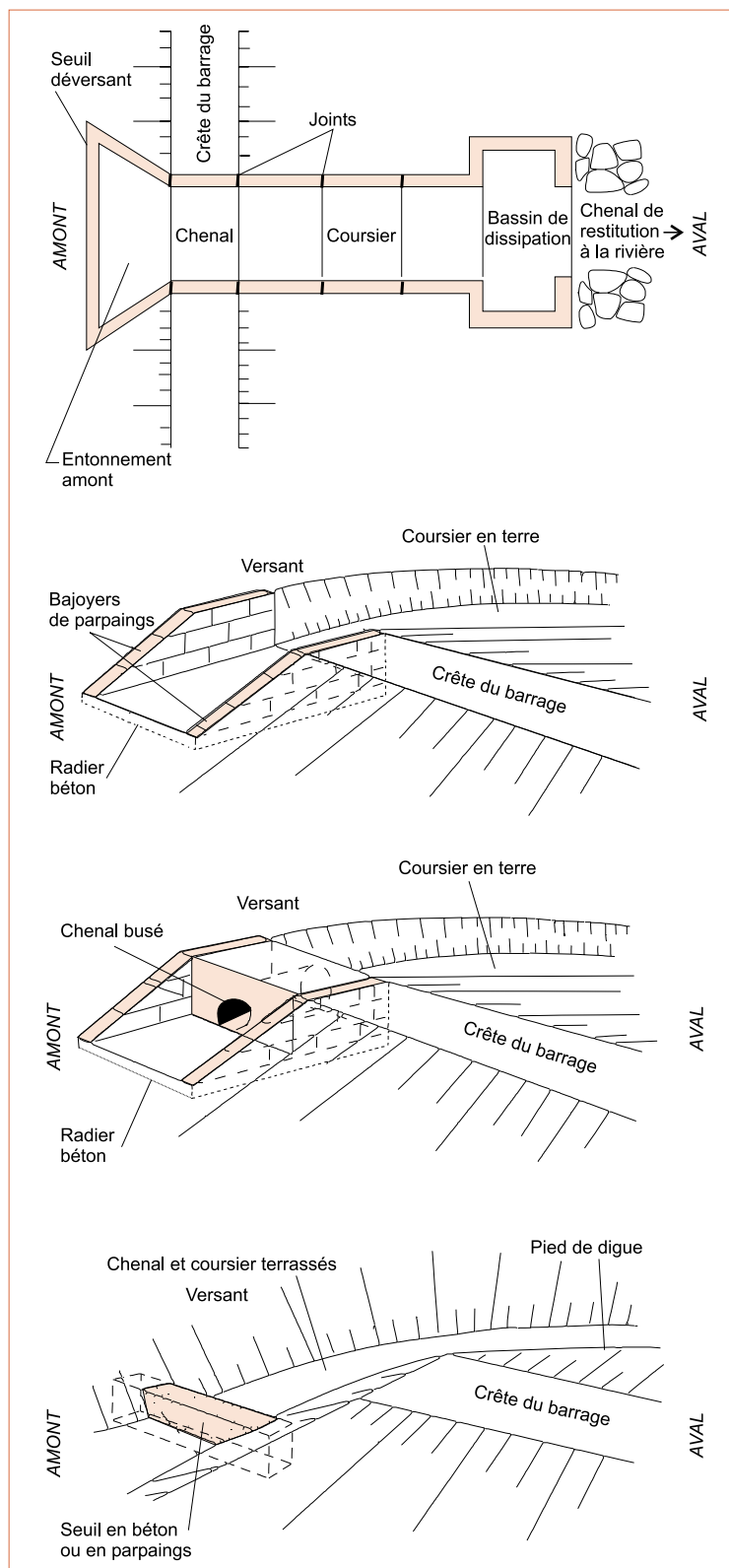
◀ Tableau 1. – Répartition des ressources en eau.



◀ Figure 2. – Maîtrise d'œuvre.



▼ Figure 3. – Profils types de remblais.



■ Phénomènes de vieillissement de surface

Fissuration et ravinement des remblais

Fissuration et ravinement sont parmi les signes de vieillissement de surface les plus fréquemment rencontrés : 35 % des barrages visités présentent, en crête et/ou sur les talus, une fissuration constituée par des fissures de retrait, ou fissures mosaïques, et par des fissures structurales.

Les fissures de retrait sont les plus fréquentes. Elles représentent 98 % de la fissuration observée.

Ce type de fissuration n'est pas toujours anodin car les discontinuités, qui vont du millimètre jusqu'à 2 à 3 centimètres d'ouverture et plusieurs décimètres de profondeur, fragilisent la surface des ouvrages par leur densité et permettent, après un épisode pluvieux, la saturation d'une frange superficielle du remblai qui peut perdre peu à peu de sa résistance et devenir éventuellement instable (glissement de peau).

L'enquête a montré que la fissuration de la crête des barrages était étroitement liée au type de revêtement. C'est ainsi que les crêtes renforcées par un revêtement bitumineux ou par un traitement en chemin rural vieillissent beaucoup mieux que celles qui n'ont aucun revêtement. Seuls 4 % des ouvrages ayant un traitement en crête présentent des fissures de retrait de type mosaïque. En revanche, on en compte 53 % dans le cas où la crête est en terre battue à peine colonisée par une végétation clairsemée et 25 % dans le cas où elle est bien enherbée. Une pelouse dense apporte, certes, une protection mais, *a contrario*, gêne l'observation d'éventuels désordres.

Le ravinement des talus, notamment celui du talus aval, résulte également d'une recherche d'économie de structure.

Sur l'ensemble des ouvrages visités, 19 % présentent un ravinement net du talus aval, avec des rigoles de 10 à 20 centimètres de profondeur sur certains barrages.

◀ Figure 4. - Les différents types de déversoirs. De haut en bas : déversoir en béton ; déversoirs sommaires (déversoir mixte, déversoir busé, simple seuil en dur).

H ² √V	Population	Reconnaissance	Calcul de stabilité	Drainage interne	Déversoir béton
≤ 50	51				
50 à 100	20				
> 100	19				
H ² √V ↗		% reconnaissances ↗	% structures calculées ↗	% drainages internes ↗	% déversoirs bétons ↗

Reconnaissances I : inconnu ; N : aucune ; F : fouilles à la pelle ; F+E : fouilles à la pelle, essais d'identification ; C : fouilles à la pelle et/ou forages, essais d'identification, essais mécaniques

Ces observations confirment qu'il s'agit d'un défaut de jeunesse en relation avec l'absence de protection des talus par de la terre végétale engazonnée. C'est ainsi que 38 % des barrages de moins de 6 ans sont ravinés. Le chiffre n'est plus que de 7 % pour les ouvrages plus anciens sur lesquels a poussé une couverture végétale.

Ces désordres restent, toutefois, plus inesthétiques que dangereux sous nos climats.

Effets du batillage

Les dégradations du talus amont par les vagues sont plus préoccupantes. Elles affectent globalement 64 % des ouvrages visités.

La marche créée par batillage à hauteur de la retenue normale, très sollicitée par la houle en période hivernale, oscille entre la simple ondulation de surface et une marche de plus de 1 mètre de hauteur.

L'enquête a permis de vérifier que les talus protégés par des enrochements (16 % du total) sont en bon état ou à peine marqués par quelques déplacements de blocs ou par des bourrelets anormaux. Ce sont naturellement les talus sans aucune protection en dur qui sont les plus sensibles à l'érosion : 76 % d'entre eux sont dégradés avec une importance de la marche qui est fonction de leur orientation. Les talus enherbés (ensemencés en fin de chantier ou recouverts par une végétation herbacée ou arbustive spontanée) et protégés des vents dominants par leur orientation nord ou sud sont peu dégradés. Il n'en est pas de même pour les talus orientés face aux vents d'ouest ou de nord-ouest (ensemble du département), ou face à l'Autan (zone nord-est du département), où la marche formée par l'impact des vagues peut atteindre des hauteurs supérieures à 0,50 mètre (17 % des ouvrages) et même 1 mètre (10 % des ouvrages) (photos 1 et 2 page 61).

▲ Tableau 2. – Principales options techniques en fonction de la taille des ouvrages (en % par rapport à la population).

Maîtrise d'œuvre	Population	Reconnaissance	Calcul de stabilité	Drainage interne	Déversoir béton
Semi publique	34	<p>C 73 % F 12 % I 15 %</p>	<p>oui 73 % non 12 % I 15 %</p>	<p>oui 88 % I 12 %</p>	<p>oui 88 % non 9 % I 3 %</p>
Publique	30	<p>F 50 % E+F 40 % C 10 %</p>	<p>oui 10 % non 90 %</p>	<p>non 20 % I 10 % oui 70 %</p>	<p>oui 7 % non 93 %</p>
Privée locale	24	<p>non 50 % F 46 % I 4 %</p>	<p>non 96 % I 4 %</p>	<p>I 38 % oui 8 % non 54 %</p>	<p>busé 4 % non 79 % oui 17 %</p>
Inconnu	2				

▲ Tableau 3. – Principales options techniques en fonction de la maîtrise d'œuvre (en % par rapport à la population).

Un recul partiel de la crête a même été observé sur l'un des ouvrages dont l'orientation est défavorable et dont la construction n'a fait l'objet d'aucun contrôle du compactage à la mise en place des terres.

À ce propos, notre analyse révèle que les ouvrages réalisés sans études géotechniques préalables sont plus vulnérables à l'érosion par les vagues que ceux qui en ont fait l'objet et pour lesquels une surveillance de chantier a été exercée.

Le pourcentage d'ouvrages dégradés par les vagues (marche > 0,20 m) est de 50 % pour les barrages qui n'ont pas fait l'objet d'études de sol. Il n'est que de 23 % pour les autres.

On remarque, par ailleurs, que les consolidations *a posteriori* ne sont réalisées que si les dégâts sont très importants. Seulement 5 % des talus dégradés par battillage ont été renforcés. Sur ce pour-

centage, un seul ouvrage a fait l'objet d'un revêtement classique par des enrochements sur un géotextile. Le plus souvent, le talus est renforcé localement par un simple déversement de blocs sur la pente sans aucun reprofilage préalable du talus, ou est renforcé de manière artisanale et économique par des poteaux de béton posés à même le sol et maintenus par des fascines. Cette dernière solution, qui casse la force des vagues, n'est pas totalement efficace car les vides qui subsistent entre les poteaux permettent à l'eau de pénétrer et d'éroder le sol du remblai en se retirant lors du marnage (photo 3).

■ Phénomènes de vieillissement interne

Déformations excessives des remblais et percolations anormales à travers les ouvrages ou les fondations sont les dysfonctionnements internes les plus fréquemment rencontrés.

Tassements des remblais

L'enquête a montré que ce type de désordre affectait 8/90 barrages, soit près de 9 % des barrages visités. Dans la majorité des cas (7/8), le tassement a conduit à un fléchissement visible de la crête dans la partie centrale du barrage sans aucune cassure aggravante et sans autre conséquence qu'une diminution locale de la revanche qui réduit la sécurité du barrage vis-à-vis d'une surverse.

Le scénario extrême n'a été atteint que sur un barrage où la consolidation des sols de fondation a entraîné un tassement excessif, suivi de cassures avec rejet en crête et, finalement, d'un cisaillement général du remblai 10 ans après sa construction.

Ces comportements pathologiques, qui tiennent à l'absence ou à l'insuffisance des études de site ou des sols, n'ont conduit à un événement grave sur l'ensemble des barrages étudiés que dans 1 % des cas en plus de 30 ans. La hauteur modérée des ouvrages qui limite l'importance des tassements est probablement l'une des explications de ce faible taux de désordre grave.

Percolations incontrôlées, perte de résistance des matériaux, sous-pressions

Les percolations anormales à travers les ouvrages sont la principale cause de pathologie des barrages visités. Elles affectent globalement 27 % de l'ensemble, ce qui est un chiffre très élevé et inattendu.

21 % des barrages observés présentent une humidité en pied aval. Elle prend la forme de sources ponctuelles ou de suintements diffus sur tout ou partie du pied aval du barrage qui se transforme, parfois, en marécage (eau stagnante rouillée, joncs, faible portance du terrain).

L'enquête montre que 31 % des ouvrages construits sans aucune reconnaissance préalable et 33 % des ouvrages ayant fait l'objet d'une étude sommaire (fouilles à la pelle à l'ouverture du chantier) présentent des résurgences à l'aval, contre 5 % lorsque les barrages ont fait l'objet d'une étude de site réfléchie et disposent, du moins peut-on le supposer, d'un traitement de la fondation mieux adapté aux conditions géologiques locales : tranchée d'ancrage profonde, parafouille ancrée au substratum étanche ou déplacement de l'axe du barrage.



D. Laurin

▲ Photo 1. – Barrage de Lussan. Talus amont marqué par le battillage.



D. Laurin

▲ Photo 2. – Barrage de Castillon-Debats. Forte dégradation du talus amont par les vagues.



D. Laurin

▲ Photo 3. – Barrage de Manadé. Un exemple de confortement rustique sur un talus très dégradé par les vagues.

2. Essai de compactage normalisé.

Il en résulte tout de même six fois plus d'échecs pour les barrages n'ayant pas fait l'objet d'une étude de site appropriée, ce qui est considérable.

11 % des ouvrages visités présentent une humidité anormale sur le talus aval (l'humidité est quelquefois présente en pied et en talus).

Ici encore, les résultats de l'enquête montrent qu'une étude géotechnique des sols d'emprunt, qui permet de fixer les modalités de mise en place des matériaux sur chantier, conduit, par la suite, à un meilleur comportement des ouvrages puisque le taux d'humidité à l'aval passe de 18,5 % pour les remblais réalisés sans références Proctor², à 5 % pour les remblais compactés avec références Proctor.

Mais, paradoxalement, on peut constater que la saturation du talus aval intéresse aussi bien des remblais non drainés que des remblais drainés, ceci dans des proportions respectives de 16 et de 7,5 %.

S'il est facile de comprendre que le talus aval d'un barrage non drainé se sature, la présence d'humidité sur le talus aval des ouvrages drainés est plus surprenante. Elle implique nécessairement de mauvais choix techniques au niveau du drainage ou des négligences de construction : compactage médiocre des sols du remblai, forte anisotropie de perméabilité permettant à la ligne phréatique d'échapper à tout rabattement par le drain de pied horizontal, obstruction des exutoires de 60 et 100 mm de diamètre par pincement des drains à la construction, dépôts minéraux ou organiques à l'intérieur des conduits.

L'enquête montre que les grands barrages ($H^2\sqrt{V} > 100$) qui sont réalisés avec soin (études de terrain, essais préalables, contrôles de chantier) se comportent bien. Cela laisse entendre que les comportements pathologiques rencontrés seraient effectivement liés à des négligences de chantier ou à des erreurs de conception.

Phénomènes de glissement et d'érosion interne

Ces phénomènes sont la suite logique des percolations anormales à travers le remblai ou la fondation.

Sur les 90 barrages de l'enquête, 7 ont subi ou subissent encore des phénomènes de glissement de talus par perte de résistance mécanique des matériaux ou par sous-pressions.

Parmi ceux-ci, on a noté deux grands glissements rotationnels du talus amont en fin de vidange de la retenue et cinq glissements de peau sur le talus aval, soit sept glissements de talus. Ceci représente 8 % d'accidents pour l'effectif des barrages soumis à l'enquête, dont 2 % ont intéressé toute la hauteur des remblais.

Actuellement, l'instabilité des talus affecte encore 5 % des ouvrages.

Les ruptures de barrage par érosion interne (encadré 2) représentent 2 % d'accidents. Le compactage médiocre des terres du remblai qui favorise les circulations anarchiques et éventuellement concentrées de l'eau à travers le massif, et la rupture d'une conduite de vidange sont à l'origine des deux accidents recensés.

On peut penser qu'à l'avenir, ce chiffre pourrait être beaucoup plus important eu égard aux forts pourcentages d'humidité signalés ci-dessus, l'érosion interne étant, généralement, un phénomène différé.

Encadré 2

L'érosion interne est l'entraînement vers l'aval des particules de sol du remblai ou de la fondation sous l'action d'un écoulement d'eau provenant de la retenue ou de la nappe.

Vieillessement des évacuateurs

Les évacuateurs ne sont pas épargnés par le vieillissement. On constate, naturellement, que les déversoirs en béton armé, qui représentent 38 % des ouvrages déversants, se comportent beaucoup mieux que les autres.

L'enquête fait apparaître que certains d'entre eux présentent néanmoins des signes de vieillissement : indices de sous-pression, fissures, ouverture de joints, basculement des murs.

La microfissuration liée au vieillissement du béton n'a pas nécessairement un caractère de gravité. Les fissures d'origine pathologique sont plus préoccupantes. Elles sont généralement liées à des phénomènes de gonflement des terres à l'arrière des murs qui s'accompagnent du basculement des bajoyers vers l'intérieur de l'ouvrage et de l'ouverture des joints (photo 4).

Sur l'ensemble des ouvrages possédant un déversoir en béton, 70 % sont en bon état et 30 % présentent des désordres divers. Quatre ouvrages sur dix cumulent fissures de vieillissement et fissures pathologiques avec ouverture des joints et basculement des murs. Ces dégradations ne font généralement pas l'objet de réparations en temps utile. Lors de l'enquête, un seul déversoir avait bénéficié de la mise en place de poutres pour maintenir l'écartement des murs à l'entonnement de l'ouvrage et dans le coursier.

Les déversoirs sommaires (figure 4), qui sont beaucoup plus vulnérables que les ouvrages en béton, sont aussi plus dégradés qu'eux. La fissuration des parties en dur touche 19 % d'entre eux, mais ce sont les dégradations des parties en terre, par affouillement, ravinement ou glissement, qui sont les plus spectaculaires (photos 5 et 6).

L'érosion débute souvent à la première crue, les dégâts ne sont pas réparés aussitôt et la crue suivante aggrave la situation.

Photo 4. – Barrage de Giscaro. Ouverture importante de joint à l'entrée du chenal. ▼



Photos D. Lautrelin

▲ Photo 5. – Barrage de Castillon-Debats. Un exemple d'érosion du coursier en terre.



◀ Photo 6. – Barrage de Ricourt. Marmite d'érosion dans le coursier.

Sur l'un des ouvrages, les affouillements à la sortie du chenal en dur ont creusé en 2 ans une fosse de 2,5 mètres de profondeur sur 5 à 6 mètres de largeur en plafond qui a sous-cavé partiellement le radier du chenal et contraint le maître d'ouvrage à abaisser le plan d'eau juste avant que ne débute la saison d'irrigation.

Le renforcement de ces ouvrages est réalisé au coup par coup avec des solutions, encore une fois, les plus économiques possibles. C'est ainsi que les sections ravinées sont renforcées par des enrochements ou par des blocs de béton déversés en vrac dans le coursier, ou confortées par des moyens encore plus artisanaux (poteaux de béton) sans aucune extension préventive des traitements au reste de l'ouvrage. Dans le « meilleur » des cas, la restauration est faite par la mise en place de demi-buses de béton de gros diamètre (de 600 à 1000 mm) sur l'ensemble du coursier. Les observations révèlent que de nombreux coursiers dégradés sont laissés en l'état. Le développement de la végétation ne tarde pas à les envahir, assurant, ainsi, un frein aux écoulements et à l'usure... mais en diminuant leur capacité d'évacuation.

Photo 7. – Barrage de Saint-Maur. Rehausse du seuil déversant par une poutre en béton. Remarquer les fers en H fixés aux bajoyers et destinés à la mise en place d'une rehausse amovible supplémentaire. ▶



D'après l'enquête, les dégradations toucheraient, avec une gravité variable, plus de 90 % des déversoirs sommaires. Ce chiffre disqualifie totalement ce type d'ouvrage choisi par certains maîtres d'œuvre ou maîtres d'ouvrages pour des raisons économiques à court terme au détriment de la longévité des structures.

Les déversoirs sommaires sont indiscutablement un des points faibles des retenues collinaires. La rehausse du seuil déversant en est un deuxième : 51 % des seuils déversants des évacuateurs de crue sont, en effet, rehaussés de manière artisanale. On compte 44 % de rehausse dans les ouvrages en béton, 56 % dans les déversoirs sommaires, alors que le dispositif est strictement interdit et enfreint la loi sur l'eau et ses décrets d'application.

Photo 8. – Barrage de Urdens. Rehausse du seuil déversant par deux rangées de parpaings. ▼

La rehausse peut être constituée par un dispositif amovible de type madrier, maintenu par des fers en H fixés aux deux bajoyers du déversoir ou par un mur de parpaings ou de béton dans le cas d'une rehausse fixe, ou encore par un seuil en dur et une planche, ou bien une grille qui

Photos D. Laurin



arrête les branchages et les feuillages et finit par se comporter, elle aussi, comme une rehausse pleine (photos 7 et 8).

La hauteur des rehausses varie entre 0,10 et 1 mètre. Le cas le plus fréquent est une rehausse de 20 à 50 centimètres (53 % des cas). Les surélévations du plan d'eau de 0,5 à 1 mètre représentent 33 % des cas, ce qui est loin d'être négligeable.

À noter que 60 % des rehausses ne sont pas constituées par un dispositif amovible mais par un mur en dur, au mépris de l'interdiction qui en est faite par le service chargé de la police des eaux et au mépris de la sécurité des barrages en cas de crue exceptionnelle. La dénivellation crête-plan d'eau est ainsi réduite de plus de 50 % pour 34 % des ouvrages déversants possédant une rehausse. C'est considérable et très dangereux. Une analyse sommaire du risque de submersion des barrages a montré, en effet, que s'il y avait coïncidence entre une crue exceptionnelle et un vent de tempête, le risque de submersion toucherait 50 % des ouvrages. Parmi ceux-ci, 93 % possèdent une rehausse. 7 % seulement des risques de surverse touchent des barrages sans rehausse. Si l'on fait abstraction des rehausses dans les déversoirs, le risque de surverse des barrages en cas de crue et de vent fort ne serait plus que de 15,5 %. Pour des conditions hydrologiques et climatiques moins sévères où la crue exceptionnelle ne serait pas accompagnée par un vent de tempête, et vice versa, les calculs indiquent que le risque de surverse des barrages serait de l'ordre de 10 %.

Ces chiffres permettent de conclure que le dimensionnement de la revanche et le calcul de la crue de projet des petits barrages ne seraient pas vraiment critiquables. En revanche, toute introduction de rehausse sur le seuil déversant, réalisée, le plus souvent, par le maître d'ouvrage sans en référer au maître d'œuvre, modifie totalement le fonctionnement du déversoir et joue un rôle très négatif sur la sécurité du barrage. Les rehausses sur les seuils déversants sont donc à proscrire absolument.

Ceci étant, l'enquête a révélé que le pourcentage d'ouvrages ayant été submergés ne serait que de l'ordre de 3,5 % (4/90). Ce chiffre est probablement sous-estimé car les maîtres d'ouvrages en infraction avec la loi sur l'eau sont très réticents à signaler une surverse. Aucune des submersions mentionnées n'a cependant entraîné de rupture de barrage.

Manque d'entretien et de suivi des barrages collinaires

Il convient de préciser qu'un petit barrage est généralement négligé par le maître d'ouvrage après sa construction.

Les ouvrages récents ou ayant moins de 5 ans (ils représentent 27 % de l'effectif de l'enquête) ont un bon aspect ou un assez bon aspect dans 75 % des cas. Les talus sont seulement enherbés ou en cours de colonisation par une végétation herbacée spontanée entrecoupée par de rares touffes d'arbrisseaux. Ceci tient essentiellement à la lenteur du développement de la végétation sur les remblais argilo-calcaires non revêtus par de la terre végétale plutôt qu'à l'entretien des talus.

Au-delà de 5 ans, on constate que les arbrisseaux (genêts et joncs) s'installent par touffes serrées sur les parements, sur la crête et au pied aval des ouvrages qui prennent un aspect négligé. Les arbustes (saules, aulnes et frênes) prospèrent tout particulièrement dans le fossé de pied à l'aval du barrage où ils dissimulent souvent les sorties du drain interne.

Les barrages de 5 à 15 ans présentent 44 % d'ouvrages négligés ou très négligés.

Au-delà de 15 ans, les barrages qui ont été régulièrement entretenus continuent de l'être, alors que les autres sont laissés dans un abandon total et se recouvrent d'une végétation arbustive endémique qui finit, parfois, par dissimuler totalement la silhouette du remblai.

Les évacuateurs de crue ne sont guère mieux entretenus. Une végétation herbacée s'installe très souvent dans le bassin de dissipation des ouvrages en béton où elle n'est pas toujours régulièrement fauchée. Quelquefois, des arbustes prospèrent au niveau des joints ou à la limite terre-béton, en provoquant des désordres sur les murs.

Pour ce qui est des déversoirs sommaires, l'entretien est le plus souvent inexistant. Les plantes vivaces et les arbustes s'installent rapidement dans les coursiers où ils freinent les écoulements vers l'aval.

Ceci étant, l'enquête a montré que la conduite de vidange, les vannes et les organes hydrauliques dont la station de pompage est équipée font l'objet d'une attention particulière.

D'une manière générale, on peut dire que les barrages les mieux entretenus sont les plus grands en hauteur ou en volume, les ouvrages gérés par des maîtres d'ouvrage ou par des exploitants avisés, ou encore les ouvrages à vocation touristique. Les petits barrages, dont la gestion est assurée par des particuliers, sont plus négligés à quelques exceptions près.

De très gros efforts d'entretien doivent être faits par de nombreux maîtres d'ouvrages.

Bien évidemment, dans un tel contexte, on ne peut s'attendre à une surveillance formalisée des petits barrages et encore moins à une auscultation de ceux-ci.

Pour les barrages drainés, qui représentent 60 % de l'effectif étudié, seul le débit de fuite à travers le remblai pourrait être suivi si les exutoires du drain interne étaient visibles et permettaient le jaugeage des fuites au pied aval. Or, ceci est rarement le cas, soit parce que les exutoires des drains ne sont pas accessibles (sorties masquées par la végétation, obturées par des éboulements de terre, ou au ras du sol, absence de repérage précis des sorties, manque de dispositif de jaugeage, mesures acrobatiques dans le bassin de dissipation), soit parce que les mesures de débit ne sont pas programmées et que les maîtres d'ouvrages non spécialisés n'en voient pas l'intérêt. C'est ainsi que 63 % des barrages drainés ont des sorties de drain totalement ou partiellement dissimulées et 31 % seulement des sorties correctes.

Sur la totalité des barrages visités, le jaugeage des fuites à l'aval n'a été possible que dans 15 % des cas. Mais, à notre connaissance, aucun barrage ne fait l'objet de mesures régulières du débit de fuite ; tout au plus, les écoulements sont-ils contrôlés visuellement par les maîtres d'ouvrages avisés.

Ces chiffres soulignent de graves insuffisances dans le suivi actuel des petits barrages par les maîtres d'ouvrages ou les exploitants.

Conclusion

L'enquête confirme que les petits barrages du Gers souffrent, dans l'ensemble, d'un vieillissement prématuré.

Les indices de vieillissement ne sont pas tous pré-occupants. Certains sont cycliques (fissures de retrait) ou temporaires (ravines) et disparaîtront le

plus souvent avec la consolidation des sols et avec l'extension d'une couverture végétale herbacée en laissant, éventuellement, des cicatrices plus inesthétiques que dangereuses. D'autres s'aggraveront avec le temps. C'est le cas, par exemple, de la marche de batillage qui peut conduire à une attaque de la crête, de la fissuration irréversible des bétons, de la destruction progressive des coursiers des déversoirs sommaires qui perturbe les écoulements vers l'aval ou des percolations anormales à travers le remblai ou la fondation qui peuvent conduire à des accidents graves.

Les accidents graves survenus entre 1960 et 1995 sur les barrages étudiés se résument comme suit :

- 1 % de rupture par tassement différentiel ;
- 8 % de rupture d'ouvrage par glissement des talus, dont 2 % ont été très graves ;
- 2 % de rupture de barrage par érosion interne.

Ces chiffres sont supérieurs aux pourcentages de rupture des grands barrages³ dans le monde (toutes causes confondues) évalués par le CIGB à 2,2 % pour les barrages construits avant 1951 (ouvrages chinois exclus) et à 0,5 % pour les ouvrages construits de 1951 à 1990 (CIGB, 1995 *a* et *b*).

Cela tient à trois raisons essentielles.

La première est liée aux insuffisances dans les études préalables des sites et des sols qui entraînent parfois une mauvaise adaptation de l'ouvrage à son environnement. La deuxième tient aux simplifications de structure souvent adoptées par les

maîtres d'œuvre pour diminuer le coût de la construction. Or, le compactage des sols, le drainage du remblai et la construction d'un déversoir pérenne sont à considérer comme des contraintes techniques indispensables à la construction d'un ouvrage sûr. Les économies de structure ne peuvent être réalisées que sur des options secondaires telles que les revêtements protecteurs des talus et le traitement de la crête, qui seront facilement réajustables si le besoin s'en faisait sentir. D'une manière générale, un retour à un plus grand respect des règles de l'art nous paraît d'autant plus nécessaire aujourd'hui que certaines des options simplificatrices dénoncées ci-dessus semblent être devenues des règles de construction pour certains maîtres d'œuvre.

La troisième raison du vieillissement prématuré des retenues collinaires tient incontestablement au laxisme des propriétaires et au manque d'entretien et de suivi des ouvrages. Dans ce domaine, les professionnels et les pouvoirs publics ont encore beaucoup à faire pour convaincre les propriétaires des petits barrages que l'entretien va au-delà du simple souci d'esthétique puisqu'il permet d'exercer une surveillance du barrage qui sera garante de sa sécurité à long terme.

L'enquête sur le vieillissement des petits barrages du Gers est aujourd'hui élargie à plusieurs départements du sud-ouest de la France avec le soutien de l'Agence de bassin Adour-Garonne. Le souci de tous est de mieux connaître les barrages existants pour aider à leur réhabilitation. □

3. Barrages de plus de 15 mètres de hauteur au dessus des fondations.

Résumé

Cet article présente les résultats d'une enquête sur le vieillissement des petits barrages en terre. Il s'appuie sur l'inspection visuelle de près d'une centaine de barrages du département du Gers. La dénonciation des désordres et de leurs causes a pour objectif de mieux connaître les ouvrages et de mettre en garde les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrages sur le fait que les économies de structure n'excusent pas toutes les simplifications. La sécurité des petits barrages sur le long terme ne peut être assurée que si les options retenues lors de la construction ne sont pas très éloignées de celles qui ont fait leurs preuves sur des barrages plus importants.

Abstract

The article presents the results of a survey on the aging of small earth dams. It is based on the visual inspection of almost a hundred dams in the Gers department. The goal of the emphasis put on the problems and on their causes is to better understand these works and to warn prime contractors about economies of structures, which do not justify all simplifications. The security of small dams on the long term can only be ensured if the options selected during construction are not too far from the options that have been tested for larger dams.

Bibliographie

- CIGB, 1995a. Rupture de barrages. Analyse statistique, *Bulletin 99*, 73 p.
- CIGB, 1995b. Vieillissement des barrages et des ouvrages annexes, *Bulletin 93*, 237 p.
- DEGOUTTE, G., (coord.), 1992. *Guide pour le diagnostic rapide des barrages anciens*, Cemagref, Antony, coll. Études, n° 13, 99 p.
- DEGOUTTE, G., (coord.), 1997. *Petits barrages : recommandations pour la conception, la réalisation et le suivi*, CFGB, Cemagref-ENGREF, Antony, 173 p.
- LAUTRIN, D., 1990. *Géologie des barrages et des retenues de petites dimensions*, Cemagref, Antony, coll. Études n° 7, 144 p.
- LAUTRIN, D., 1997. *Vieillissement et pathologie des barrages en remblai dans le Gers*, Cemagref, Bordeaux, 141 p.
- ROYET, P., 1994. *La surveillance et l'entretien des petits barrages*, Cemagref, Antony, série Guides pratiques, 92 p.
- ROYET, P., *et al.*, 1995. Évolution de la sécurité des barrages autorisés, *Ingénieries-EAT* n° 3, p. 37-44.