

**NOTE TECHNIQUE**  
**LE FRANCHISSEMENT D'OBSTACLES**  
**PAR LES SALMONIDÉS MIGRATEURS ADULTES.**  
**ANALYSE DU COMPORTEMENT DE SAUT**  
**POUR UN MEILLEUR AMÉNAGEMENT**

Dominique OMBREDANE (1), G. FONTENELLE (2), H. OHRESSER (2), S. ROCHEPEAU (1)

École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes,  
65, rue de St-Brieuc, 35042 RENNES Cedex.

(1) Chaire de Zoologie

(2) Chaire de Biologie Halieutique

*Reçu le 30 Octobre 1986*

*Accepté le 21 Mai 1987*

*Received 30 October, 1986*

*Accepted 21 May, 1987*

## RÉSUMÉ

Le comportement de saut de salmonidés migrateurs a été étudié simultanément sur deux barrages de faible hauteur (< 2m) sur le Blavet canalisé. Une très faible proportion (< 9%) de l'activité totale conduit au franchissement des barrages. Au niveau d'un pertuis, la réussite d'un saut ne peut s'observer que s'il y a coïncidence entre un fort courant d'attraction, une fosse d'appel suffisante et l'ouverture de ce pertuis. Les fuites d'eau sur les pertuis fermés entraînent jusqu'à 50% de tentatives vouées à l'échec. Le colmatage de ces fuites a permis de réduire cette proportion à 25%. La discussion de ces résultats montre qu'une gestion simple des barrages de ce type peut faciliter leur franchissement par les salmonidés migrateurs adultes.

**DAM OVERPASSING BY MIGRATORY ADULT SALMONIDS.**  
**AN ANALYSIS OF THE LEAPING BEHAVIOUR WITH THE VIEW OF A BETTER MANAGEMENT**

## SUMMARY

The leaping behaviour of migratory salmonids has been studied at two small dams (< 2 m) on the River Blavet. A very small proportion (< 9%) of the total activity leads the fish to pass over the dams. For each gate, a successful jump can be only observed when a strong attractive current, a deep pool and an open gate are combined. Even when the gates are closed, the water leaks lead up to 50% of unsuccessful attempts. A reduction to 25% was obtained by plugging the leaks. The discussion of the results shows that a simple management of these kinds of dams can improve their clearing by adult migratory salmonids.

## 1. INTRODUCTION

Tout barrage, quelle que soit sa hauteur, peut représenter un obstacle à la circulation des poissons migrateurs. Ses caractéristiques et sa gestion le rendent plus ou moins facilement franchissable et ceci de façon variable selon les conditions hydroclimatiques du moment, selon l'espèce considérée et la taille du poisson. Pour favoriser le passage des poissons en migration, il est possible d'aménager les barrages (passes à poissons, abaissement de seuil, etc.). Cependant ces aménagements sont onéreux et avant d'opter pour un type d'aménagement, il convient de préciser la nature de l'obstacle et les espèces migratrices concernées (importance de leur stock, leur période de migration et leur comportement au pied du barrage) (LARINIER, 1977).

La migration anadrome des salmonidés migrateurs est influencée par de nombreux facteurs de l'environnement. Une bonne synthèse bibliographique en a été faite par BANKS (1969).

Trois niveaux d'activité de nage peuvent être distingués au cours de la migration anadrome : vitesse de croisière, vitesse soutenue, vitesse de pointe (BLAXTER, 1969 ; LARINIER, 1985).

Le comportement de saut ne constitue qu'une des composantes de l'activité migratoire. Il s'observe le plus souvent lorsque les salmonidés sont confrontés à un obstacle avec chute d'eau. STUART (1962), REISER et PEACOCK (1985) rappellent que les sauts impliquent des vitesses maximales de nage (vitesse de pointe) de courte durée.

Le problème est donc de savoir si, pour certains barrages de faible hauteur, le franchissement par saut des salmonidés migrateurs peut être favorisé sans recourir à des dispositifs spécifiques. Sur la base de plusieurs séries d'observations réalisées sur deux barrages de rivières bretonnes (Aulne : FONTENELLE, 1972 ; Blavet : FONTENELLE, données non publiées), cette étude du comportement de saut a été menée sur deux autres barrages du Blavet canalisé. Deux objectifs ont été poursuivis lors de ce travail :

- Le comportement de saut peut-il être considéré comme un indicateur de la difficulté de franchissement d'un obstacle ?
- Est-il possible de faciliter le franchissement de ces barrages en agissant sur certains paramètres influençant le comportement de saut ?

## 2. SITE D'ÉTUDE

Les deux barrages (Barrage des Gorêts et Grand Barrage) se situent à l'aval du Blavet canalisé sur la commune d'Inzinzac-Lochrist (figure 1) et ne sont distants que de 293 mètres (figure 2). Le barrage des Gorêts, second barrage à partir de l'estuaire, est situé à 3,3 km en amont du pont d'Hennebont (limite amont de la zone maritime). Seul le barrage de Polhvern, situé à 2,2 km du pont d'Hennebont, peut être soumis à l'influence de la marée dynamique et être submergé lors des forts coefficients.

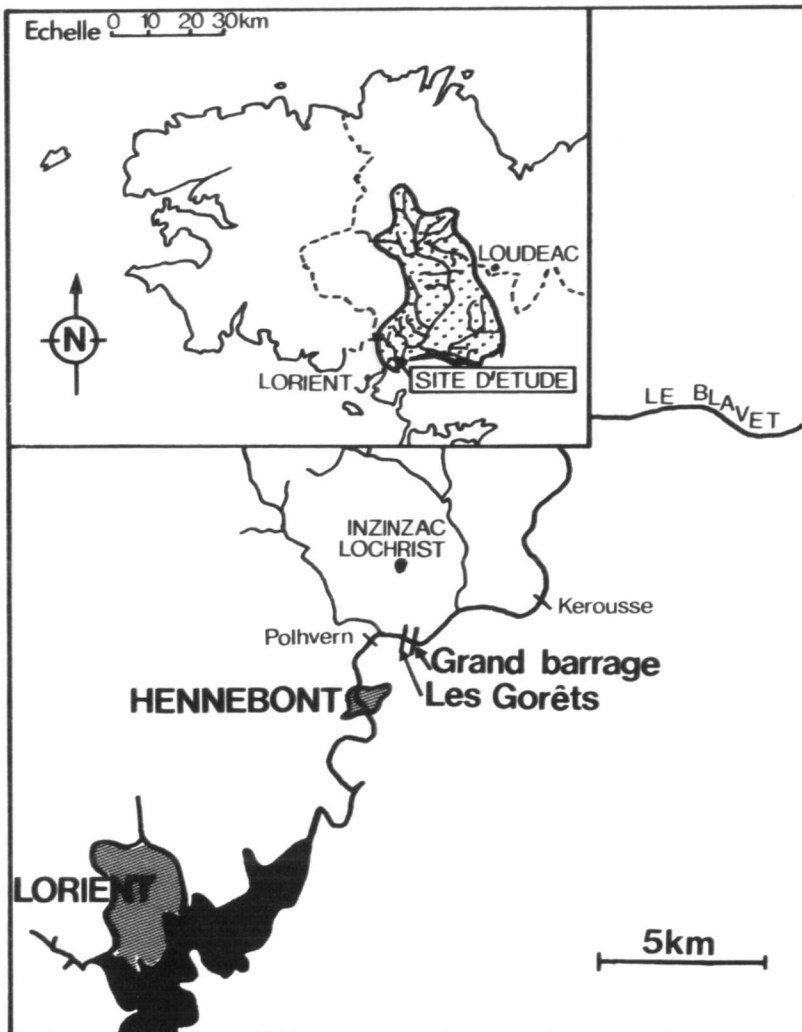


Figure 1 : Présentation du bassin versant du Blavet et du site d'étude.

Figure 1 : Presentation of the Blavet River watershed and of the study site.

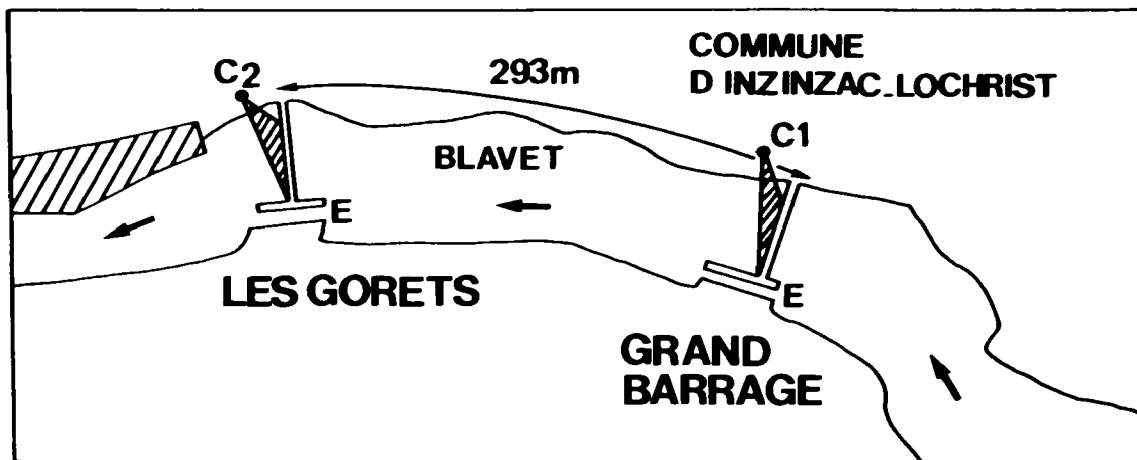


Figure 2 : Plan de situation des deux barrages (E = Ecluse) et des caméras vidéo (C) avec leurs champs d'observation maxima (  );  : sens du courant

Figure 2 : Location of the dams (E : sluice) and of the video cameras (C) with their maximal field (  );  : flow direction.

## 2.1. - Caractéristiques des ouvrages

Les deux ouvrages sont des barrages droits constitués chacun d'une vingtaine de pertuis (figure 3). Les seuils de ces pertuis ne sont pas tous à la même hauteur ce qui engendre des épaisseurs de lame déversante inégales. Mais les hauteurs de chutes sont toujours inférieures à 2 mètres. De plus, ces pertuis peuvent être fermés par différents systèmes (figure 3) :

- des vannes de vidanges sur les pertuis dont le seuil est au niveau du lit de la rivière,
- des vannes à crémaillère,
- des aiguilles : madriers juxtaposés verticalement, s'appuyant sur le plan vertical amont du barrage,
- des palplanches (ou hausses) : madriers horizontaux sur le seuil des pertuis et insérés dans des feuillures.

Pour chaque barrage, on trouve sur la rive gauche : au dernier pertuis un ancien "coursier à saumons" (plan incliné), et une écluse de navigation (figure 2).

Ces deux barrages assez vétustes (construits en 1820) sont dans un mauvais état général. Le fait le plus notable est le manque d'étanchéité de la quasi totalité des systèmes de fermeture, en particulier du système à aiguilles.

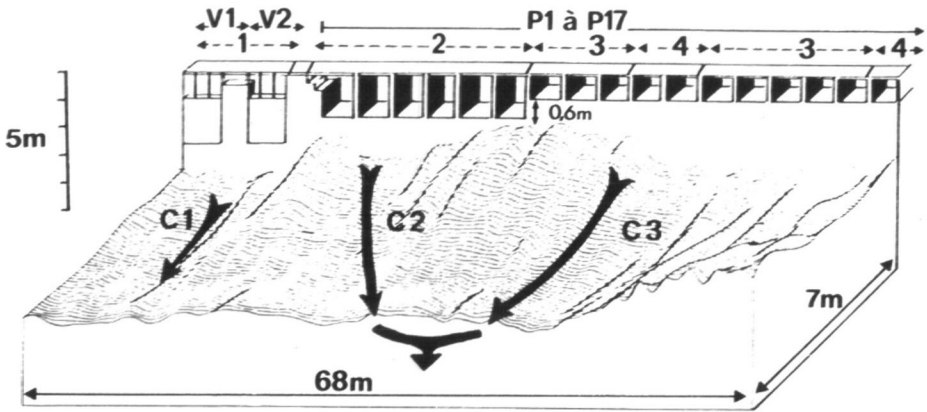
## 2.2. - Fonctionnement des barrages

Ces barrages ont à l'heure actuelle un rôle de maîtrise hydraulique (évacuation des crues, maintien du niveau d'eau à l'étiage notamment pour les pompages d'eau et la navigation, etc.).

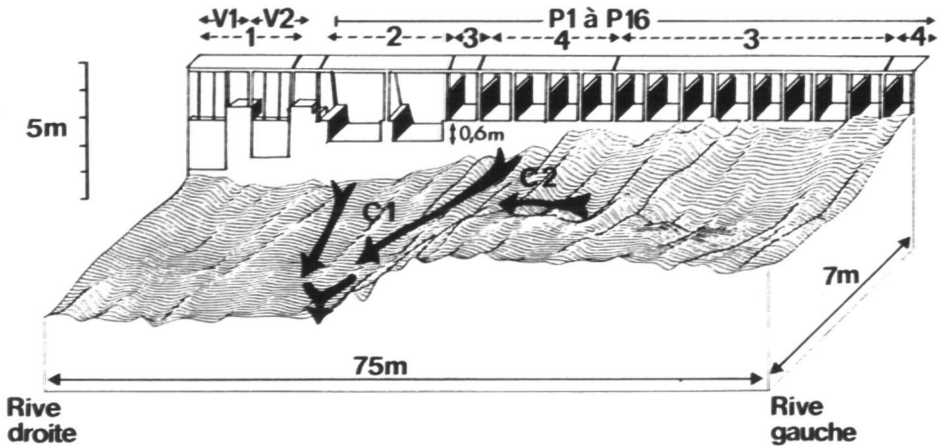
Les pertuis munis de vanne de vidange (Vi) ne sont ouverts qu'en cas de crue du Blavet et lors du chômage annuel des biefs en automne. Les autres pertuis (P) sont fermés au fur et à mesure que le débit diminue, afin de maintenir un niveau d'eau précis dans les biefs. Les pertuis à aiguilles, dont les seuils sont plus bas de 0,60 m par rapport à ceux des autres pertuis (figure 3), sont fermés en premier. A l'étiage, un seul pertuis reste ouvert de façon à laisser passer les salmonidés migrateurs ("passe à sauter"). A notre connaissance, aucun plan de gestion définissant les manipulations de pertuis ne semble exister.

## 2.3. - Bathymétrie à l'aval des barrages

Les barrages sont consolidés à l'aval par des enrochements qui engendrent des fonds très irréguliers. Sur une bande de 7 m de large à l'aval des barrages, 300 "points contacts" ont permis de réaliser une représentation informatique de la bathymétrie. Compte tenu du faible nombre de "points contacts", les blocs diagrammes (figure 3), qui ont subi un lissage, ne traduisent pas avec précision le caractère très accidenté du fond dû à la présence de nombreux blocs de rochers. De plus, les échelles choisies exagèrent les dénivelés.



**Figure 3a : Grand barrage**



**Figure 3b : Barrage des Gorêts**

**Figure 3 : Représentation des pertuis du Grand Barrage (3a) et du Barrage des Gorêts (3b) et de la bathymétrie à l'aval des barrages sous forme de blocs diagrammes.**

**C<sub>i</sub> : Courants principaux pour les pertuis ouverts**

**V1 et V2 : Pertuis munis d'une vanne de vidange**

**P<sub>i</sub> = Numéro des pertuis de la rive droite à la rive gauche**

**Systèmes de fermeture des pertuis :**

**1 = Vanne de vidange métallique**

**2 = Aiguilles**

**3 = Vanne à crémaillère**

**4 = Palplanches**

**Figure 3 : Representation of the sluices on the "Grand Barrage" (3a) and the "Barrage des Gorêts" (3b). The bathymetry just downstream both dams are represented by a "diagram-block" method.**

**C<sub>i</sub> : main flow from open sluices**

**V1 and V2 : Sluice with an emptying gate**

**P<sub>i</sub> = Sluice number from the right to the left bank**

**Closing systems of the sluices :**

**1 : Steel gate**

**2 : Vertical beam gate**

**3 : Hand rake gate**

**4 : Horizontal beam gate**

L'analyse de ces schémas (figure 3) montre cependant plusieurs éléments essentiels :

• **Grand-Barrage :**

- les plus grandes profondeurs se trouvent au niveau des vannes de vidange V1 et V2, des pertuis à aiguilles P2 et P4 et des pertuis à madriers P11 à P17. Plusieurs chenaux se dessinent ainsi (figure 3a) et l'observation des biefs par faibles débits confirme la convergence des chenaux C2 et C3 à environ 25 m de la rive gauche. Cette zone peut servir de fosse d'appel pour les sauts de poissons.
- des zones d'émergences rocheuses au pied des pertuis P1, P4 à P9 (P10 partiellement) qui ne recèlent pas de fosse d'appel pour les sauts de poissons.
- une zone "calme" de P15 à P17 avec des fonds uniformément profonds (supérieurs à 2 m) jusqu'à une rehausse du fond à 7 m en aval.

• **Barrage des Gorêts**

Des remarques similaires peuvent être faites :

- un chenal très important existe entre la première vanne de vidange V1 et le pertuis P4 (figure 3b) qui se traduit par une zone de rapides même pour un débit d'étiage : une "barre rocheuse" entre 5 et 7 m à l'aval des pertuis P5 et P16 provoque un écoulement de l'eau dans ce chenal.
- des émergences rocheuses à partir du pertuis P5, associées à de faibles profondeurs (inférieures à 1,5 m souvent) ne créant pas des conditions favorables à des zones d'appel.
- la présence de fonds (supérieurs à 3 m) près de V1 et V2 constituant une zone d'attente et de repos pour les poissons.

Lors de faibles débits, on remarque une très nette disparité de l'écoulement de l'eau au niveau de ce second barrage : la quasi-totalité de l'eau s'écoule par le chenal C1.

### 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1. - Protocole d'étude

La similitude dans la conception et la gestion de ces deux barrages très proches permet d'observer le comportement de mêmes groupes de salmonidés dans des conditions hydroclimatiques identiques. Les observations ont été réalisées **en continu et simultanément sur l'ensemble des deux barrages** (figure 2) grâce à un équipement vidéoscopique portable (système VHS).

Le choix des périodes d'observation a été guidé par l'abondance présumée des remontées de poissons au moment des fortes marées (HAYES, 1953 et BANKS, 1969). C'est pourquoi les quatre séries d'observations d'une semaine ont été centrées sur les périodes de vives eaux de mai à août 1985 (tableau 1).

	Périodes	Nombre d'heures d'observations diurnes	Température horaire moyenne ( $\bar{T}$ ) et écart type ( $\sigma_T$ ) °C	Débit horaire moyen ( $\bar{Q}$ ) et écart type ( $\sigma_Q$ ) $m^3 s^{-1}$
Série 1	02-05 au 08-05	105	$\bar{T} = 10,7$ $\sigma_T = 2,8$	$\bar{Q} = 19,2$ $\sigma_Q = 2,9$
Série 2	01-06 au 07-06	112	$\bar{T} = 17,8$ $\sigma_T = 2,4$	$\bar{Q} = 6,7$ $\sigma_Q = 3,0$
Série 3	30-06 au 06-07	112	$\bar{T} = 20,5$ $\sigma_T = 1,5$	$\bar{Q} = 5,6$ $\sigma_Q = 2,7$
Série 4	29-07 au 04-08	105	$\bar{T} = 17,4$ $\sigma_T = 6,1$	$\bar{Q} = 5,1$ $\sigma_Q = 2,3$

Tableau 1 : Périodes, durées et conditions hydroclimatiques moyennes des quatre séries d'observations de saut de salmonidés réalisées sur chaque barrage en 1985

Table 1 : Description of the periods, durations and hydroclimatic conditions during the four periods while observing the leaping behaviour of salmonids on each dam in 1985.

STUART (1962) n'a jamais observé d'activité nocturne en rapport avec le franchissement d'obstacle. SHAPOVALOV (1954 *in* BANKS, 1969) et ELLIS (1962 *in* *ibid*) font état de sauts pendant la nuit sur des obstacles de faible importance. Nous avons limité cependant la durée d'observation journalière à l'intervalle "lever du soleil — coucher du soleil", soit 15 à 16 heures par jour, pour des contraintes liées au matériel.

Ces quatre séries d'observations ont permis de couvrir différentes gammes de débit et de température de l'eau (tableau 1). De plus, il faut souligner que, lors des séries 2, 3 et 4, les débits moyens horaires ont présenté de grandes variations (jusqu'à 5,50 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>). Cela s'explique par la présence, cinq kilomètres en amont, d'une microcentrale fonctionnant par éclusées.

Par ailleurs, lors des séries 3 et 4, une gestion expérimentale des pertuis a pu être réalisée: d'une part en colmatant les fuites d'eau au niveau des pertuis à aiguilles, d'autre part en choisissant judicieusement les pertuis devant servir de "passe à sauter".

### 3.2. - Typologie des activités de sauts

Les bandes vidéo ont été visionnées sur un magnétoscope fournissant une bonne qualité d'image tant en lecture accélérée qu'au ralenti. Chaque saut repéré est analysé en détail, en vitesse normale, ralentie, voire image par image. Seulement six modalités ont été définies (FONTENELLE, données non publiées) pour caractériser l'activité de saut. En effet, les observations, ayant aussi pour but de localiser les activités sur les barrages d'environ 70 m de long, ne permettaient pas d'analyser plus finement le comportement de saut. Néanmoins, compte tenu des objectifs poursuivis, cette précision semble suffisante. Les six modalités (figure 4) retenues sont les suivantes :

- "BOND" et autres (B): sortie de l'eau non dirigée vers la chute d'eau et d'amplitude très variable.
- \* Sauts dirigés vers la chute d'eau mais n'aboutissant pas au franchissement de l'obstacle (insuccès constaté) car pas assez hauts, ou insuffisamment bien orientés.
- "TÊTE" (T): sortie partielle de la partie antérieure du corps dans le voisinage immédiat du pied de la chute.
- "INFÉRIEUR A MI-HAUTEUR (< 1/2): saut permettant au poisson d'atteindre une partie de la chute inférieure à la moitié de sa hauteur.
- "SUPÉRIEUR A MI-HAUTEUR (> 1/2): saut permettant au poisson d'atteindre une partie de la chute supérieure à la moitié de sa hauteur.
- \* Sauts dirigés vers la chute, assez hauts et correctement orientés pour permettre le franchissement de l'obstacle.
- "FRANCHI": Saut sur pertuis ouvert permettant le passage effectif du poisson en amont de l'obstacle (insuccès non constaté).
- "NON FRANCHI": Saut sur pertuis fermé qui aurait pu vraisemblablement aboutir au franchissement de l'obstacle si le pertuis avait été ouvert (insuccès constaté).

Le comportement de nage n'a pas été répertorié comme une modalité, car, d'une part, il n'est pas toujours observable et, d'autre part, il succède fréquemment aux modalités "> 1/2" et "Franchi" dans le haut de la chute d'eau.

Les effectifs de poissons, présents au pied des barrages, n'ayant pu être déterminés, un taux de franchissement (Tf) a cependant été défini grâce à ces modalités :

$$Tf = \frac{\text{Nombre de sauts "FRANCHI"}}{\text{Nombre total d'activités}}$$

Ce taux peut traduire la difficulté de franchissement des obstacles.

Le choix du champ le plus large pour la caméra, afin de couvrir l'ensemble du barrage, s'est soldé de plus par une quasi-impossibilité d'identifier séparément les truites de mer et les saumons.

## 4. — RÉSULTATS - INTERPRÉTATION

### 4.1. - Bilan de l'activité de saut

Lors des quatre séries d'observation, 6.331 activités de saut de salmonidés ont été dénombrées sur les deux barrages (2.515 sur le Grand Barrage et 3.816 au Barrage des Gorêts). Pour ces totaux, la répartition en effectifs des différentes modalités est semblable pour les deux barrages (liaison significative pour  $\alpha = 0,01$  pour le test de  $\chi^2$ ). Cependant, le franchissement du Grand Barrage apparaît plus facile avec un taux moyen (toutes séries confondues) de 11,8 pour cent significativement supérieur ( $\alpha = 0,05$ ) à celui calculé pour le barrage des Gorêts, soit 6,9 pour cent. La différence provient d'une

proportion plus élevée (7,0 % contre 3,2 % ;  $\alpha = 0,05$ ) de la modalité "Non Franchi" pour le barrage des Gorêts. Il convient cependant d'analyser plus précisément les proportions relatives de ces modalités (figure 5) selon les séries d'observations.

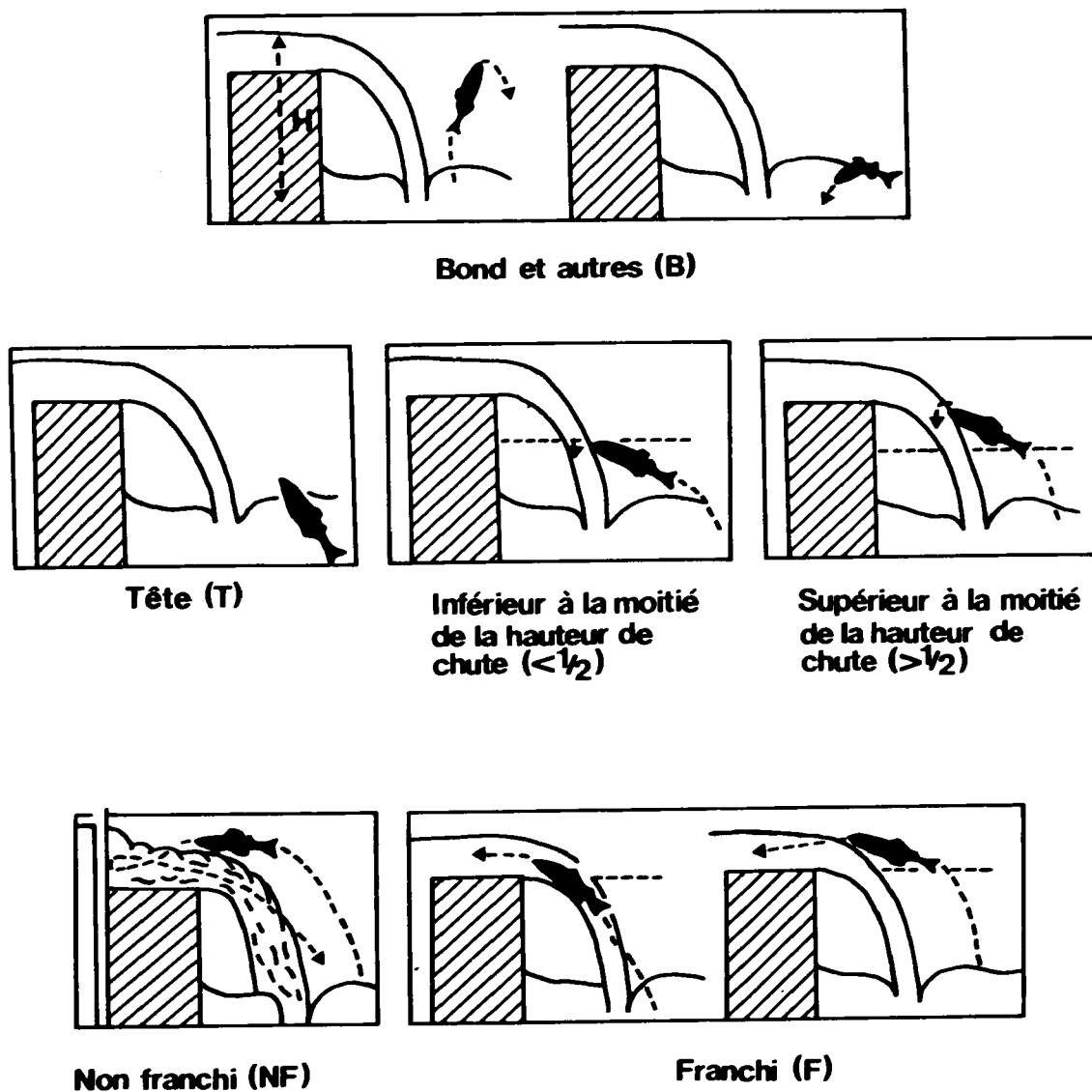


Figure 4 : Différentes modalités de saut de salmonidés migrateurs utilisées lors du dépouillement des bandes vidéo.

H : Hauteur de la chute d'eau

Figure 4 : Different leap modalities of migratory salmonids which were used in the video tape reading

H : waterfall height

Lors des séries 1 et 2 (mai et juin) le Barrage des Gorêts a constitué un obstacle non négligeable à la migration des salmonidés puisque seulement 1,1 à 3,4 pour cent des sauts ont donné lieu à un franchissement. Pendant les mêmes périodes, respectivement 20,2 pour cent et 8,0 pour cent de franchissements étaient observés sur le Grand Barrage, avec un nombre total d'activités bien inférieur (figure 5).

Pour les séries 3 et 4 (juillet et août), alors que le débit résiduel était faible, le colmatage des fuites des pertuis à aiguilles a entraîné une nette amélioration du franchissement par rapport à la série 2 (significative au seuil  $\alpha = 0,05$ ).

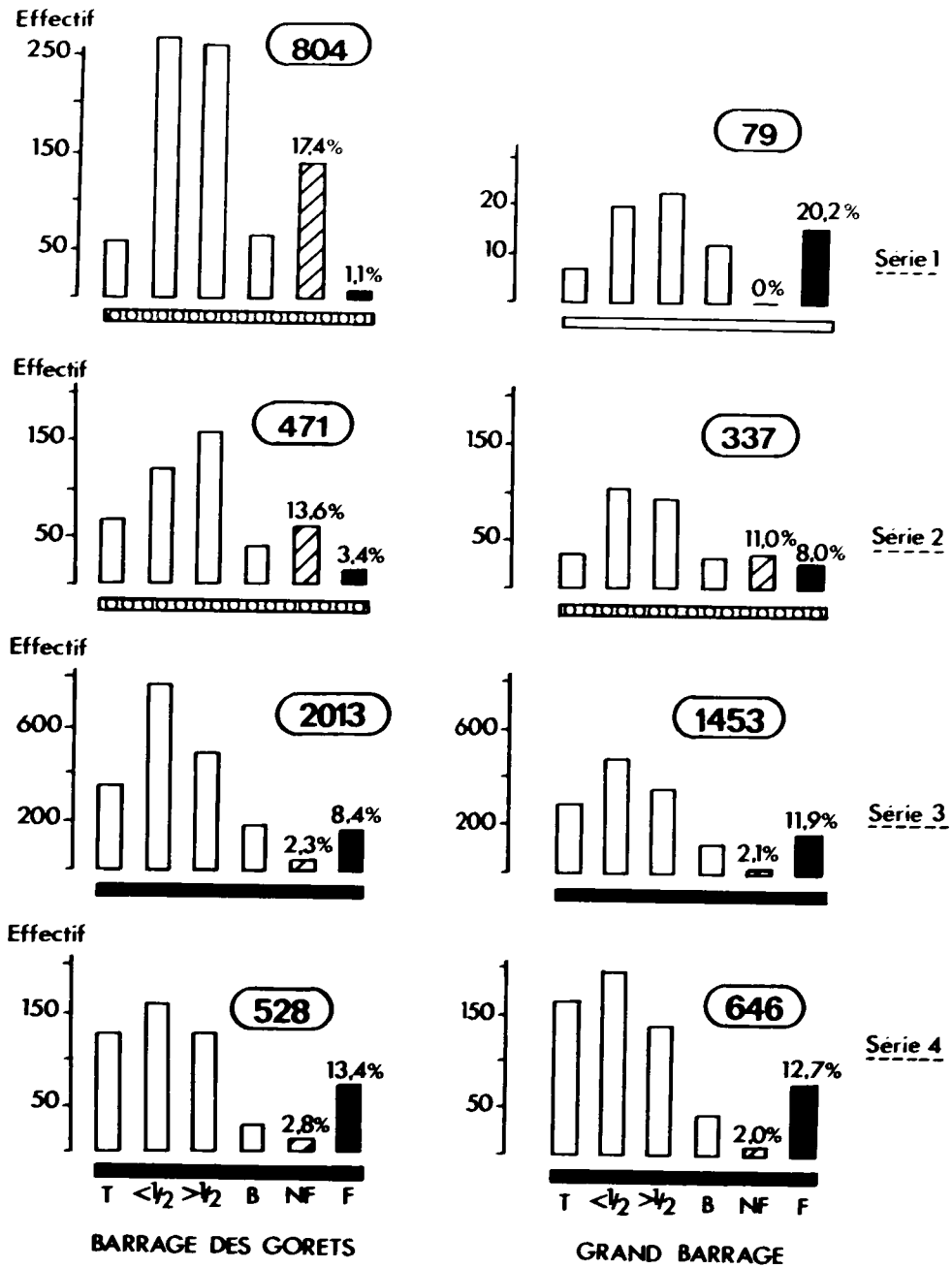


Figure 5 : Distribution des différentes modalités de l'activité de saut des salmonidés migrateurs observés au Barrage des Gorêts et au Grand Barrage au cours des quatre séries d'observation en 1985.

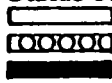


- T = Tête
- < 1/2 = Inférieur à la moitié de la hauteur de chute
- > 1/2 = Supérieur à la moitié de la hauteur de chute
- B = Bonds et autres
- NF = Non Franchi (sur pertuis fermé)
- F = Franchi
- (x) = Nombre total d'activités

Les proportions des deux modalités (NF) et (F) sont mentionnées.

Etat des pertuis à aiguilles :

- [ ] = ouvert
- [X] = fermé mais avec de nombreuses fuites
- [■] = fermé et colmaté

**Figure 5 :** Distribution of different modalities in leaping activity of migratory salmonids observed at the "Barrage des Gorêts" and "Grand Barrage" for the 4 study periods in 1985.

- T - Head out  
 < 1/2 - Jump less than half the drop  
 > 1/2 - Jump more than half the drop  
 B - Non oriented leaps and miscellaneous  
 NF - Unsuccessful jumps (on closed sluices)  
 F - Successful jumps  
 (x) - Total activity number  
 The proportion of two modalities (NF) and (F) are indicated  
 Status of the vertical beam gate :  
 - Open  
 - Closed with numerous leaks through the beams  
 - Closed.

Indépendamment des sauts franchis, si on suppose que les modalités de sauts (>1/2) et (NF) représentent des tentatives réelles de franchissement, la comparaison inter-barrage des proportions cumulées de ces deux modalités doit aussi rendre compte des conditions de passage des salmonidés. De fait, ces proportions sont supérieures à 40 pour cent (tableau 2) seulement lorsque les pertuis à aiguilles, bien que fermés, provoquent un fort courant d'attraction. Quand ces pertuis sont ouverts ou colmatés, cette proportion est toujours inférieure à 30 pour cent.

	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
Grand barrage	25,1	39,7	26,6	24,0
Barrage des Gorêts	50,0	47,6	26,5	26,9

**Tableau 2 :** Proportions cumulées des sauts de modalités ">1/2" et "NF" par rapport à l'activité totale de saut pour les 4 séries et les deux barrages.

x : Pourcentages significativement liés deux à deux ( $\alpha = 0,05$ ).

**Table 2 :** Cumulated proportions of the leap modalities ">1/2" and "NF" related to the total leaping activity for the four study periods and both dams

x : Significant relationship ( $\alpha = 0,05$ ) in pairs

#### 4.2. - Localisation des activités de saut

Les activités de saut ne se réalisent pas n'importe où devant un barrage. Outre la présence plus ou moins importante de salmonidés en migration, la localisation de ces activités dépend étroitement de deux facteurs du milieu :

- courant d'attraction
- présence d'une fosse d'appel pour le saut.

Sur ce type de barrage, le franchissement ne sera effectif que si, en plus, les pertuis devant lesquels ont lieu les sauts sont ouverts. C'est justement la non simultanée de ces trois facteurs qui explique le grand nombre d'échecs des sauts pendant les séries 1 et 2 et principalement au Barrage des Gorêts (figure 6).

Le cas du **Grand Barrage** lors de la **série 1**, où les pertuis à aiguilles ouverts provoquaient un fort courant d'attraction, est particulier. En effet, le seuil inférieur de ces pertuis et la lame d'eau disponible autorisaient un comportement proche de la nage. Lors de la **série 2**, devant les pertuis à aiguilles fermés de ce barrage, 28 pour cent de l'activité de saut a été observée. Simultanément, un autre courant attractif (figure 6) a déterminé la plus grande partie de l'activité de saut devant les pertuis P10 et P13 qui étaient ouverts.

Pour le **Barrage des Gorêts**, lors des séries 1 et 2, le principal courant d'attrait se situait en rive droite (pertuis à aiguilles fermés et autres pertuis ouverts : P4 et P5 pour la série 1 ; P3 pour la série 2). Il y a suscité toute l'activité de saut. La fosse d'appel ne s'étendant pas au-delà du pertuis 3 (figure 6), 7 pour cent seulement de l'activité de saut a eu lieu sur les pertuis 4 et 5 pendant la série 1, alors que 40 pour cent s'est effectuée sur le pertuis 3 lors de la série 2.

Pendant les séries 3 et 4, la gestion expérimentale des barrages a permis de concentrer le courant attractif sur le seul pertuis ouvert, ce dernier correspondant à une fosse d'appel (figure 7). Pour les deux barrages, la quasi totalité des activités de saut ont été alors localisées sur ces pertuis. Le taux de franchissement s'est révélé équivalent dans tous les cas.

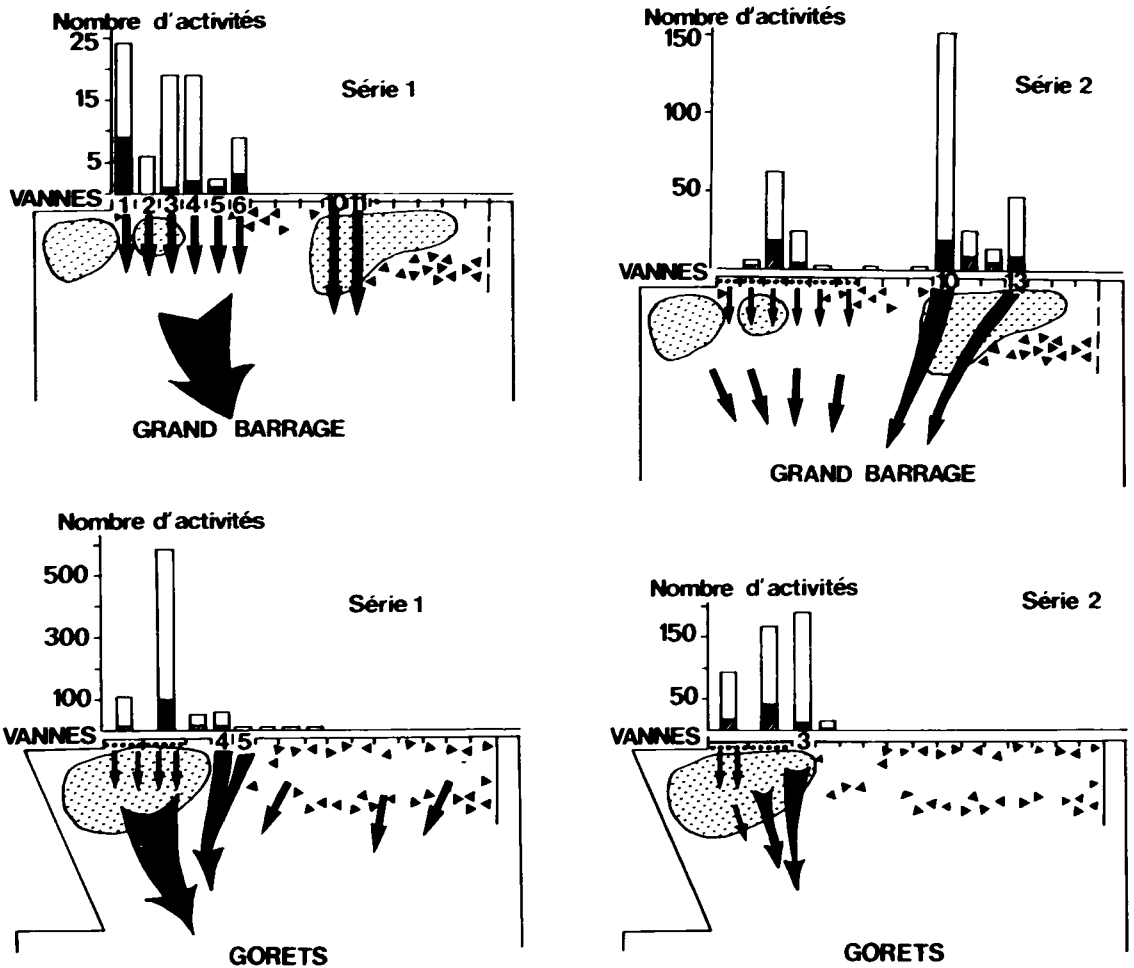


Figure 6 : Nombre d'activités de sauts de salmonidés migrateurs observés sur chaque pertuis du Barrage des Gorêts et du Grand Barrage au cours des séries 1 et 2

- : Activité totale ; ▨ : (NF) ; ■ : (F)
- : Pertuis fermé ; | | : Pertuis ouvert
- ... : Pertuis à aiguilles ; ▲ : Blocs de rochers ;
- ⊙ : Fosse d'appel ; ➔ : Courants d'attraction majeurs provoqués par les chutes d'eau et/ou les fuites du barrage.

Figure 6 : Number of leaping activities of migratory salmonids observed at each sluice of the "Barrage des Gorêts" and the "Grand Barrage" for the period 1 and 2

- : Total activity ; ▨ : (NF) ; ■ : (F)
- : Closed sluice ; | | : Open sluice
- ... : Vertical Beam gate ▲ : Blocks and rocks
- ⊙ : Deep pool ➔ Main attraction currents induced by waterfalls and/or leak through the sluices

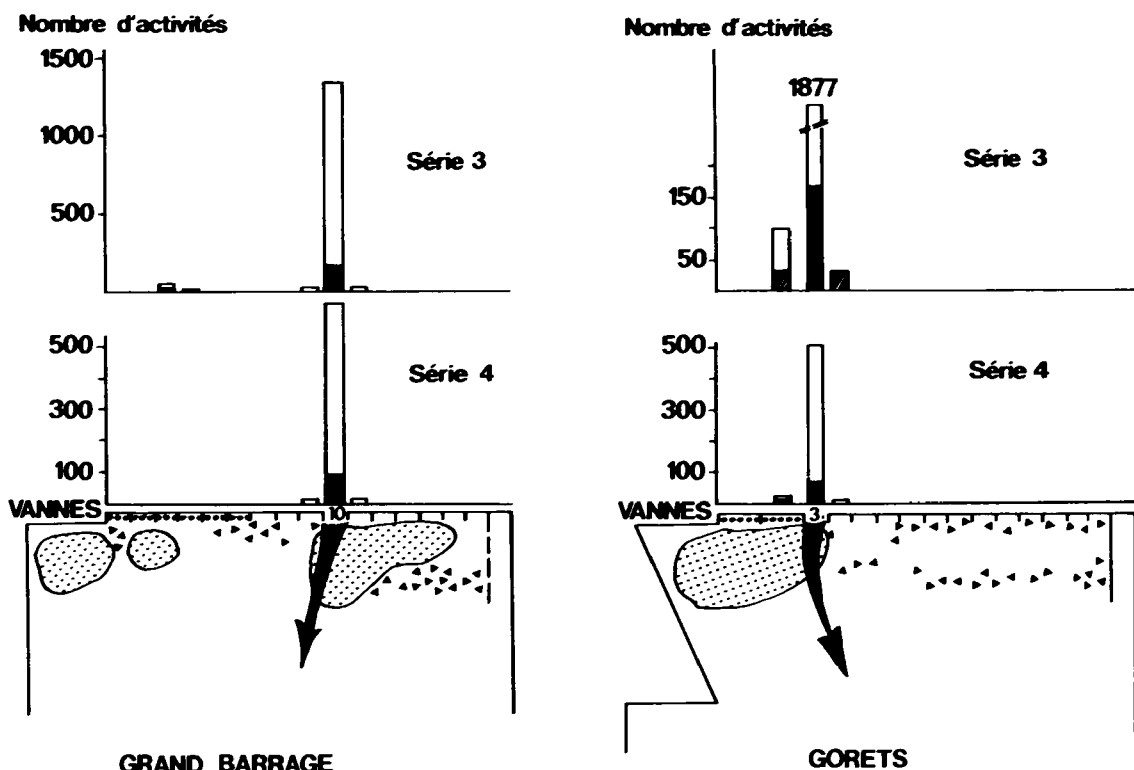


Figure 7 : Nombre d'activités de sauts de salmonidés migrateurs observés sur chaque pertuis du Barrage des Gorêts et du Grand Barrage au cours des séries 3 et 4 (même légende que pour la figure 6).

Figure 7 : Number of leaping activities of migratory salmonids observed at each sluice of the "Barrage des Gorêts" and the "Grand Barrage" for the periods 3 and 4 (same legend than figure 6).

## 5. - DISCUSSION

### 5.1. - Orientation et localisation des activités de saut

Le franchissement d'obstacles par les salmonidés migrateurs en montaison apparaît comme la résultante d'un ensemble de facteurs. Il convient de les bien circonscrire tous pour améliorer les conditions de migration. Or, relativement peu d'auteurs se sont attachés à l'étude précise des modalités du comportement de saut si ce n'est sous un aspect descriptif (JONES, 1959; MILLS, 1971). Ce sont surtout STUART (1962) et plus récemment REISER et PEACOCK (1985) qui ont essayé d'en démontrer les mécanismes à des fins d'aménagement.

Nos résultats semblent confirmer les résultats de STUART (1962) à savoir la grande importance de "l'orientation", comme première phase du processus de franchissement. Ceci est particulièrement illustré par la localisation précise des activités de saut lors des séries 3 et 4 comparativement à celle plus diffuse lors des séries 1 et 2. Selon cet auteur, les poissons en "pseudo repos" à plusieurs mètres à l'aval d'une chute s'orientent directement vers le(s) lieu(x) d'impact de l'eau déversante. Cette orientation à moyenne distance serait de plus influencée par la quantité d'air incorporée à l'eau et par le bruit provoqué par la chute.

Par contre, à proximité immédiate de la chute, la stimulation des salmonidés pour réaliser un saut orienté est liée à la présence d'un ressaut hydraulique consécutif à la chute (REISER et PEACOCK, 1985). La hauteur de la chute, la vitesse du flux et la profondeur de la fosse d'appel constituent alors les trois paramètres essentiels déterminant les conditions de sauts. Comme conditions optimales, STUART (1962) a préconisé une profondeur idéale de la fosse de 1,25 fois la hauteur à franchir. Sur le Blavet les sauts de grande amplitude ( $> 1/2$ ), (NF) et (F) ont bien été observés dans les zones de plus grandes profondeurs (supérieures à 1,40 m), correspondant à plus de la hauteur moyenne de chute.

Toutefois l'orientation finale d'un saut dépend en grande partie de la direction des courants ascendants dans le ressaut hydraulique qui sont utilisés par les poissons pour leur prise d'appel (STUART, 1962 ; REISER et PEACOCK, 1985). C'est pourquoi la présence de nombreux blocs à l'aval immédiat des barrages du Blavet, précisément dans les profondeurs propices aux sauts, est sans doute à l'origine des nombreux sauts mal orientés en dépit de leur hauteur satisfaisante ( $> 1/2$ ). Une étude sur modèle réduit devrait pouvoir préciser le rôle exact de toutes ces turbulences dans la prise d'appel par les poissons.

Mais, à supposer que les profondeurs des fosses d'appel soient adéquates, il existe bien sûr une hauteur limite que les poissons ne peuvent pas franchir. Le calcul de cette limite peut être réalisé grâce à la formule de REISER et PEACOCK (1985) :

$$h = V^2 / 2g$$

avec :  $V$  = Vitesse du poisson lors de sa sortie de l'eau ( $m.s^{-1}$ )

$g$  = accélération de la pesanteur ( $9,81 m.s^{-2}$ )

$h$  = hauteur du saut (en m).

Cette formule est théorique et s'applique essentiellement aux chutes d'eau quasi-verticales, comme le sont celles des barrages étudiés.

En utilisant les données de BELL (1973, *in* REISER et PEACOCK, 1985) et de ORSBORN (1982, *in* *ibid*) concernant la vitesse maximale de nage du Saumon atlantique (soit environ  $8 m.s^{-1}$ ) la hauteur maximale franchissable serait de 3,3 mètres.

STUART (1962), puis ORSBORN (1982 *in* *ibid*) signalent que les "eaux blanches", résultant d'une émulsion avec de l'air, réduisent les vitesses de pointe et perturbent la prise de repère visuels des poissons ; en conséquence l'efficacité des sauts s'en trouve amoindrie. Or, nous avons relevé nombre de pertuis présentant ces "eaux blanches", particulièrement pendant les séries 1 et 2. Les observations recueillies n'ont cependant pas pu être traitées ici pour tester précisément l'influence des "eaux blanches" sur la hauteur des sauts.

## 5.2. - Le franchissement des obstacles

Même s'il y a saut, il n'y a pas forcément franchissement de l'obstacle. Pour les deux barrages du Blavet, très peu de franchissements par saut ont été observés par rapport aux différentes activités répertoriées (le cas du Grand Barrage lors de la série 1 est à considérer séparément puisque son franchissement se faisait plus par nage que par saut).

Mais que représentent exactement les différentes activités dans le franchissement d'un obstacle ? Existe-t-il des phases préliminaires (sorties, ( $< 1/2$ ), Bonds) avant des tentatives sérieuses ( $> 1/2$ ), et (F) ? Il n'existe pas d'information dans la littérature mettant en évidence un aspect séquentiel et une certaine latence entre les différentes activités de saut.

On peut cependant penser que les sauts (NF) voire ( $> 1/2$ ), donc non couronnés de succès, conduisent à une fatigue des animaux. Celle-ci est d'autant plus grande que les prises d'appel utilisent une vitesse de nage "de pointe" et que les processus musculaires impliqués se font par voie anaérobie et donc à récupération lente (BLAXTER, 1969). Si les poissons sont obligés de récupérer, la sommation des temps de latences entre chaque tentative va se traduire par un retard à la montaison. Ce retard ne porterait guère à conséquence pour les rivières courtes comme le Blavet. Mais pour les longs fleuves comportant de nombreux obstacles comme l'axe Loire-Allier, il convient de retarder au minimum les migrateurs pour leur offrir une chance d'atteindre les frayères à temps. Tel n'est pas toujours le cas pour ce fleuve (CUINAT, com. pers.).

## 5.3. Propositions d'aménagement

Ainsi, tout gestionnaire de barrage de faible hauteur devrait disposer d'un plan de gestion hydraulique. Celui-ci permettrait d'utiliser au mieux les débits disponibles en tenant compte simultanément des contraintes d'ordre hydraulique et d'ordre biologique. Pour les salmonidés migrateurs, l'objectif d'un tel plan de gestion est de les orienter au plus vite vers les parties du barrage les plus favorables à un franchissement rapide de l'obstacle.

Pour un barrage supposé en bon état, la mise au point d'un tel plan de gestion hydraulique suppose une bonne connaissance préalable de la bathymétrie à l'aval de l'obstacle et du régime hydrologique du cours d'eau. L'élaboration d'un tel plan nécessite alors :

— de choisir comme pertuis à laisser ouverts ceux situés à l'amont de fosses d'appel (profondeur supérieure ou égale à 1,25 fois la hauteur de chute).

— de disposer les enrochements de l'aval immédiat des barrages de telle manière que le ressaut hydraulique facilite l'orientation des sauts.

— d'ouvrir le nombre nécessaire de ces pertuis pour disposer de lames d'eau déversantes les plus verticales possible pour que les franchissements soient les plus aisés (WEBB, 1975 *in* LARINIER, 1977) (REISER et PEACOCK, 1985).

A titre d'exemple et sur ces bases, un tel plan de gestion a pu être proposé pour les deux barrages du Blavet (OMBREDANE *et al.*, 1985).

Ainsi le franchissement de nombreux barrages de faible hauteur peut être grandement amélioré par des dispositions simples et peu onéreuses. Toutefois, il convient de tenir compte de l'effet des températures de l'eau (MENZIES 1939 *in* BANKS, 1969) qui peuvent être inhibitrices pour l'activité de saut. Dans cette étude aucun saut n'a été observé pour des températures inférieures à 10 °C ou supérieures à 22 °C (OMBREDANE *et al.*, 1985). Or, les migrations hivernales et printanières de grands saumons, de taille supérieure à 75 cm, (FONTENELLE *et al.*, 1980) se déroulent dans le Blavet pour des températures inférieures à 10 °C. Il est vrai que les débits sont alors importants, et que le franchissement s'effectue par un comportement plus proche de la nage stricte (vitesse soutenue) que du saut.

## 6. - CONCLUSION

Des observations diurnes en continu du comportement de saut de salmonidés migrateurs adultes face à deux barrages du Blavet a permis de montrer que les activités sont très nombreuses par rapport aux franchissements réels. De plus, ces activités se localisent préférentiellement en aval immédiat de certains pertuis. Les paramètres bathymétriques et hydrauliques apparaissent directement impliqués dans ce processus. C'est pourquoi il est possible de modifier la localisation des activités et le taux de franchissement.

En définitive, il semble que le comportement de saut et le taux de franchissement puissent constituer un indicateur de la difficulté d'un barrage droit pour des salmonidés migrateurs. Par ailleurs un aménagement peu onéreux est envisageable pour améliorer ces conditions en suivant un plan de gestion hydraulique adapté à chaque état d'eau.

Cette approche méthodologique pourrait aussi être utilisée dans la prévision de l'impact de modifications du régime hydraulique au niveau d'un barrage sur les migrations de Salmonidés.

Au terme de cette étude de comportement de saut des salmonidés migrateurs, il resterait à préciser :

- les relations entre les diverses modalités de saut (mise en évidence d'une éventuelle séquentialité) pour chaque pertuis.
- la fatigue des poissons en analysant l'évolution des temps de repos entre chaque tentative.

Mais, ces études nécessiteraient une reconnaissance individuelle de quelques poissons par un marquage approprié.

De même, l'influence des principaux facteurs du milieu (température, débits absolus et leurs variations, degré d'émulsion air/eau...) sur ces modalités permettraient de mieux intégrer les aménagements proposés dans la dynamique du phénomène migratoire (plusieurs fractions de stock, saisons, éloignement de la zone maritime...).

Enfin, si la mise en place d'échelles à Salmonidés ne paraît pas prioritaire pour de tels barrages, il conviendrait par contre de réaliser des dispositifs de franchissement pour les autres espèces de poissons qui ne peuvent franchir ces barrages que très rarement (Truite commune, Lamproie, Alose, Anguille,...) Si tel était le cas, les salmonidés pourraient de toute façon en profiter également.

## 7. - REMERCIEMENTS

Ce travail est issu d'une étude réalisée dans le cadre d'un contrat entre la Société d'Économie Mixte pour l'Aménagement et l'Équipement en Bretagne (Agence du Morbihan) et le Centre Régional d'Études Biologiques et Sociales (Rennes). Nous tenons également à remercier la Direction Départementale de l'Équipement du Morbihan ainsi que la Municipalité d'Inzinac-Lochrist pour les aides techniques qu'ils nous ont fournies sur le terrain.

**8. - BIBLIOGRAPHIE**

- BANKS J.W., 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *J. Fish Biol.* 1, 85-116.
- BLAXTER J.H.S., 1969. Swimming speeds of fish. *FAO Fish. Rep.*, 62(2), 69-100.
- FONTENELLE G., 1972. Recherches préliminaires en Bretagne sur le Saumon atlantique (*Salmo salar* L.) - Remontée des adultes. Diplôme d'Études Approfondies "Éco-éthologie", Université Rennes 1, 20 p. ronéotypées.
- FONTENELLE G., DOUAIRE G., BAGLINIÈRE J.L., PROUZET P., et HARACHE Y., 1985. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Brittany and Lower-Normandy. Preliminary observations on the general characteristics of adults. *Fish. Mgmt.*, 11(3), 87-100.
- HAYES F.R., 1953. Artificial freshets and other factors controlling the ascent and populations of Atlantic salmon in the La Have River. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 99, 47 p.
- JONES J.W., 1959. The Salmon. Collins, London, 192 p.
- LARINIER M., 1977. Les passes à poissons. Étude n° 16, CTGREF - Groupement d'Antony, Division Qualité des Eaux, Pêche et Pisciculture, 136 p.
- LARINIER M., 1985. Performances de nage des poissons et conditions hydrauliques dans les ouvrages permettant le franchissement des obstacles à la migration, Document interne CEMAGREF-DQEPP, 3 p.
- MILLS D., 1971. Salmon and trout: a resource, its ecology, conservation and management. Oliver & Boyd, Edinburgh, 351 p.
- OMBREDANE Dominique, FONTENELLE G., OHRESSER H., ROCHEPEAU S., 1985. Étude de l'impact prévisible du projet de microcentrale hydroélectrique d'Inzinzac-Lochrist sur la circulation des poissons migrateurs du Blavet, Morbihan. Rapport CREBS Rennes/SEMAEB Morbihan, 121 p.
- REISER D.W. et PEACOCK R.T., 1985. A technique for assessing upstream fish passage problems at small-scale hydropower developments, pp423-432 in OLSON F.W., WHITE R.G. et HAMRE R.H. (Ed.), 1985. Proceedings of the Symposium on small hydropower and fisheries, American Fisheries Society, Bethesda (MA), 497 p.
- STUART T.A., 1962. The leaping behaviour of salmon and trout at falls and obstructions. *Freshwat. Salm. Fish. Rep.*, 28, 46 p.