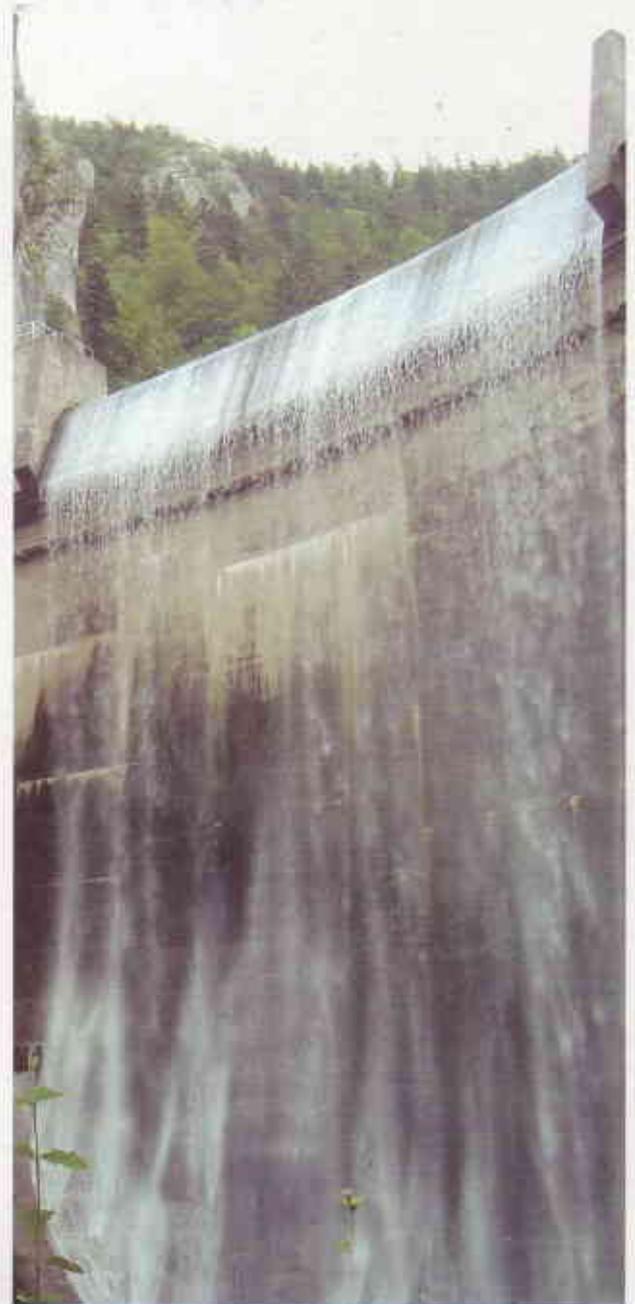


LES DOSSIERS DU RESEAU EAU

BARRAGES ET MODIFICATIONS MORPHOLOGIQUES DES COURS D'EAU



FRANCE NATURE
ENVIRONNEMENT

Août 2006

Réseau eau de France Nature Environnement
6 rue Dupanloup - 45 000 Orléans
Tel : 02.38.62.55.90 / Fax : 02.38.62.55.91 / eau@fne.asso.fr

SOMMAIRE

<i>Section</i>	<i>Page</i>
LA FRANCE, SON EAU ET SES BARRAGES	4
1 UN BARRAGE, COMMENT ÇA MARCHE ?	5
2 DES BARRAGES DE TOUTES LES TAILLES !	6
3 LES ARGUMENTS PRESENTES POUR JUSTIFIER LES BARRAGES	8
4 A CONSTRUIRE AVEC UNE TRES GRANDE MODERATION !	10
5 LES POISSONS ET LES BARRAGES FONT SOUVENT MAUVAIS MENAGE	11
6 LES BARRAGES REGLEMENTES	13
7 LES BARRAGES EFFACES DU PAYSAGE	16
8 LES BARRAGES PROJETES NON REALISES	17
LE POINT DE VUE DE FNE	18
1 DESTRUCTION DES EAUX VIVES	18
2 LES RETENUES, ZONES D'ACCUMULATION DES SEDIMENTS	18
3 PERTE DE QUALITE DES EAUX DE RETENUE	18
4 LES VIDANGES DES GRANDS BARRAGES	20
5 OBSTACLES A LA LIBRE CIRCULATION DES POISSONS	21
6 MODIFICATION DES DEBITS DES RIVIERES	21
7 DANGER A L'AVAL DES BARRAGES	21
QUELQUES BARRAGES QUI FONT COULER DE L'ENCRE	22

Photo de ouverture : Jean Wencker

LA FRANCE, SON EAU ET SES BARRAGES

De tout temps, en tout lieu, les hommes ont toujours cherché à dompter, capter les fleuves et les rivières...



Rivière Colagne (48)

Crédit photo : Bernard Rousseau

Pour bâtir leurs civilisations, pour servir leurs cultures, pour imposer leur pouvoir et établir un rapport de domination avec une nature dont le caractère sauvage leur est si problématique...

De nos jours, les barrages en France réveillent fortement intérêts et prises de position de la part des acteurs concernés. Facteur de controverses, ils sont parfois décrits comme providentiels, mais le plus souvent leurs effets destructeurs sur l'environnement sont fortement relativisés, voire encore passés sous silence.

Aménagement de seuils, diguettes, petits barrages.... Les barrages sont consubstantiels à toute entreprise civilisatrice. Si les petits ouvrages prolifèrent dès le Moyen Age, notamment pour développer les petites industries artisanales le long des cours d'eau (moulins, tanneries, etc.), l'essor industriel du XIX^e siècle va changer profondément la donne. Aux multiples petits aménagements, s'ajouteront désormais des ouvrages de plus grande ampleur.

La montée en puissance de la construction de grands barrages se manifeste à partir de 1870, lorsque Gramme parvient à produire de l'électricité grâce à la force des cours d'eau. Depuis, environ 45 000 barrages ont été construits dans le monde. Sur ce total, le quart seulement est dédié à la production d'électricité (la moitié d'entre eux sert à l'irrigation des terres agricoles).



Bergeresse aval Vienne-les-Hatiers, juin 2006

Crédit photo : APSL

Dans le monde...

Selon les estimations de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, il existe 800 000 barrages dans le monde, dont environ 45 000 sont considérés comme des grands barrages (plus de 15 mètres de haut) : selon la Commission mondiale des barrages, 22 000 sont en Chine (45%), 6 575 aux Etats-Unis (14%), 4 291 en Inde (9%). Parmi ces grands barrages, 80% sont inférieurs à 30 mètres et 1% sont supérieurs à 100 mètres de hauteur. Le barrage des Trois Gorges en Chine est évidemment le plus démesuré. Le voici, présenté en quelques chiffres :

- Longueur du mur de béton barrant le fleuve : 2,3 km ;
- Hauteur : 185 m ;
- Volume stocké : 39 milliards de m³ ;
- Réservoir d'une superficie de 1084 km² s'étalant sur 600 km ;
- Superficie submergée : 632 km² dont 28 400 ha de terres cultivables et vergers ;
- Plus de 10 villes totalement submergées
- 1,9 millions de personnes expatriées ;
- Coût officiel : 24 milliards de dollars (estimations officielles prévoient le triple).
- Production : la centrale produira (en 2009) environ 84,7 TWh d'électricité par an. Il est entré officiellement en fonctionnement le 6 juin 2006.

En France...

Aujourd'hui, la France métropolitaine compte **522** grands barrages sur son territoire, qui représentent une capacité de 11 milliards de m³ d'eau.

Selon l'IFEN¹, 250 ouvrages (moyenne annuelle de 8,1) ont été édifiés en France entre 1955 et 1985, ce qui représente en moyenne environ 8 barrages construits chaque année au cours de ces 30 ans. Et depuis 1985, 78 grands barrages, seulement pourrait-on dire, ont été bâtis sur le territoire national, soit une moyenne d'environ 4 ouvrages par an.

La France se retrouve donc deuxième constructeur européen de barrages, après l'Espagne.

1) UN BARRAGE, COMMENT ÇA MARCHE ?

C'est un ouvrage artificiel, le plus souvent construit en béton armé, coupant le lit d'un cours d'eau. Il est établi à travers une vallée, à l'endroit qui présente un rétrécissement, dont la cuvette doit être géologiquement étanche. En effet, l'eau qui s'accumule dans cette cuvette constitue alors une réserve. Le volume d'eau contenu dans ce réservoir est appelé « la capacité ».

La capacité totale des lacs de barrage représente en France environ un mois d'écoulement moyen des fleuves et rivières du territoire (l'Espagne dispose de 6 mois d'écoulement moyen)¹.

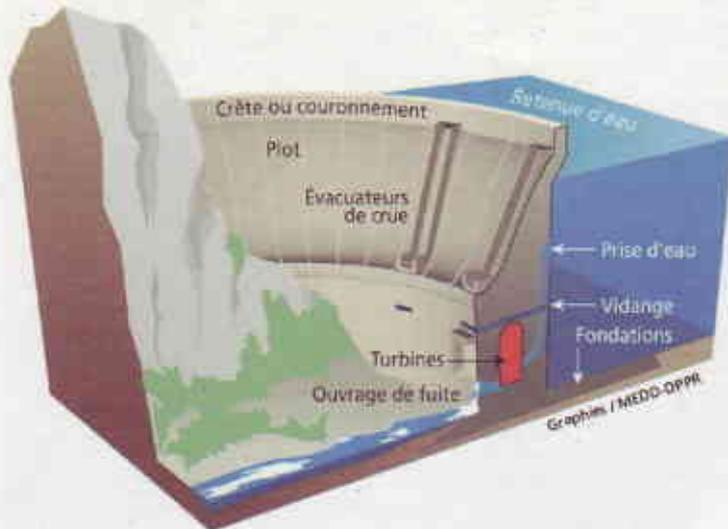
Le barrage, outre son corps principal, peut être complété par des annexes : évacuateurs de crues, vidanges de fond, prises d'eau, passes à poissons, turbine électrique...

L'autorisation de construire un nouvel ouvrage hydraulique est de la compétence de la police de l'eau et des milieux aquatiques, relevant de la compétence de l'Etat (cela concerne 400 barrages sur le territoire français).

¹ Données de l'environnement N°17 : « les lacs de grands barrages en France et en Europe ». Octobre 1995, IFEN.

2) DES BARRAGES DE TOUTES LES TAILLES !

- **Grand barrage :**



La Commission internationale des grands barrages (CIGB) définit les grands barrages comme tel : soit les ouvrages de plus de 15 mètres de haut ; soit les ouvrages mesurant entre 10 et 15 mètres de hauteur et pouvant contenir plus de 3 millions de m³ d'eau.

Néanmoins, en France, on considère fréquemment que les grands barrages sont ceux d'une hauteur supérieure à 20 mètres. Ils sont obligatoirement soumis au Comité technique permanent des grands barrages.

Source : http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/dossier_risque_rupture_barrage/lerisque_rupture.htm

Selon le Ministère de l'Industrie, l'énergie hydraulique fut pendant longtemps la seconde source de production d'électricité en France (représentant près de 15% de la production totale, avec une capacité de 70 TWh en année moyenne).

De manière générale, l'hydraulique n'a que modérément progressé depuis les années 1973, de telle sorte que sa part dans la production totale d'électricité s'est considérablement réduite, passant de 26% en 1973 à 10% en 2005.

En 2005, selon les données de l'observatoire de l'énergie, la production totale d'électricité était de 549,4 TWh. Elle se répartissait de la manière suivante :

- nucléaire : 78,3% ;
- thermique : 11,3% ;
- hydraulique : 10,2%**, correspondant à 56,2 TWh ;
- éolien et photovoltaïque : 0,2%.

- **Petit barrage :**

Aucune définition officielle n'en a été établie. On considère alors que les ouvrages inférieurs à 10 mètres de haut sont des petits barrages.

- **Micro-centrale hydroélectrique :**

Environ 1000 micro-centrales d'une puissance inférieure à 500 kW ont été édifiées en France. Elles fonctionnent comme les barrages, à la différence qu'elles brassent une quantité d'énergie moindre.

Leur puissance brute peut varier de quelques kW à 4 500 kW (à partir desquels une concession délivrée par décret en Conseil d'Etat est nécessaire). L'électricité qu'elles produisent est exclusivement revendue à EDF.

En 1997², on estimait à 1500 le nombre de micro-centrales d'une puissance brute inférieure à 4500 kW, dont 200 appartenant à EDF.

Il est nécessaire de rappeler que la production hydraulique représente 14% de l'électricité produite en France.

Mais l'essentiel (78%) de l'énergie consommée dans notre pays est liée au pétrole, au gaz et au charbon. En clair, l'énergie hydraulique représente 14% de 22%, autrement dit 3,1% de l'énergie que nous utilisons. Par conséquent, la micro-hydraulique ne représente que 0,15% de l'énergie utilisée en France.



*Microcentrale sur le Larrau, affluent du Saison (64)
Juillet 2006 - Crédit photo : Bernard Rousseau*

⇒ Voir à ce sujet l'article « Micro-centrales : menace ou fantasme ? » de la Lettre eau N°5 (juillet 1997)

- **Bassines ou retenues de substitution :**



*Charmé (17), avril 2005
Crédit photo : Philippe Josse, APPAPPA*

Ce sont des réserves que l'on établit au cœur des zones de grandes cultures afin, essentiellement, de soutenir l'irrigation. On creuse donc une large fosse, et avec les matériaux récupérés, on construit des digues. Le réservoir ainsi constitué est au-dessus du sol. Il est ensuite rendu étanche par la pose d'une « géomembrane ».

Généralement, elles sont alimentées par pompage dans la rivière ou dans la nappe en période hivernale. D'une capacité moyenne généralement comprise entre 200 000 et 400 000 m³. Les projets de construction de bassines prévoient souvent 5 ou 10 unités en même temps, du fait des réserves d'eau étant relativement modestes. Les impacts en sont alors autant multipliés que les mètres cubes accumulés.

⇒ Voir à ce sujet l'article « Des réserves d'eau pour le bassin de l'Autize : un projet de dupes ? » de la Lettre eau N°36 (septembre 2006)

² Voir la Lettre eau N°5, de juillet 1997.

- **Retenues collinaires :**

Un étang est créé artificiellement au niveau des dépressions entre des collines, ce qui permet la collecte des eaux de pluie et de ruissellement. Mais il peut être aussi alimenté par un ruisseau, ou par prélèvement dans une rivière ou par un pompage dans les nappes. Cette eau est également destinée en grande partie aux besoins de l'irrigation, et dans une moindre mesure aux besoins du tourisme (dans les zones de montagne, un nombre croissant de retenues collinaires servent au fonctionnement des canons à neige...).



Marc-Jérôme Hassid, Géoconfluences

⇒ Voir à ce sujet l'article « *Quête de l'or blanc : les milieux naturels de montagne payent le prix fort !* » de la Lettre eau N°29 (décembre 2004)

3) LES ARGUMENTS PRESENTES POUR JUSTIFIER LES BARRAGES

- **La production d'électricité** (c'est le cas pour 52% des barrages en France). L'eau fait tourner une turbine qui entraîne un générateur électrique. Le courant ainsi produit peut être acheminé vers les utilisateurs. Les barrages hydroélectriques fournissent 14% de la production d'électricité française (source majeure voire essentielle de la production d'énergie renouvelable)³.
- **L'alimentation en eau.** C'est une réserve d'eau qui pourra être utilisée pour faire de l'eau potable.
- **Le soutien d'étiage.** Les barrages permettent de réalimenter la rivière sur les kilomètres à l'aval, en période de sécheresse.
- **L'irrigation** qui bénéficie du soutien d'étiage.
- **La régulation des crues.**
- **D'autres usages comme les loisirs** puisque les plans d'eau sont souvent utilisés comme bases nautiques.
- **La navigation.**
- **L'amélioration de la qualité de l'eau, par dilution des pollutions.**

Ces usages peuvent être cumulés pour un même ouvrage, comme le montre le barrage de Villerest sur la Loire qui joue un rôle de soutien d'étiage, qui produit de l'électricité, qui écrête les crues et sur lequel du tourisme nautique est pratiqué.

Ce sont des barrages dits « multifonctions », dont l'exploitation est particulièrement complexe. A titre d'exemple, il ne faut pas remplir le barrage en hiver pour lui permettre le

³ Voir les Lettres au N°5 et 28 à ce sujet.

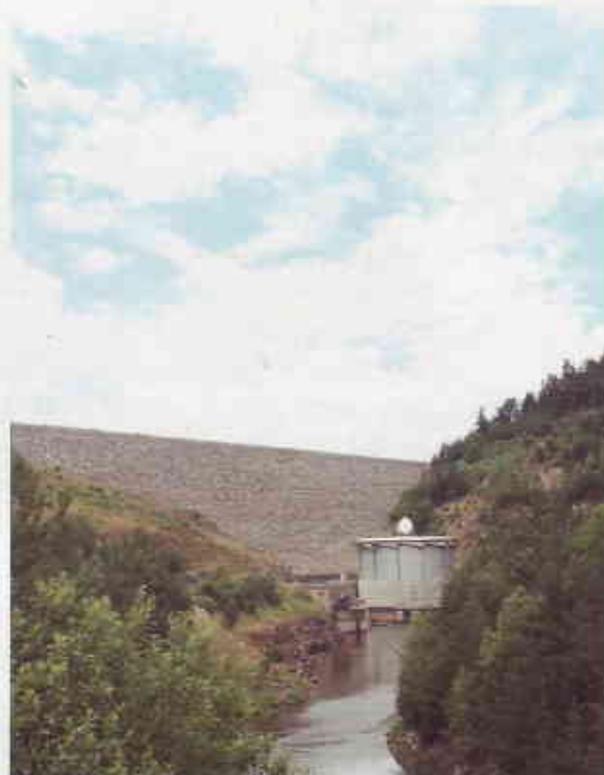
cas échéant de réguler les crues... Mais le remplir suffisamment au printemps pour assurer le soutien d'étiage estival. Avec les dérèglements climatiques, la gestion de tels ouvrages tient de l'impossible.

De plus en plus de barrages existants sont transformés au fil du temps en ouvrage « multifonctions ». Lorsqu'un usage de l'eau d'intérêt majeur le justifie, le barrage peut faire l'objet d'un débit affecté à un usage particulier, afin de prioriser un type d'usage (ex : l'alimentation en eau potable) sur les usages concurrents.

Quelques précisions...

L'année 2005, comme l'année 2003, a été marqué par une sécheresse hivernale et estivale (déficits de pluies efficaces en hiver comme en été). Cette situation a amené certains à promouvoir la construction de nouveaux barrages, pour faire du soutien d'étiage⁴. Cependant, il faut garder de la prudence face à ce type d'arguments. Prenons l'exemple du barrage de la Trézence : un arrêt du Conseil d'Etat⁵ a enterré le projet de construction de ce barrage en remettant en cause le caractère d'utilité publique de l'ouvrage. La raison invoquée est que la somme des inconvénients l'emporte sur les avantages résultant du barrage.

Un argument de justification du barrage était qu'il favoriserait le développement des huîtres dans le bassin de Marennes-Oléron. Mais, selon le Conseil d'Etat, cet argument était fallacieux : « L'augmentation de la production d'huîtres du fait de l'existence du barrage demeure aléatoire et serait d'une très faible importance. [...] En revanche, le coût de l'opération, évalué à 67 millions d'euros, est élevé ».



Barrage de Naussac à l'aval, 2006
Crédit photo : Bernard Rousseau

Restons donc vigilants vis-à-vis des sollicitations accrues en terme de ressources en eau, formulées principalement par la minorité d'agriculteurs qui se sont voués à des cultures irriguées, très gourmandes en eau (comme le maïs). Alors que l'enjeu se situe aujourd'hui plus que jamais dans le respect des milieux naturels aquatiques, de leur vie faunistique et floristique, les prélèvements sur la ressource en eau par les différents usagers (particuliers, industriels, agriculteurs...), doivent être équitables et mesurés, tout en laissant suffisamment d'eau dans l'écosystème aquatique pour que celui-ci reste viable. Nous devons tous apprendre à maîtriser notre consommation d'eau d'autant que les épisodes de sécheresses se succèdent, que la qualité des eaux se dégrade, que les milieux naturels aquatiques sont de plus en plus perturbés... Il est primordial d'adapter les besoins en fonction des ressources disponibles et non l'inverse !

⁴ « Pendant les périodes de basses eaux (étiage), on utilise les volumes d'eau stockés dans les retenues pendant l'hiver pour augmenter artificiellement le débit naturel de la rivière. Le soutien d'étiage permet notamment de maintenir la navigation en été ». Voies Navigables de France : www.vnf.fr

⁵ CE, 22 octobre 2003, n° 231953, Association SOS Rivières et environnement, Parti « les Verts Poitou-Charentes, Association nationale pour la protection des eaux et rivières-TOS.

⇒ Voir à ce sujet l'article « Trézence, un barrage reconnu d'inutilité publique » de la Lettre eau N°12-13 (avril 2000)

4) A CONSTRUIRE AVEC UNE TRES GRANDE MODERATION !

Les barrages sont source de polémiques, car ces grands travaux ont une incidence très marquée sur le paysage, l'espace social humain et les écosystèmes qu'ils investissent.

Voici les principales conséquences des barrages, néfastes pour l'environnement :

- En amont du barrage

- la zone occupée par le réservoir est donc submergée : la faune et la flore qui vivaient dans ce secteur se retrouvent donc anéantie par ce changement d'habitat. Par ailleurs, lorsqu'il existe des personnes vivant dans ces secteurs, elles devront quitter les lieux et être expropriées. Dans le cas des grands barrages, à l'étranger, ces déplacements de population peuvent être gigantesques (presque 2 millions de personnes en Chine pour le seul barrage des Trois Gorges)
- l'eau, qui était courante, devient alors stagnante
- la route des poissons migrateurs est coupée, ce qui les condamne la survie de l'espèce par impossibilité d'accéder aux frayères⁶
- l'eutrophisation⁷ est accentuée dans la retenue d'eau
- L'évaporation est de l'ordre de 1 à 4 litres/secondes/hectare
- De nombreux polluants s'accumulent dans les sédiments : ils forment la charge interne contenant notamment du phosphore, qui dans certaines conditions, favorise l'eutrophisation de la retenue



Juillet 2006 - Crédit photo : APSL

- En aval du barrage

- le régime hydrologique est très fortement modifié
- la dynamique de fonctionnement des crues et les zones humides est perturbée
- la température de l'eau rejetée par le barrage sera basse, et donc préjudiciable au milieu ; d'autant plus qu'elle sera désoxygénée du fait de l'eutrophisation dans la retenue

⁶ Lieux où les poissons fraient, c'est-à-dire où la femelle dépose ses œufs, où le mâle les arrose de laitance pour les féconder (définition du Petit Larousse 200).

⁷ Enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates, phosphates...), entraînant des déséquilibres écologiques tels que la prolifération de la végétation aquatique, ou l'appauvrissement du milieu en oxygène (Définition du Petit Larousse 200).

- le transport solide (sable, alluvions, limons...) est interrompu, donc le profil longitudinal d'équilibre de la rivière est modifié. En conséquence, les ouvrages comme les seuils de pont auront tendance à creuser le lit de la rivière.
- les lits des cours d'eau s'enfoncent, car les sédiments sont charriés toujours plus loin, sans être remplacés par des apports de l'amont.
- les vidanges décennales des ouvrages de plus de 20 mètres de haut⁸ sont particulièrement dangereuses pour l'homme et son environnement⁹.
- Les ouvrages à l'aval suppriment toutes les crues petites et moyennes, ce qui modifie l'équilibre écologique du milieu

⇒ Voir à ce sujet l'article « Aménagements hydroélectriques et risques » de la Lettre eau N°30 (mars 2005)

5) LES POISSONS ET LES BARRAGES FONT SOUVENT MAUVAIS MENAGE

Les caractéristiques des migrations sont très variables selon les espèces, ce qui induit qu'elles soient touchées différemment, mais de façon inéluctable, par les obstacles sur leur route. A titre d'exemple, certains poissons effectuent un long trajet migratoire (comme les saumons et les anguilles), et d'autres connaissent une migration moins importante (comme les truites, les brochets, ...). D'autre part, certaines espèces sont dites « thalassotoques », c'est-à-dire qu'elles se reproduisent dans les cours d'eau pour évoluer, adultes, dans la mer : c'est le cas des saumons. Le trajet inverse est effectué par les anguilles, qui sont, elles, « potamotoques », c'est-à-dire qu'elles se reproduisent dans la mer pour évoluer ensuite dans les eaux douces.

« Il [un dispositif de franchissement] bloque automatiquement une partie des poissons (un rendement de 80% sur un barrage semble bon, mais signifie qu'il n'y a plus guère de poissons qui parviennent à l'amont du cinquième obstacle !), il retarde les migrations des poissons qui n'ont parfois qu'une brève fenêtre (débit et températures favorables) pour effectuer leurs déplacements »¹⁰. Par ailleurs, ces équipements sont souvent inadaptés à certaines espèces comme l'esturgeon et l'anguille.



Saumon qui tente de franchir le barrage de Navarrenx sur le Gave d'Oléron

Crédit photo : Francis Jalibert

⁸ Cette vidange a été imposée suite à la rupture du barrage de Malpasset en 1959 qui causa 423 morts et disparus, en déversant 50 millions de mètres cubes d'eau dans la vallée et jusqu'à la mer.

⁹ Une augmentation soudaine du débit implique une perturbation des espèces benthiques, un déplacement des sédiments et une dérive des espèces colonisant le lit. Cela peut également endommager la végétation ripicole (qui vit sur les pierres).

¹⁰ Newsletter N°168 de Sea-River, juillet-août 2005 : <http://sea-river.com>

Pour tenter de rendre écologique ces ouvrages sur les cours d'eau accueillant des espèces piscicoles migratrices, le législateur a établi une obligation¹¹ d'assurer la circulation des poissons migrateurs à la montée des cours d'eau ainsi qu'à la dévalaison. Cela se concrétise par la construction de dispositifs de franchissement du barrage (appelés « passes à poissons »), permettant normalement à toutes les espèces migratrices présentes dans le cours d'eau de se déplacer librement vers l'aval ou vers l'amont, afin de rejoindre les zones de croissance des adultes et les zones de frayères.

Certains cours d'eau à forte valeur patrimoniale sont classés « réservés », ce qui signifie qu'ils sont alors protégés de toute nouvelle construction, et que les ouvrages préexistants ne peuvent augmenter la hauteur de chute du barrage (article 2 de la loi du 16 octobre 1919 relative à l'utilisation de l'énergie hydroélectrique).

En pratique, ces équipements compensateurs sont rarement très efficaces. Le nouvel objectif de bon état écologique des eaux européennes implique nécessairement que l'obligation de transparence écologique assignée aux barrages par le passé soit étendue à toutes les espèces vivantes dans les milieux aquatiques, et que l'obligation de libre passage soit désormais appréciée comme une obligation de résultat, et non comme une simple obligation de moyens. Entre les effets d'annonce et les dures réalités de terrain, le caractère fonctionnel de ces équipements laisse en effet très souvent à désirer.

Les structures qui permettent aux poissons de franchir les barrages sont de deux types¹² :



*A droite : Echelle à poissons de la microcentrale à Navarrenx (64), sur la rivière Gave d'Oloron
Juillet 2006
Crédit photo : Bernard Rousseau*

- **Les structures de montaison**

Ce sont par exemple des échelles à poisson ; des ascenseurs à poisson ; des passes à bassin ; des passes à ralentisseurs ; des rivières artificielles.

Un poisson qui arrive à la base de l'échelle s'engagera dans la passe. Arrivé devant le déflecteur perpendiculaire, dont le fonction est de casser le courant, il pourra se reposer devant et ainsi remonter de déflecteur en déflecteur en haut du barrage.

- **Les structures de dévalaison**

Certains poissons, comme le saumon, qui se reproduisent en rivière mais qui vivent en mer doivent quitter les zones de frayères pour retrouver la mer. Ils devront alors passer de l'amont des barrages à l'aval sans dommages. De ce fait, sur les barrages, des dispositifs ont été mis en place pour permettre aux petits poissons en dévalaison

de franchir l'obstacle sans passer par les turbine de production électriques.

⇒ Voir à ce sujet les articles suivants :

¹¹ sous l'article L. 432-6 du code de l'environnement.

¹² Pour une description plus détaillée et illustrée :

http://www.ecologie.gouv.fr/emediat/article.php3?id_article=101&date=2005-04

- « Le saumon » de la Lettre eau N°1 (mars 1996)
- « Débits et rivières réservés » de la Lettre eau N°30 (mars 2005)
- « Le Rhin, entre écologie et économie » de la Lettre eau N°21-22 (janvier 2003)
- « Le plan Loire, pour en finir avec les barrages » de la Lettre eau N°21-22 (janvier 2003)

6) LES BARRAGES REGLEMENTES

« ... Tout projet de barrage devrait être une opération transparente, où l'utilité de l'ouvrage serait clairement démontrée, les bénéficiaires à en attendre et les bénéficiaires obligatoirement désignés, et les vrais financeurs démocratiquement informés.

Les inconvénients de l'ouvrage devraient être appréciés globalement, en intégrant le temps et du point de vue du développement durable. Les financeurs étant les citoyens, la capacité de création d'emplois durables, surtout après la réalisation, devrait être déterminée et confrontée au coût de l'ouvrage.



Barrage de Poutès-Monistrol d'Allier
René Danière

L'étude d'impact et l'enquête publique devraient être utilisées pour faire participer le citoyen au débat, faire émerger les questions cachées, examiner la qualité des réponses, en un mot, être une phase de validation ou de rejet du projet. Bien entendu, une telle procédure serait vivante, et n'aurait rien à voir avec les enquêtes publiques actuelles, presque inutiles, et stagnantes comme l'eau des retenues. Avec la mise en œuvre de ces idées, ce serait la démocratie vivante : la fin des barrages ».

⇒ Voir l'édito « Pour une eau vivante : la fin des barrages ? » de la Lettre eau N°2 (mars 2005) dans son intégralité

Les barrages subissent une réglementation qui leur impose certaines mesures de préservation du milieu naturel.

- **Les débits réservés :**

L'article L. 432-5 du code de l'environnement impose aux constructions qui barrent les eaux de laisser passer un débit minimal biologique, de nature à permettre d'assurer la préservation de la vie, de la circulation et la reproduction des espèces.

- **Les études d'impact :**

Les grands barrages doivent en fournir une de manière obligatoire depuis 1977.

- **Les contrats de plan Etat-Région :**

Un certain nombre d'entre eux traitent notamment de mesures de reconquête des rivières en faveur des grands migrateurs.

- **Les SDAGE et SAGE :**

Voici l'exemple du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux dans le bassin Loire Bretagne :

« Il convient de limiter strictement la construction, d'apprécier l'opportunité du maintien ainsi que d'aménager la gestion des seuils, barrages, et d'une façon générale de tout obstacle dans le lit, tant pour limiter les ralentissements de l'écoulement nuisibles à la qualité des eaux (envasement, eutrophisation) que pour permettre la libre circulation dans l'eau et sur l'eau. La réalisation de tels ouvrages, lorsqu'ils ont une importance significative, en regard des intérêts visés à l'article 2 de la loi sur l'eau du 3 Janvier 1992, n'est envisageable que dans le cadre des procédures de déclaration d'intérêt général ou d'utilité publique. La construction d'un plan d'eau peut être préjudiciable à l'environnement à cause des modifications de la qualité de l'eau et de la dynamique des cours d'eau qu'elle occasionne ».

- **Les cours d'eau classés :**

Le code de l'environnement à travers l'article L.432-6 pose le principe de la libre circulation des poissons migrateurs.

Les ouvrages existants sur ces cours d'eau sont donc normalement soumis à l'obligation de mise en conformité. Cet article définit les obligations pour les ouvrages existants et les aménagements des obstacles pour tout ouvrage futur.

Le classement d'un cours d'eau au titre de cet article, accompagné d'une liste des poissons migrateurs, permettent d'assurer la mise en œuvre de mesures favorisant la libre circulation et la protection de ces espèces patrimoniales.

Par ailleurs, dans les nouveaux SDAGE en révision, plusieurs cours d'eau font partie du registre des zones protégées, conformément à la DCE. Ce sont les cours d'eau désignés au titre de la Directive 78/659/CEE du conseil, du 18 juillet 1978, concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons.

- **La Directive-Cadre sur l'Eau :**



Gave d'Oloron à Gurs (64)
Crédit photo : Bernard Rousseau

L'Europe fixe comme objectif prioritaire d'atteindre le bon état des eaux d'ici 2015. Les barrages, dans cette optique, doivent largement prendre en compte le respect des milieux naturels aquatiques et de la ressource en eau, aussi bien en qualité qu'en quantité.

De ce fait, des améliorations sont constatées grâce à une meilleure gestion des barrages :
« Sur les secteurs où les barrages sont rendus franchissables, où les frayères sont restaurées et les stocks soutenus par des alevinages, les populations de poissons

migrateurs se reconstituent. Par exemple, les grands fleuves comme la Garonne, la Dordogne, l'Adour, la Loire et le Rhin retrouvent des populations de saumon atlantique qui étaient proches de l'extinction il y a dix ans »¹³.

Soulignons néanmoins que ces mesures compensatoires aux impacts sur l'environnement représentent des coûts très élevés ; mesures et coûts qui n'ont bien souvent pas été pris en compte lors de l'évaluation financière et de la construction du barrage.

Par ailleurs, ces efforts demeurent limités et ne permettront jamais de retrouver, entre autres, la faune piscicole d'origine en quantité et en qualité.

⇒ Voir l'article « DCE : les barragistes s'opposent au bon état écologique des eaux » de la Lettre eau N°33 (décembre 2006)

• La continuité écologique

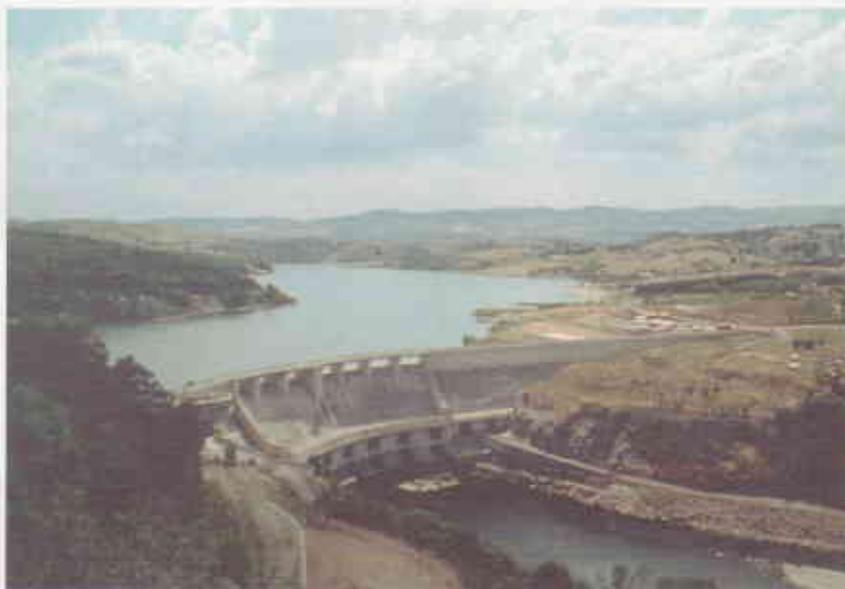
Les barrages sont astreints à l'obligation de continuité écologique, inscrite dans la directive cadre sur l'eau.

Cela signifie qu'un débit minimal doit garantir la vie, la circulation et la reproduction de toutes les espèces colonisant les milieux concernés (notamment dans le cadre de programmes publics de restauration écologique) et non uniquement de celles qui vivent dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage, ou des espèces dites « migratrices ».

Par ailleurs, pour respecter la définition légale de la continuité écologique, il est primordial de garantir le transport **naturel** suffisant des sédiments et la circulation **sans entrave artificielle** des espèces aquatiques.

Par conséquent, sur les cours d'eau qui ne sont pas classés actuellement à grands migrateurs, lorsque aucun usage ne justifie le cloisonnement, la fragmentation ou l'artificialisation des milieux, la DCE demande de restaurer la continuité des milieux à la fois longitudinalement et latéralement avec les annexes hydrauliques.

En effet, tout ouvrage impacte significativement le fonctionnement des cours d'eau, ces derniers étant ainsi classés en Masses d'Eau Fortement Modifiées (MEFM) ou Masses d'Eau Artificielles (MEA). Par conséquent, dans ces milieux, toute présence d'ouvrage ne permettra pas d'atteindre le bon état, mais d'atteindre le bon potentiel, notion qui reste encore à définir précisément. C'est pourquoi tout classement en MEFM ou MEA doit être motivé et justifié.



Barrage de Villerest (42), mai 2001
Crédit photo : Agence de l'eau Loire Bretagne

¹³ Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable : www.ecologie.gouv.fr

⇒ Voir l'article « Energies renouvelables et environnement. Un cas d'école : le barrage de Poutes-Monistrol » de la Lettre eau N°28 (septembre 2004)

7) LES BARRAGES EFFACES DU PAYSAGE

« Dans la plupart des cas, ces ouvrages [de petits barrages, construits au début du 20^{ème}, qui arrivent en fin de concession hydroélectrique] sont équipés de matériel ancien, au fonctionnement peu souple. Ils ne sont pas conformes aux réglementations sur la libre circulation des poissons ou sur l'évacuation des crues. Leurs retenues sont souvent comblées, totalement ou partiellement par des vases plus ou moins toxiques. Et enfin, ils sont devenus dangereux, du fait du vieillissement des maçonneries. En conséquence, tout renouvellement de l'autorisation d'exploitation nécessitera la mise en conformité de l'ouvrage, qui elle, à l'inverse des bonnes intentions, conduira à des investissements parfois considérables, sans rapport avec les bénéfices à en attendre, et ceci malgré l'obligation de rachat par EDF, à un prix élevé, du courant produit ».

Le principe de réversibilité des aménagements implique qu'un barrage, si ses justifications énergétiques et économiques ne sont plus vérifiées, puisse être démantelé. En effet, l'Etat accorde des concessions de service public¹⁴, ou des autorisations¹⁵, pour utiliser l'énergie hydraulique sur le territoire, et ce pour une durée limitée (en adéquation avec la loi du 16 octobre 1919). Au terme de cette période d'exploitation, la concession ou l'autorisation peut-être renouvelée, éventuellement sous une forme révisée : il faut alors actualiser la « balance » des avantages socio-économiques ainsi que des inconvénients de tous ordres, et notamment les désordres environnementaux qui sont induits par l'ouvrage et son mode de fonctionnement. Selon que ce bilan est acceptable ou non, l'Etat renouvelle la concession ou y met un terme. Dans cette seconde option, la destruction du barrage peut être décidée.

Les grands barrages effacés :

- Kernansquillec sur la rivière du Léguer (Côtes d'Armor) en 1996
- Saint Etienne du Vigan sur l'Allier (Haute Loire) en 1998
- Maisons-Rouges sur la Vienne (Indre-et-Loire) en 1998



*Kernansquillec avant son arasement.
Crédit photo : Agence de l'eau Loire Bretagne*

¹⁴ Les concessions s'appliquent aux ouvrages de plus de 4500 kW.

¹⁵ Les autorisations s'appliquent aux ouvrages de moins de 4500 kW.

Ces entreprises récentes de destruction d'ouvrage constituent le symbole de l'émergence d'une nouvelle culture de l'eau, et d'une plus grande complicité avec les éléments naturels. Cette évolution résulte pour l'essentiel du combat contre l'aménagement de barrages sur le dernier fleuve sauvage d'Europe, la Loire, durant la décennie 1990.

Aujourd'hui, 95 % des barrages de toute dimension aménagée sur les cours d'eau sont dépourvus de toute justification contemporaine. L'usage initial qui avait présidé à leur aménagement a bien souvent disparu (ex : les moulins à eau), et un vaste effort de réflexion devrait être engagé pour les éradiquer à défaut d'utilité future, ou les aménager pour réduire leurs impacts environnementaux.

A titre d'exemple, en Seine Normandie, le nombre d'ouvrages hydrauliques est estimé à 8000. Parmi les ouvrages renseignés (environ 4300), 28% sont considérés comme franchissables par les poissons migrateurs, 27% ne le sont que temporairement, tandis que 45% s'avèrent infranchissables. Or, sur ces 8000 ouvrages, moins de 500 (soit 5% d'entre eux) ont un usage économique défini¹⁶.

Un vaste chantier à mener, dans le calendrier imposé par la directive cadre d'ici 2015.

⇒ Voir l'article « Pour la reconquête des eaux vivantes : trois barrages de moins » de la Lettre eau N°3 (janvier 1997)

8) LES BARRAGES PROJETES NON REALISES

⇒ Voir les articles « Barrage sur la Loire, la mémoire courte ! » et « Plan Loire, pour en finir avec les barrages ? » de la Lettre eau N°21-22 (janvier 2003)

*** Chambonchard, sur le Cher :**

⇒ Voir les articles suivants :

- « Chambonchard : un barrage à volume et à coût variables » de la Lettre eau N°2 (juin 1996)
- « Chambonchard : une faiblesse congénitale » de la Lettre eau N°10-11 (avril 1999)

¹⁶ Source : état des lieux du bassin Seine Normandie.

LE POINT DE VUE DE FNE

⇒ Voir à ce sujet les articles suivants :

- « Pour une eau vivante : la fin des barrages ? » de la Lettre eau N°2 (juin 1996)
- « Rapport de la Commission Mondiale des Barrages : les clés d'un développement soutenable, équitable et durable » de la Lettre eau N°17-18 (mars 2002)
- « Les nuisances des barrages dans le détail » de la Lettre eau N°2 (juin 1996)

1) DESTRUCTION DES EAUX VIVES

L'eau qui s'accumule sur des dizaines de mètres à l'amont du barrage est stagnante, de ce fait, les espèces animales et végétales inféodées aux eaux courantes disparaissent. C'est le cas pour les espèces salmonicoles dont les frayères se trouvent détruites parfois sur plusieurs dizaines de km. En outre, à partir des eaux stagnantes de retenues, des espèces extérieures pourront s'implanter plus facilement et se développer dans les milieux d'eaux vives au détriment des espèces indigènes. On assiste globalement à une modification et une homogénéisation des milieux, ce qui appauvrit la biodiversité.

2) LES RETENUES, ZONES D'ACCUMULATION DES SEDIMENTS

Au moment des pluies, et surtout en automne et en hiver, le bassin versant est lessivé et une partie des matières produites, soit naturellement pendant la période végétative, soit artificiellement par les activités industrielles, urbaines et agricoles, ira s'accumuler dans la retenue, là où la vitesse du courant est extrêmement faible et favorise la sédimentation des matières en suspension, sur lesquelles peuvent se fixer de nombreux polluants. Ces matériaux constituent la « charge interne » de la retenue. Ceci a plusieurs effets avec le temps : réduction du volume de la retenue ; concentration des pollutions et interruption du transport solide dans la rivière à l'aval du barrage avec pour conséquence une modification du profil d'équilibre du lit sous l'action de l'érosion progressive (préjudiciable à la stabilité des ouvrages comme les ponts).

3) PERTE DE QUALITE DES EAUX DE RETENUE

• L'eutrophisation

Les retenues recueillent des eaux stagnantes, et la très grande profondeur ne favorise pas la pénétration de l'oxygène de l'air jusqu'aux sédiments accumulés sur le fond. Cela favorise la remise en circulation de certains éléments chimiques contenus dans les vases (dont le phosphore qui à son tour entraînera le développement des végétaux). Si les quantités de phosphore sont excessives, alors le développement végétal deviendra lui aussi excessif, la biomasse sera principalement constituée par des algues microscopiques en suspension, souvent de couleur verte, et dont l'aspect évoque de la peinture. Ce phénomène est désigné par le terme « eutrophisation ». En surface, les algues se développent sur une épaisseur de plusieurs mètres, opacifiant complètement la tranche d'eau où le taux d'oxygène dissous et le pH du milieu subissent des variations importantes entre le jour et la nuit (alternance entre la

photosynthèse et la respiration de la végétation), ce qui est préjudiciable pour les autres espèces et entraîne une réduction importante du pouvoir épurateur de tout le système.

D'une manière générale, les usages de l'eau seront affectés par l'eutrophisation :

baignade interdite dans des eaux complètement opaques avec des algues qui pourront être urticantes ; colmatage des filtres des unités de production d'eau potable et mauvais goût de l'eau généré par les algues ou par leur décomposition...

Barrer une rivière revient à amplifier le phénomène d'eutrophisation : les eaux stagnantes étant 10 à 15 fois plus sensibles que les eaux courantes.



*Barrage de Villerest (42) : eutrophisation de l'eau
Crédit photo : Nature Centre*

• La dystrophisation

Ce mauvais fonctionnement d'un milieu naturel résulte généralement de la conjonction de plusieurs phénomènes, les uns naturels, les autres artificiels et introduits par l'activité humaine. Dans le cas d'un enrichissement excessif en substances nutritives dissoutes dans l'eau, on parle alors de « dystrophisation ». C'est l'état extrême de l'eutrophisation, qui se traduit par la mort des organismes animaux et végétaux supérieurs.

Les organismes aérobies¹⁷ meurent dans les couches les plus profondes, en libérant du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄), de l'azote et du phosphore qui vont encore enrichir le milieu et accélérer le processus qui va alors s'auto-entretenir (une partie de l'azote s'évapore, mais le phosphore reste mobilisable dans l'eau et entretient la dystrophisation).

On observe alors une différence de plus en plus marquée entre les eaux proches de la surface, très oxygénées, et les eaux profondes, totalement désoxygénées et non éclairées. Dans ces profondeurs, la vie disparaît peu à peu : les espèces animales et les bactéries aérobies meurent asphyxiées. Au bout d'un certain temps, seules les bactéries anaérobies¹⁸ survivent dans ce milieu dépourvu d'oxygène : elles se multiplient et provoquent la fermentation de toute la matière organique accumulée, libérant des gaz nauséabonds (hydrogène sulfuré H₂S et ammoniac NH₃) ainsi que du méthane (CH₄).

¹⁷ Qui ont besoin d'oxygène pour vivre.

¹⁸ Qui n'ont pas besoin d'oxygène pour se développer et vivre.

• Le développement des cyanobactéries

Depuis quelques années, on observe, notamment sur de nombreux plans d'eau, des proliférations d'algues phytoplanctoniques, tout spécialement en été, car les conditions d'ensoleillement et de température sont favorables à leur développement.

La prolifération des algues bleues est la conséquence d'une teneur excessive en nutriments. Par ailleurs, ce développement de cyanobactéries excessive en été est du à un apport excessif de matières organiques le reste de l'année, amplifié par la prolifération de plans d'eau, qui ralentissent les courants et amoindrissent l'oxygénation des eaux.

C'est lorsqu'elles prolifèrent que les cyanobactéries peuvent devenir dangereuses. Elles se développent grâce à leur capacité d'adaptation et à leur compétitivité par rapports aux autres micro-organismes, particulièrement dans des milieux eutrophisés. Les densités peuvent devenir extrêmement élevées ; plusieurs milliards de cellules par litre, ce qui donne à l'eau cet aspect coloré.

Un plan d'eau eutrophisé, calme, chaud et ensoleillé en plein été est un milieu idéal pour la prolifération des cyanobactéries.

Il existe donc des risques sanitaires par l'intermédiaire des aliments, de l'eau de boisson ou encore des activités de loisirs (baignade et autres activités nautiques).

La mise en évidence de plus en plus importante de toxines produites par certaines d'entre elles, a conduit le Ministère chargé de la santé¹⁹, à définir les modalités de surveillance et de gestion des eaux de loisir affectées par des efflorescences²⁰. Des interdictions de baignade ou de pêche à pieds peuvent être prises, elles doivent être impérativement respectées.

⇒ Voir à ce sujet:

- *la fiche pratique d'Eaux & Rivières de Bretagne*
- *A noter qu'ERB a également consacré un dossier complet dans sa revue n° 128 (été 2004)*
- *La Bretagne étant particulièrement concernée, vous pouvez également consulter le dernier suivi sanitaire des cyanobactéries en eau douce (2005), établi par la DRASS Bretagne*
- *Un colloque sur le thème des cyanobactéries, organisé par l'Agence de l'Eau Adour Garonne en partenariat avec les services de l'Etat (DRASS Midi Pyrénées, DIREN Midi Pyrénées et MISE Lozère), s'est tenu le 2 juin 2006 à Florac en Lozère. Vous pouvez accéder aux échanges et présentations en cliquant ici.*

4) LES VIDANGES DES GRANDS BARRAGES

Pour des questions de sécurité, les barrages sont vidés tous les 10 ans : ainsi le mur, les vannes et les infrastructures pourront être contrôlés. Mais lors de cette opération, une partie de la matière accumulée au droit du barrage et dans la retenue, sera transférée à l'aval. Elle ira polluer et colmater la rivière entraînant, d'une part, la mort des êtres vivants (microfaunes, poissons, végétaux), d'autre part, la pollution des prises d'eau potable. A titre d'exemple, la

¹⁹ Circulaire du 5 juillet 2005, en s'appuyant sur les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF).

²⁰ Augmentation très rapide de la concentration d'une (ou de quelques) espèce(s).



vidange du barrage de Grangent sur la Loire en 1967 a contaminé les eaux de la ville de Blois située à plus de 400 km à l'aval. Dans ce barrage, plus d'1 million de m³ de matériaux pollués sont à l'heure actuelle accumulés et il n'y a pas de solution réaliste, techniquement et économiquement parlant, à leur élimination.

*Vidange d'un lac de barrage
Crédit photo : Agence de l'eau Loire
Bretagne*

5) OBSTACLES A LA LIBRE CIRCULATION DES POISSONS

Dans les rivières, les êtres vivants effectuent des migrations partielles sur de longues distances, soit pour coloniser le milieu, soit pour se reproduire. Par exemple, le déplacement des castors et des loutres. Ou encore, en ce qui concerne les poissons, recherche de zones de reproduction appropriées, ou d'une température d'eau plus fraîche ; ou pour les migrateurs amphihalins, la nécessité de retrouver leurs zones de reproduction dans les parties hautes des rivières ou dans les océans.

6) MODIFICATION DES DEBITS DES RIVIERES

Quand un barrage est vide, l'opération de remplissage nécessitera de retenir une partie de l'eau, ceci entraînera à l'aval de l'ouvrage une réduction du débit. Si le barrage a pour fonction le soutien d'étiage en été pour satisfaire des intérêts agricoles, il ne pourra être rempli que l'hiver.

Si une grande sécheresse sévit durant plusieurs années, il n'y aura pratiquement pas plus d'eau en hiver qu'en été. Le remplissage du barrage ne pourra qu'aggraver à l'aval les basses eaux d'automne, d'hiver et de printemps. A l'inverse, les débits d'été pourront être supérieurs.

7) DANGER A L'AVAL DES BARRAGES

Les variations de débit occasionnées par un barrage peuvent être considérables. De plus, étant artificielle, la montée des eaux est imprévisible. Une rivière barrée est plus dangereuse qu'une rivière naturelle. L'ouverture d'un barrage peut multiplier le débit d'un cours d'eau par 50. C'est d'ailleurs pour cette raison que des panneaux jaunes signalent « il est dangereux de s'aventurer dans le lit du cours d'eau, le niveau de l'eau pouvant monter brutalement à tout moment ».

Ainsi l'impact social d'un barrage est considérable : après avoir conduit à l'expropriation de certains habitants pour l'implantation de l'ouvrage et de sa retenue, il introduit un élément d'inquiétude dans le paysage. Aller à la rivière est pourtant une chose naturelle, légitime, inscrite dans l'inconscient collectif, et les petites pancartes de mise en garde contiennent une belle entrave à la liberté des hommes et des rivières.

Panneau de prévention des dangers encourus aux abords des barrages. Il y est écrit : « Il est dangereux de s'aventurer dans le lit de ce cours d'eau ou sur les îles et bancs de graviers, l'eau pouvant monter brusquement et à tout moment par suite du fonctionnement des usines hydroélectriques et des barrages ».
Crédit photo : Bernard Rousseau



QUELQUES BARRAGES QUI FONT COULER DE L'ENCRE

CONTESTATION ASSOCIATIVE :

⇒ Voir à ce sujet les articles suivants :

- « Pour une eau vivante : ne plus usiner le monde ! » de la Lettre eau N°3 (janvier 1997)
- « La marche pour l'eau vivante : une vraie réussite ! » de la Lettre eau N°24 (septembre 2003)
- « Le débat public sur le barrage de Charlas, c'est fini ! » de la Lettre eau N°26 (mars 2004)

ADOUR – GARONNE :

• Charlas

⇒ « Charlas : un barrage coûteux et inutile » de la Lettre eau N°2 (juin 1996)

⇒ « Charlas : le projet de trop » de la Lettre eau N°25 (décembre 2003)

Site du débat public

<http://www.debat-public-charlas.com/accueil.php>

• Trézence

⇒ « Trézence : un barrage reconnu d'inutilité publique » de la Lettre eau N°12-13 (avril 2000)

Article d'UFC-Que Choisir sur ce barrage :

http://www.legrandsoir.info/article.php3?id_article=1649

• Eslourenties

⇒ « Eslourenties : Adour Garonne, terre de barrages... » de la Lettre eau N°17-18 (mars 2002)

Article de Politis :

<http://www.politis.fr/article224.html>

Communiqué de presse du WWF :

<http://www.wwf.fr/pdf/CP%20Eslourenties-AnnulationCE.pdf>

LOIRE - BRETAGNE :

• Chambonchard

⇒ « Chambonchard : un barrage à volume et à coût variables » de la Lettre eau N°2 (juin 1996)

⇒ « Chambonchard : une faiblesse congénitale » de la Lettre eau N°10-11 (avril 1999)

Dossier de Rivernet sur le projet et son historique

<http://www.rivernet.org/loire/chambon.htm>

- **Naussac**

Le site officiel de l'établissement public Loire :

<http://www.eptb-loire.fr/naussac/index.asp>

Site de l'office de tourisme de Langogne (avec photos)

<http://www.langogne.com/barrage.htm>

Article de RTL

<http://www.rtl.fr/info/article.asp?dclid=154502>

- **Poutès-Monistrol**

⇒ Voir l'article « *Le complexe hydroélectrique de Monistrol d'Allier* » de René Danière, paru dans la revue de l'association TOS (2006)

⇒ Voir l'Avis de FNE sur le dossier de renouvellement de la concession de Poutès Monistrol soumis à enquête publique, août 2006

⇒ Voir l'article « *Energies renouvelables et environnement. Un cas d'école : le barrage de Poutes-Monistrol* » de la Lettre eau N°28 (septembre 2004)

⇒ Voir l'article « *Poutes-Monistrol, l'heure des choix : aménager ou déménager* » de la Lettre eau N°36 (septembre 2006)

⇒ Voir l'édito « *Pour une eau vivante : Dans le haut-Allier, effacer le barrage de Poutes* » de la Lettre eau N°36 (septembre 2006)

Plaquette du WWF :

<http://www.rivernet.org/general/dams/decommissioning/imgs%20et%20pdf/Brochurepoutes.pdf>

Article des Amis de la Terre :

http://www.amisdelaterre.org/article.php?id_article=1553

RHIN - MEUSE

- **Kembs**

⇒ « *Rhin, les enjeux du renouvellement de la concession de Kembs* » de la Lettre eau N°23 (avril 2003)

- **Iffezheim et Gamsheim**

⇒ « *La renaissance biologique du Rhin* » de la Lettre eau N°24 (septembre 2004)

- **Le Chatelot, le Refrain et la Goule sur le Doubs**

⇒ « *Du nouveau sur le Doubs franc suisse, elle tourne la turbine* » de la Lettre eau N°36 (septembre 2006)

- **Le Rhin**

⇒ « *Le Rhin, entre écologie et économie* » de la Lettre eau N°21-22 (janvier 2003)