Le franchissement des barrages par les poissons migrateurs

Etat de la technique

M. Larinier, CSP-CEMAGREF, B.P. 26, 31321 Castanet-Tolosan Cedex

F. Travade, Direction des Etudes et Recherches, E.D.F.
6, quai Watier, 78400 Chatou

1. Introduction

Plusieurs plans de restauration ou de protection de certaines espèces de poissons migrateurs (alose, saumon, truite de mer, lamproie...) ont été initiés par le Ministère de l'Environnement il y a une quinzaine d'années en France. D'autre part, la nouvelle législation sur la Pêche fait obligation aux propriétaires de barrages situés sur les cours d'eau classés à migrateurs d'assurer la libre circulation du poisson. Comme conséquence, plus de 300 passes à poissons ont été construites ou améliorées depuis une dizaine d'années en France. Le retour d'expérience de ces aménagements, acquis en particulier grâce au suivi de certains de ces dispositifs, s'est traduit par certains progrès dans la technique de dimensionnement et le choix du type de dispositif suivant l'espèce concernée, les caractéristiques de l'obstacle et du cours d'eau. Plus récemment, les expérimentations ont porté sur l'estimation des dommages lors du transit des poissons en dévalaison à travers les turbines et sur la mise au point de dispositifs permettant de limiter l'entraînement des migrateurs dans les prises d'eau des centrales hydroélectriques.

2. Les dispositifs de franchissement à la migration vers l'amont

2.1. Les passes à ralentisseurs

Les passes à ralentisseurs — ou Denil — se présentent sous la forme d'un canal à forte pente dans lequel est disposée une succession de déflecteurs. Ces déflecteurs donnent naissance à des courants en hélice qui assurent, par des transferts intenses de quantité de mouvement, une forte dissipation d'énergie au sein de l'écoulement et une réduction importante des vitesses. Les caractéristiques géométriques et hydrauliques de ces ralentisseurs ont été obtenues suite à des études sur modèles réduits (LARINIER, 1978 et 1983 ; LONNEBERG, 1980 ; RAJARATNAM et KATOPODIS, 1984).

Trois types de passes à ralentisseurs sont utilisés. La plus courante est la passe à ralentisseurs « plans » (LARINIER, 1983), dont la largeur varie de 0,60 m pour la truite à 1 m pour les grands salmonidés migrateurs. Elle fonctionne avec des pentes variant de 15 % à 20 % (*photo 1*). Les

Migratory fish passage at dams : The state of the art

In the first part of this paper, the present state of design of fishways is reviewed, focusing on the interest and the limits of each type of fish facility. The second part deals with downstream migration problems at hydroelectric powerplants : fish damage in spillways and hydraulic turbines and design of fish screening and other diversionary techniques used to prevent entry of downstream migrant into intakes.

1.

2.

3.

4.

1. Passe à ralentisseurs plans sur le Léguer.
2. Passe à ralentisseurs suractifs sur l'Allier.
3. Glissière à canoë-kayak à ralentisseurs de fond en chevrons épais sur l'Aveyron.
4. Passe à ralentisseurs de fond sur le Trioux.

deux autres passes utilisées sont des passes à ralentisseurs de fond. La passe à ralentisseurs « suractifs » est constituée de ralentisseurs minces en tôle de 10 cm à 20 cm de hauteur et de 8 mm à 10 mm d'épaisseur (photo 2), alors que la passe « à chevrons épais » est constituée de ralentisseurs en bois ou béton de section carrée de hauteur variant le plus souvent entre 8 cm et 15 cm (photo 3). Leur pente fluctue de 12 % à 17 %. La première est hydrauliquement plus efficace. La seconde, dans la mesure où elle est moins agressive, peut être utilisée moyennant quelques modifications et précautions comme glissière à canoë-kayak. La largeur de ces passes n'est pas limitée : plusieurs largeurs de motifs de ralentisseurs peuvent être juxtaposées suivant l'importance de la rivière et le débit désiré.

L'écoulement dans les passes à ralentisseurs est complexe et le poisson cherche généralement les zones les plus favorables à sa progression pour négocier la passe. Il est préférable d'utiliser les dispositifs dans lesquels les plus faibles vitesses se trouvent situées le long d'une paroi (le fond ou les bords), de façon à guider le poisson. Les vitesses locales sont situées généralement dans le domaine de la nage soutenue ou, pour les plus petits individus ou espèces, dans le domaine de la vitesse de sprint qu'ils ne peuvent soutenir qu'un bref instant : des bassins de repos doivent être installés approximativement tous les 1,5 m à 2 m de chute, la longueur maximale entre les bassins de repos ne devant pas excéder, suivant les espèces, de 6 m-7 m à une douzaine de mètres.

Les passes à ralentisseurs sont relativement sélectives et ne sont adaptées qu'aux espèces possédant des capacités de nage suffisantes en terme de vitesse de nage et d'endurance (salmonidés, cyprinidés d'eau vive). Elles ne sont pas adaptées aux poissons d'une longueur inférieure à une trentaine de cm. Bien que des aloses aient été contrôlées dans ce type de passe, il a été observé que cette espèce n'est pas à l'aise pour négocier les courants hélicoïdaux des passes à ralentisseurs et qu'elle s'y engage difficilement, sans doute à cause de l'aération et de la turbulence de l'écoulement.

Les passes à ralentisseurs sont particulièrement adaptées aux cours d'eau de petite ou moyenne importance sur lesquels le débit disponible pour la passe n'est que de quelques centaines de l/s et aux ouvrages de faibles hauteurs à parement aval incliné (*photo 4*). Plus d'une centaine de passes de ce type ont été installées avec succès sur les cours d'eau à grands salmonidés migrateurs de Bretagne et Normandie depuis une douzaine d'années. Leur coût varie de 100 KF à 300 KF.

2.2. Les passes à bassins

Le type de passe le plus fréquemment utilisé en France est la passe à bassins successifs. Le mode de communication entre bassins peut être variable et consister en un déversement sur toute la largeur de la paroi, en des échancrures plus ou moins profondes, des orifices noyés ou des fentes verticales.

La diversité des situations rencontrées en France fait qu'il n'est pas possible de standardiser les dimensions des bassins. Cependant, un certain nombre de critères basés sur les capacités de nage et le comportement des espèces migratrices concernées, ainsi que sur des considérations sur l'hydrodynamique permettent de dimensionner les bassins dans chaque situation.

La chute entre bassins varie de 0,15 m à 0,45 m et dépend de l'espèce considérée : de 0,30 m à 0,45 m pour les grands salmonidés migrateurs, environ 0,30 m pour la truite fario, de 0,20 m à 0,30 m pour l'aloise, entre 0,15 m et 0,30 m pour les autres poissons, dépendant de l'espèce et de la taille.

Le volume des bassins est déterminé à partir d'un critère donnant la puissance dissipée volumique maximale admissible : il est de l'ordre de 200 watts/m³ pour les passes à salmonidés et 150 watts/m³ pour les autres espèces (notamment l'aloise) et pour les bassins de faible taille dimensionnés pour des débits inférieurs à 200 l/s. Cette puissance dissipée volumique est indicatrice du niveau de turbulence et d'aération dans les bassins.

Les dimensions des bassins sont déterminées en considérant, outre les contraintes liées au site, plusieurs facteurs :

- le volume des bassins, en relation avec le débit et la chute entre les bassins ;
- les espèces migratrices concernées et leur taille ;
- l'hydrodynamique dans les bassins, c'est-à-dire la configuration et l'orientation des jets qui dépendent du mode de communication entre bassins et des niveaux d'eau de part et d'autre des cloisons. Les jets ne doivent ni heurter trop violemment les parois, ce qui peut perturber le comportement des poissons, ni à l'inverse passer d'un bassin à l'autre sans dissipation de leur énergie (phénomène de « court-circuit »).

La longueur des bassins peut ainsi varier de 1,2 m pour une petite passe à truite à faible débit à plus de 5 m pour une passe dimensionnée pour un débit supérieur à 1 m³/s. La pente d'une telle passe peut en conséquence varier de

plus de 20 % à moins de 7 %, les valeurs les plus courantes étant de 10 %-12 %.

Le mode de communication entre bassins, c'est-à-dire les caractéristiques des cloisons, est déterminé en prenant en compte plusieurs facteurs :

- les espèces migratrices : les dimensions des échancrures, fentes et orifices doivent être compatibles avec la taille et le comportement du poisson ;
- les conditions de niveau d'eau amont et aval en période de migration. Il est indispensable de bien apprécier le comportement hydraulique de l'ouvrage (évolution du débit, des chutes entre bassins et de la puissance dissipée volumique) pour les différents niveaux d'eau amont et aval : si les conditions hydrauliques deviennent incompatibles avec la progression du poisson, il s'avère nécessaire d'installer en amont de l'ouvrage une section de régulation (vannes automatiques télescopiques, orifices noyés...) portant sur plusieurs bassins de façon à ne pas créer localement de singularité (vitesse ou chute trop importante) risquant de bloquer le poisson. Compte tenu de la grande dispersion géographique des ouvrages de franchissement en France, et de la difficulté pratique d'intervenir fréquemment sur ces ouvrages, on cherche à adapter les dimensions des fentes, orifices ou échancrures aux fluctuations du niveau amont pour que l'ouvrage fonctionne sans organe mobile ni intervention.

Le type de passe à bassins le plus utilisé en France est la passe à échancrures latérales et orifices noyés qui est susceptible de supporter sans réglage des variations notables des niveaux amont et aval. L'échancrure sera d'autant plus étroite que les variations du niveau amont seront importantes (*photos 5 et 6*). Le débit dans l'orifice est généralement limité à 25 % du débit total transitant dans la passe, de façon à limiter le déséquilibre entre les chutes dans le cas du colmatage d'un ou plusieurs orifices de la passe.

L'expérience montre que lorsque les passes à bassins sont correctement dimensionnées, et que l'attractivité de l'ouvrage est suffisante, elles se révèlent efficaces pour la majorité des espèces présentes dans nos cours d'eau.

L'aloise pose un problème particulier pour la conception et le dimensionnement des passes à bassins : cette espèce est beaucoup plus sensible que les salmonidés aux conditions hydrodynamiques et des précautions particulières doivent être prises pour assurer leur passage. De bons résultats ont été obtenus aux USA sur l'aloise américaine (*Alosa sapidissima*) et en France sur la grande aloise (*Alosa alosa*) en respectant un certain nombre de conditions : niveau de turbulence faible (150 watts/m³) dans les bassins, échancrures ou fentes de grande largeur (> 0,45 m) situées le long des parois, écoulements de surface évitant tout jet plongeant, limitation des zones de recirculation. Les passes à une ou deux fentes verticales (*photo 7*) se révèlent efficaces, en dépit d'un comportement d'aller-retour du poisson dans les bassins qui semble inhérent à l'espèce.

Plus de 150 passes à bassins ont été construites depuis une douzaine d'années en France. Le débit dans ces ouvrages, fonction de l'importance du cours d'eau, peut varier

5.

8.

6.

9.

7.

10.

5. Passe à bassins successifs à échancrures latérales sur le Gave d'Oloron.
6. Passe à bassins successifs à échancrures latérales sur l'Ariège.
7. Passe à fentes verticales sur la Dordogne.
8. Ascenseur à saumons et truites sur le Gave d'Ossau.
9. Ascenseur à saumons sur le Léguer.
10. Ascenseur à aloses sur la Dordogne.

de moins de 100 l/s sur un ruisseau de faible importance ou un torrent de montagne à plus de 5 m³/s sur un grand cours d'eau à migrateurs. Leur coût, fonction de l'importance de l'ouvrage, peut varier de moins de 100 KF à plus de 10 millions de francs.

2.3. Ecluses et ascenseurs

Un certain nombre d'écluses à poissons, dont le fonctionnement est très similaire à celui d'une écluse à bateaux, ont été construites en France dans les années 1960-1970. A part quelques rares exceptions, leur fonctionnement ne s'est jamais révélé satisfaisant.

L'efficacité d'un tel dispositif est très liée au comportement du poisson — variable suivant l'espèce —, poisson qui doit demeurer dans la chambre aval pendant toute la phase d'attrait, suivre le niveau de l'eau lors de la phase de remplissage et sortir de l'écluse avant la vidange.

A l'heure actuelle, l'installation d'écluses sur les obstacles de hauteur notable est exceptionnelle. On lui préfère l'ascenseur dont la technologie a progressé dans les dernières années.

Dans les ascenseurs à salmonidés (*photo 8*), réservés aux obstacles sur lesquels les populations migrantes sont limitées annuellement à quelques milliers d'individus, le poisson est directement piégé dans une nasse. A intervalle régulier, cette nasse, dont la partie inférieure est constituée d'une cuve destinée à remonter le poisson dans un certain volume d'eau, est déversée en amont. Un écran vertical mobile interdit au poisson de pénétrer sous la nasse lorsque celle-ci est en phase de remontée.

Pour faciliter l'entretien et limiter la hauteur de la nasse en cas de fortes variations du niveau aval, l'ascenseur peut être installé à l'amont immédiat d'une courte section de passe à bassins ou à ralentisseurs (ascenseur de Poutès sur l'Allier, de Kernansquillec sur le Léguer, *photo 9*).

Il a été construit sept ascenseurs à salmonidés. Leur coût, fortement lié à l'importance du génie civil nécessaire à leur intégration dans les ouvrages, varie de 300 KF à 2 000 KF.

Lorsque la population migrante est plus importante (plusieurs dizaines ou centaines de milliers d'individus), en particulier sur les obstacles situés sur la partie basse de nos grands fleuves, il n'est plus possible de maintenir un grand nombre de poissons dans une nasse de volume limité sans risque d'entraîner des mortalités importantes, en particulier sur une espèce fragile comme l'aloise. On attire et piège alors le poisson dans un vaste bassin de stabulation ; à

intervalles réguliers, un écran monté sur un chariot concentre les poissons au-dessus de la cuve située dans la partie amont du bassin de stabulation. Cette cuve, dont le volume est fonction du nombre maximal de poissons susceptibles d'être présents dans l'ouvrage, est remontée et déversée dans un canal de transfert relié au bief amont.

Ces ascenseurs, dont le fonctionnement est entièrement automatique, ont des coûts de maintenance relativement élevés. D'autre part, leur conception doit être particulièrement étudiée et leur réalisation soignée (en ce qui concerne notamment l'espacement des grilles, l'ajustement entre les parties fixes et mobiles du dispositif) si l'on veut éviter des mortalités importantes sur le poisson.

Deux ascenseurs basés sur ce principe — mis au point à l'usine d'Holyoke sur la rivière Connecticut aux USA — sont actuellement en fonctionnement en France : sur la Dordogne au barrage de Tuilières (*photo 10*) et sur la Garonne à l'usine de Golfech. Ce dernier ascenseur a permis le franchissement de 66 000 aloses en 1989, avec des passages journaliers supérieurs à 4 500 individus. Leur coût est élevé, respectivement 9,5 et 23 millions de francs.

3. Le transit à travers les déversoirs de crue et les turbines des installations hydroélectriques

Lors de la dévalaison d'un cours d'eau aménagé, les migrateurs (juvéniles et/ou adultes suivant les espèces) sont soumis à plusieurs sources de mortalité : modifications du milieu résultant de l'existence de retenues, transit par les déversoirs et évacuateurs de crues, passage à travers les turbines des installations hydroélectriques, entraînement dans les prises d'eau industrielles ou agricoles.

La présence d'une retenue sur un cours d'eau induit des modifications des vitesses d'écoulement, de la qualité de l'eau et des peuplements piscicoles qui peuvent entraîner une augmentation parfois importante des mortalités naturelles au cours de la migration de dévalaison : augmentation de la prédation par les oiseaux ou les poissons carnassiers, mortalité directe dans les retenues eutrophisées, sensibilité accrue aux maladies et au parasitisme. L'importance de ces mortalités peut être très variable suivant les sites.

Les solutions sont d'ordre gestionnaire (amélioration de la qualité de l'eau des retenues) ou compensatoire (déversement des juvéniles pour compenser les mortalités).

Le passage par les déversoirs et évacuateurs de crues (RUGGLES, 1980) peut entraîner des mortalités directes (blessures, chocs...) ou indirectes (sensibilité accrue à la prédation des poissons choqués ou désorientés). Les études conduites sur plusieurs sites à l'étranger (USA, Canada...) ont montré que ces mortalités étaient extrêmement variables d'un site à l'autre (0 % à plusieurs dizaines de pour cent). Les causes de mortalités sont de plusieurs ordres : cisaillement hydraulique sur les déversoirs et dans les turbulences en pied de chute, variations brusques des vitesses et des pressions lors de l'impact sur le plan d'eau, chocs mécaniques sur les radiers ou les dissipateurs d'énergie.

En règle générale, les mortalités sont faibles tant que la dénivellation reste inférieure à une douzaine de mètres, à condition toutefois qu'il existe une fosse d'une profondeur suffisante en pied de chute.

Pour les dénivellations plus importantes, les chances de survie sont d'autant plus fortes que la turbulence au pied de la chute est faible, et que les chocs mécaniques sont réduits (volume d'eau important, absence de dissipateurs d'énergie ou plus généralement de structures agressives).

Il a été observé par ailleurs que les déversoirs « en saut de ski », où la vitesse d'impact sur le plan d'eau peut être réduite et où le poisson a la possibilité de tomber en chute libre en dehors de la veine d'eau, sont préférables aux autres types d'évacuateurs.

Le passage à travers les turbines hydrauliques soumet le poisson à diverses contraintes susceptibles d'entraîner des mortalités importantes : risques de chocs contre les parties fixes ou mobiles de la turbine (au niveau des directrices, des aubes ou des pales de la roue), accélération et décélération brutales (passage de 3-5 m/s en entrée de roue à 10-30 m/s dans la roue), variations très brutales de pression.

De nombreuses études (BELL, 1981 ; MONTEN, 1985 ; TRAVADE *et al.*, 1987 ; LARINIER et DARTIGUELONGUE, 1989) ont été menées dans divers pays (USA, Suède, Ecosse, Allemagne, France), principalement sur les juvéniles de salmonidés, et plus rarement sur les clupéidés et les anguilles, pour déterminer les mortalités résultant du transit dans les principaux types de turbines.

Les mortalités dans les turbines Francis et Kaplan sont très variables en fonction des caractéristiques de la roue (diamètre, vitesse de rotation...), de leur régime de fonctionnement, de la hauteur de chute ainsi que de l'espèce et de la taille du poisson concerné. Elles varient de moins de 5 % à plus de 90 % dans les turbines Francis. Elles sont en moyenne plus faibles dans les turbines Kaplan, de 5 % à 20 % environ.

Diverses équations prédictives de la mortalité ont été proposées, avec plus ou moins de succès. Une étude récente réalisée en France (LARINIER et DARTIGUELONGUE, 1989) a permis d'améliorer les résultats précédents et d'obtenir des formules prédictives de mortalités sur les juvéniles de salmonidés et les anguilles dans les turbines Francis et Kaplan à partir des principales caractéristiques de la turbine et de la taille des poissons.

Dans le cas des turbines Francis, l'équation de régression expliquant le mieux la mortalité pour les juvéniles de salmonidés est la suivante :

$$P = \{ \text{SIN} (-4,21 + 1,25 \cdot V1^{0,82} + 2,28 N^{0,19} \cdot (TL/esp)^{0,84} W1^{0,71}) \}^2 \quad (R = 0,87)$$

où P est la part de mortalité (comprise entre 0 et 1), V1 (m/s) et W1 (m/s) les vitesses absolue et relative à l'entrée de la roue, N (trs/min) la vitesse de rotation de la roue, TL (m) la longueur du poisson et esp (m) l'espacement inter-aubes calculé à mi-aube en entrée de roue.

Pour les turbines Kaplan, les facteurs influant sur la mortalité sont moins évidents. Seuls interviennent de manière significative la longueur d'un poisson TL (m) et

l'espacement inter-pales calculé à mi-pale esp (m) :

Pour les juvéniles de salmonidés :

$$P = \{ \text{SIN} (13,4 + 42,8 (TL/esp)) \}^2 \quad (R = 0,59)$$

Pour les anguilles :

$$P = \{ \text{SIN} (28,6 + 48,7 (TL/esp)) \}^2 \quad (R = 0,85)$$

4. Aménagements pour la dévalaison

4.1. Possibilités de passage dans les turbines et/ou déversoirs

Au niveau d'une installation hydroélectrique, si les mortalités potentielles lors du transit par les déversoirs ou les turbines sont faibles, il peut s'avérer inutile de prévoir des dispositifs spéciaux pour la dévalaison. Ce choix a été fait sur plusieurs centrales en Ecosse et en Irlande, où le blocage prolongé des juvéniles au niveau des grilles des prises d'eau, dans l'attente de trouver l'entrée des exutoires leur permettant de passer à l'aval, s'est traduit par des mortalités par prédation (brochets, truites) bien supérieures à celles subies lors du transit par les turbines.

Par ailleurs, sur les ouvrages existants d'une certaine taille, il peut être très difficile, voire techniquement impossible, de détourner les poissons des déversoirs de crue ou des turbines. Lorsqu'il existe plusieurs déversoirs et/ou turbines de caractéristiques différentes, on favorisera dans la mesure du possible en période de dévalaison l'utilisation de celui/celle ou ceux présentant le moins de risques potentiels.

4.2. Barrières physiques

Une première solution pour empêcher le transit des poissons dans les déversoirs ou les turbines consiste à les arrêter au droit des prises d'eau, canaux d'amenée ou déversoirs par des grilles de porosité inférieure à leur taille.

L'installation de ces grilles requiert deux impératifs : présence d'exutoires à proximité et vitesses d'approche suffisamment faibles au niveau de ces grilles permettant aux poissons de nager pendant le temps suffisant à la découverte de ces exutoires (faute de quoi les mortalités par placage sur les grilles peuvent devenir supérieures à celles subies lors du transit dans les turbines).

En règle générale, les grilles utilisées en Amérique du Nord et en Ecosse sont à mailles carrées ou rectangulaires variant d'environ 5 mm à 25 mm suivant la taille des poissons à exclure, la vitesse d'écoulement au droit du plan de grille devant demeurer inférieure à 30 cm/s.

Il existe divers types de grilles :

- panneaux de grilles fines installés temporairement sur les grilles de prises d'eau (Ecosse, *photo 11*) ;
- grilles rotatives auto-nettoyantes (utilisées dans les canaux d'irrigation aux USA, *photo 12*) ;
- grilles déflectrices installées à l'intérieur même des prises d'eau des turbines destinées à détourner les poissons

11.

12.

13.

11. *Panneaux de grilles fines sur une prise d'eau en Ecosse.*

12. *Tambours rotatifs sur une prise d'eau d'irrigation aux USA.*

13. *Ecran hydrodynamique expérimental.*

vers les puits à batardeaux d'où ils peuvent accéder à un dispositif de dévalaison (rivière Columbia et affluents aux USA).

L'installation des grilles à panneaux impose de très lourdes contraintes, tant de dimensionnement des prises d'eau (de façon à respecter les critères sur les vitesses) que d'entretien (nécessité de démontage des grilles par panneaux pour en effectuer le nettoyage). Ces grilles fines sont, la plupart du temps, impossibles à installer sur les prises d'eau existantes sur lesquelles les vitesses d'approche sont trop importantes.

Les grilles rotatives constituent une solution très efficace pour le détournement des poissons dans des canaux de faible profondeur (< 2 m). Leur coût reste cependant très élevé.

Les grilles déflectrices situées à l'intérieur des prises d'eau des turbines restent réservées aux très grosses installations (par exemple rivière Columbia, USA). Leur prix est élevé : 5 millions de francs (1982) par turbine sur les usines de la rivière Columbia.

4.3. Barrières comportementales

Il s'agit de dispositifs induisant le déplacement des poissons dans une direction donnée grâce à divers stimuli agissant sur leur comportement (attraction, répulsion, guidage). Ces barrières sont « attrayantes » pour les concepteurs et exploitants car, au contraire des précédentes, elles ne présentent que de faibles contraintes de protection contre le colmatage et de nettoyage.

Les stimuli visuels, auditifs, hydrodynamiques, électriques ont donné lieu à un grand nombre de barrières expérimentales : écran à bulles, écran sonore, écran à chaînes fixes et mobiles, écran lumineux attractif ou répulsif, écran électrique, écran hydrodynamique (« louvers » ou écran à persiennes).

Des résultats ponctuels ont été obtenus sur un certain nombre d'écrans (écran visuel à chaînes, écran lumineux, écran sonore...) mais ils n'ont pas donné en général d'applications grandeur réelle en raison de leur faible fiabilité et de leur sensibilité aux conditions de milieu (turbidité de l'eau). Des tests sont encore en cours sur l'effet répulsif des sons (« poppers ») et sur l'effet répulsif (flashes stroboscopiques) ou attractif (lampes à vapeur de mercure) de la lumière, mais les résultats ne sont pas encore probants.

Seul l'écran hydrodynamique (*photo 13*) a été utilisé avec succès sur plusieurs installations, notamment aux USA, avec des débits allant jusqu'à $140 \text{ m}^3/\text{s}$. Pour rester efficace, cet écran requiert le respect d'un certain nombre de critères de conception très précis, en particulier sur le champ des vitesses qui doit demeurer relativement uniforme et constant. Il est par ailleurs très sensible au colmatage et nécessite des dispositifs de protection et de nettoyage.

4.4. Exutoires de dévalaison (by-pass)

Lorsque l'on veut éviter l'entraînement des poissons dans une prise d'eau, quel que soit le dispositif utilisé, il est nécessaire de disposer d'un ou plusieurs exutoires permettant aux poissons de contourner l'obstacle et de regagner sans dommage leur milieu d'origine (le canal de fuite ou l'aval du barrage dans le cas d'une installation hydroélectrique). Ces exutoires peuvent être associés à des barrières physiques ou comportementales, ou plus simplement utilisés seuls, à condition que leur implantation et conception soient telles que le poisson y soit attiré naturellement.

Il paraît peu réaliste d'envisager d'installer systématiquement en France des grilles fines telles que celles utilisées en Ecosse ou aux USA qui obligeraient à redimensionner la plupart des prises d'eau.

C'est pourquoi on s'est orienté en France vers l'utilisation d'exutoires de surface (*photo 14*), en mettant à profit la répulsion naturelle qu'éprouvent les poissons à franchir les grilles conventionnelles équipant les prises d'eau.

Des expérimentations ont été entreprises, qui visent à optimiser le dimensionnement et la situation de tels exutoires (BOMASSI et TRAVADE, 1985; LARINIER et BOYER-BERNARD, 1991) ainsi qu'à en augmenter l'attractivité en utilisant la lumière, dans la mesure où une grande partie de la migration a lieu de nuit.

Les principales caractéristiques retenues pour ces exutoires sont les suivantes : l'écoulement doit se faire en surface par des orifices d'une largeur minimale de 0,5 m à 1 m (suivant la largeur de la prise d'eau), une lame d'eau d'une quarantaine de centimètres y est nécessaire, ce qui conduit à des débits de l'ordre de 0,5 m³/s par mètre de largeur. L'accélération dans l'exutoire doit être progressive, l'écoulement ne devant présenter ni décollements ni zones de turbulence (installation éventuelle d'entonnements). Ces exutoires doivent être implantés le plus près possible du plan des grilles ou de la zone de rassemblement des poissons. Dès que la largeur de la prise d'eau dépasse une dizaine de mètres, il devient préférable d'installer plusieurs exutoires.

Les récents essais d'attraction des poissons vers ces exutoires par la lumière sont encourageants (LARINIER et BOYER-BERNARD, 1991) mais demandent à être étayés avant extrapolation sur d'autres sites.

Conclusion : Le récent programme de construction d'ouvrages de franchissement par les poissons migrateurs en France fait suite à une période de relative inactivité d'une trentaine d'années dans le domaine. Le nombre conséquent d'ouvrages construits depuis 1980 a fait appel pour partie à l'expérience étrangère, notamment pour l'équipement des premiers ouvrages sur les grands cours d'eau, et pour partie aux recherches conduites en France depuis une douzaine d'années.

Ces ouvrages constituent dès à présent un excellent terrain expérimental pour mieux cerner les limites de fonctionnement et affiner les critères de dimensionnement de ces dispositifs, et par ailleurs pour améliorer la connaissance sur l'importance des populations et sur les rythmes

de migration des différentes espèces. Il apparaît indispensable de poursuivre et de développer les programmes de contrôle et de suivi de ces ouvrages (TRAVADE, 1990) ainsi que d'intensifier les recherches, tant sur l'amélioration des ouvrages de franchissement à la montée pour certaines espèces (en particulier l'anguille) que sur les diverses techniques utilisables pour réduire les problèmes posés par la dévalaison (LARINIER, 1990).

Références

- BELL M.C., 1981. — *Updated compendium of the success of passages of small fish through turbines*. US Army Corps of Engineers, North Pacific Division, 204 + 90 pages.
- BOMASSI P., TRAVADE F., 1985. — *Projet de réimplantation du saumon dans la partie supérieure de l'Allier : expérience sur les possibilités de dévalaison des saumoneaux au barrage hydroélectrique de Poutès en 1983 et 1984. Colloque pour la restauration des rivières à saumons*. Bergerac, 28 mai-1^{er} juin 1985.
- LARINIER M., 1978. — *Etude du fonctionnement d'une passe à ralentisseurs plans*. *Bull. Fr. Pisc.*, 271 : 40-54.
- LARINIER M., 1983. — *Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages pour les poissons migrants*. *Bull. Fr. Pisc.*, numéro spécial, 39 p.
- LARINIER M., DARTIGUELONGUE J., 1989. — *La circulation des poissons migrateurs : le transit à travers les turbines des installations hydroélectriques*. *Bull. Fr. Pisc.*, 312-313, 94 p.
- LARINIER M., 1990. — *Experience in fish passage in France : Fish pass design criteria and downstream migration problems*. *Proceedings of the International Symposium on Fishways 90 in Gifu*, october 8-10, 1990, pp. 65-74.
- LARINIER M., BOYER-BERNARD S., 1991. — *Dévalaison des smolts et efficacité d'un exutoire de dévalaison à l'usine hydroélectrique d'Halsou sur la Nive*. *Bull. Fr. Pisc.*, 321 : 30-51.
- LARINIER M., BOYER-BERNARD S., 1991. — *La dévalaison des smolts de saumon atlantique au barrage de Poutès sur l'Allier : utilisation de lampes à vapeur de mercure en vue d'optimiser l'efficacité de l'exutoire de dévalaison*. *Bull. Fr. Pisc.*, 322 à paraître.
- LONNEBERG N., 1980. — *Fiskepas af modstromstypen*. *Meddr Ferskvandsfiskerilab. Danm. Fisk.*, Silkeborg, 107 p.
- MONTEN E., 1985. *Fish and turbines. Fish injuries during passage through power station turbines*. Vattenfall, Stockholm, 11 p.
- RAJARATNAM N.G., KATOPODIS C., 1984. — *Hydraulics of denil fishways*. *J. Hydraulic Engineering, ASCE*, 110 (9) : 1219-1223.
- RUGGLES C.P., 1980. *A review of the downstream migration of Atlantic salmon*. Can. Dept. of Fish and Oceans, Fish. and Aq. Sci. Tech. Rep., n° 952, 37 p.
- TRAVADE F., LARINIER M., DARTIGUELONGUE J., 1987. — *Dévalaison et franchissement des turbines et ouvrages énergétiques : l'expérience EDF*. *La Houille Blanche*, n° 1/2, pp. 126-133.
- TRAVADE F., 1990. — *Monitoring techniques for fish passes recently used in France*. *International Symposium on Fishways 90 in Gifu*, october 8-10, 1990, pp. 119-126.