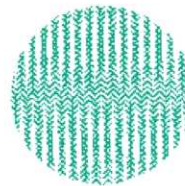


Conseil Supérieur de la Pêche



INRA

Institut National de la Recherche Agronomique

Conseil scientifique du Moulin des Princes

**État du stock de saumon atlantique (*Salmo salar*)
du Scorff (Bretagne sud, France) en 1998 :
production de smolts, retours d'adultes, échappement,
taux d'exploitation et de survie.**

Étienne Prévost

INRA

Laboratoire d'écologie aquatique

65 rue de St Brieuc

35042 Rennes cedex (France)

**État du stock de saumon atlantique (*Salmo salar*)
du Scorff (Bretagne sud, France) en 1998 :
production de smolts, retours d'adultes, échappement,
taux d'exploitation et de survie.**

***Stock Status of the Atlantic Salmon (*Salmo salar*)
in the Scorff R. (Southern Brittany, France) in 1998:
smolt production, adult returns, escapement,
exploitation and survival rates.***

Étienne Prévost
INRA
Laboratoire d'écologie aquatique
65 rue de St Brieuc
35042 Rennes cedex (France)

Résumé

Le Scorff est un petit fleuve côtier breton, représentatif des cours d'eau à saumon du Massif armoricain. Depuis mai 1994, il est équipée d'un système de contrôle des migrations qui permet de quantifier à la fois les retours d'adultes et le flux de smolts dévalant vers le mer.

Le production de smolts 1998 est estimée à 4827, pour une taille moyenne (longueur fourche) est de 135 mm, un rapport des sexes déséquilibré en faveur des femelles (64.3%) et une composition en âge est de 80% de 1 an, 19.8% de 2 ans et 0.2% de 3 ans. L'effectif du flux dévalant est en dessous de la moyenne des trois premières années de suivi, ce qui contraste avec les fortes abondances en tacons de l'année observées à l'automne précédent. La cohorte 1997 a été affectée par une mauvaise survie hivernale 1997/98.

Des mortalités de juvéniles dévalants très supérieures aux années précédentes ont été enregistrées en 1998. Une évaluation de l'impact global des opérations de piègeage/manipulation/marquage sur le flux total dévalant montre que leur effet sur la survie jusqu'au stade adulte reste somme toute marginal par rapport à la mortalité naturelle en mer : au maximum 0.7% de mortalité additionnelle si la survie en mer est de 10%.

Les retours d'adultes sont estimés à 527 1HM (individus ayant séjourné un seul hiver en mer ou castillons) et 24 PHM (poissons âgés de 2 ans de mer ou saumons de printemps). La taille moyenne (longueur fourche) des 1HM est de 608 mm contre 719 mm pour les PHM.

Tous types confondus, la composition en âge d'eau douce des adultes est de 86.1% de 1 an et 13.9% de 2 ans. Les retours de saumons de printemps extrêmement bas observés en 1998 renforcent la nécessité de réduire au maximum les prélèvements opérés sur cette fraction des stocks. Les attentes soulevées par la forte production de smolts en 1997 ne se sont pas concrétisées en raison d'une mauvaise survie en mer (taux de retour des IHM : 5%). Le vague estivale principale de remontées des castillons a été également plus tardive que les années précédentes.

La dépose d'œufs lors de la reproduction 1998 est estimée à 857 000 œufs. La cible d'échappement du Scorff n'a pas été atteinte en 1998 et ce pour la première fois depuis le début du programme de suivi du stock. Néanmoins, la probabilité *a posteriori* que la dépose d'œufs ait été supérieure à 75% de la cible d'échappement est de 97.4%. Ce résultat médiocre en terme d'échappement a été obtenu malgré une exploitation par la pêche à la ligne qui reste assez légère (taux d'exploitation : 14%) et largement dans les limites du TAC alloué au Scorff (taux de consommation du TAC : 31%).

Summary

The Scorff R. is a short coastal stream of Brittany, representative of the salmon rivers of the Armorican Massif. Since 1994, it has been fitted out with a trapping facility which enable to quantify both adult returns and smolt output.

Smolt production was estimated at 4827 in 1998. The average size (fork length) is 135 mm, the sex ratio is biased toward females (64.3%) and the age composition is 80% 1 year old fish, 19.8% 2 years old and 0.2% 3 years old. The number of descending juveniles is below the mean of the first three years of the survey, what contrasts with the high abundance of parr observed in the preceding autumn. The 1997 cohort has been affected by a low survival during the 1997/98 winter.

Mortalities of down-migrating juveniles much higher than in the previous years were recorded in 1998. An assessment of the global impact of the trapping/handling/marketing operations on the total smolt output revealed that their effect on the survival to the returning adult stage was rather marginal relative to the natural mortality at sea: 0.7% maximum of additional mortality if sea survival is 10%.

The estimates of adult returns were 527 ISW and 24 MSW (two sea winter only). The mean size (fork length) of the ISW was 608 mm and 719 mm for the MSW. All types combined, the river age composition of the adults is 86.1% of 1 year old fish and 13.9% of 2 years old. The extremely low spring salmon returns observed in 1998 emphasise the need to minimise at the very most the removals from this fraction of the stock. The expectations risen by the high 1997 smolt production did not materialise because of a low sea survival (5% of ISW return rate). The main summer run of grilse was also later than in preceding years.

The egg deposition during the 1998 reproduction period is estimated at 857 000 eggs. The spawning target was not achieved in 1998 for the first time since the beginning of the stock survey. Nevertheless, the posterior probability of the egg deposition being at least 75% of the spawning target is 97.4%. This poor result in term of spawning escapement is obtained despite a rod and line exploitation which stays rather light (14% exploitation rate) and well below the limit set by the TAC allocated to the Scorff (31% TAC consumption rate).

Introduction

Avec la mise en service en mai 1994 de la station de contrôle des migrations de saumon du Moulin des Princes à Pont-Scorff (Morbihan), la Bretagne s'est dotée d'une installation expérimentale sans équivalent en France pour l'étude de la dynamique de population chez le saumon atlantique (*Salmo salar*). Située en fond d'estuaire à la limite de l'influence des marées, elle permet de contrôler les entrées/sorties de l'ensemble du bassin. Elle dispose d'un double système de piégeage capturant les juvéniles au moment de leur migration vers le mer et les adultes lors de leur retour en eau douce. Cet outil a permis le démarrage d'un programme scientifique dont un des objectifs finalisés est l'évaluation du stock sur un système bien représentatif des cours d'eau à saumon bretons¹.

En 1997, l'installation du Moulin des Princes a été complétée par un nouveau dispositif de piégeage placé au Moulin du Leslé², moins de deux kilomètres en amont du Moulin des Princes, dans le but d'améliorer la qualité des estimations du flux de smolts. Ce dispositif, conçu uniquement pour capturer des juvéniles dévalants, est amovible et est mis en fonction temporairement, seulement durant la période de migration des smolts vers la mer, du mois de mars au mois de mai.

Le présent document fait le bilan des données récoltées en 1998 sur le Scorff concernant la production de smolts, les retours d'adultes et l'échappement. Une comparaison du nombre d'œufs déposés lors de la reproduction par rapport à une cible échappement, une estimation du taux d'exploitation par la pêche à la ligne ainsi que des évaluations des taux de survie de l'œuf au smolt et du smolt à l'adulte (phase de vie en mer) sont également proposées.

I - Matériel et méthodes

Le Scorff

Le Scorff est un fleuve côtier Breton (Fig. 1) qui se jette dans la rade de Lorient (Morbihan). Long de 75 km (dont 10 km d'estuaire), il draine une surface de bassin versant de 480 km². Son débit moyen annuel dans sa partie basse est d'environ 5 m³/s. Il coule sur un substrat essentiellement granitique mais traverse deux bandes schisteuses engendrant deux ruptures de pente sur son cours principal. Il est colonisé par une quinzaine d'espèce de poissons, dont quatre sont des migrateurs amphihalins : la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), la truite commune (*Salmo trutta*) et le saumon atlantique. Il fait donc partie de la vingtaine de cours d'eau à saumon bretons dont il est un élément bien représentatif.

Cible d'échappement

En 1996, un nouveau système de gestion des stocks de saumon atlantique a été mis en place à l'échelle de la Bretagne. La partie la plus visible du nouveau dispositif est constituée de "Totaux autorisés de captures" (ou TACs), limites hautes pour les prélèvements par pêche fixées bassin par bassin et approuvées par le Comité de gestion des poissons migrateurs de Bretagne (COGEPOMI, instance consultative où sont représentés les gestionnaires, les exploitants et les scientifiques). Ce nouveau système repose en fait, conformément aux

¹ La station du Moulin des Princes est la propriété de la Fédération du Morbihan pour la pêche et la protection des milieux aquatiques. L'installation ainsi qu'un poste de technicien sont mis à disposition de 2 opérateurs scientifiques, l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et le Conseil supérieur de la pêche (CSP), responsables du programme de recherche.

² Ce nouveau dispositif appartient à l'APPMA de Plouay et est installé sur le site du Moulin du Leslé grâce à l'accord de son propriétaire, Mr de Polignac.

recommandations internationales du CIEM (Anonyme, 1996a), sur la détermination de cibles d'échappement bassin par bassin selon la définition suivante : la cible d'échappement est le nombre d'œufs nécessaires lors de la reproduction pour, en moyenne sur le long terme, maximiser la fraction du stock prélevable par la pêche (Prévost et Porcher, 1996).

Prévost et Porcher (1996) ont proposé une méthodologie afin de déterminer des cibles d'échappement pour chacune des rivières du Massif Armoricaïn fréquentée par le saumon atlantique. En l'appliquant aux données disponibles pour le Scorff, en particulier en incorporant la quantification la plus récente des surfaces en eau supportant la production de juvéniles réalisée par Claude (1996), on aboutit à une cible d'échappement de 953 852 œufs.

Estimation de la production et caractéristiques des smolts

La production de smolts est estimée par marquage/recapture selon le même protocole que celui suivi en 1997 (Prévost, 1998). Sur le site du Moulin du Leslé, les individus dévalants piégés sont seulement dénombrés et marqués. Le marquage consiste en un marquage de masse (par ablation de l'extrémité d'une nageoire pelvienne) et un marquage individuel par "implant visible" introduit dans l'opercule. Au Moulin des Princes, les juvéniles migrants capturés sont dénombrés, examinés pour la présence de marques, mesurés (longueur fourche (Lf), mm) et pesés (g). Des écailles sont prélevées sur certains pour déterminer leur âge, en essayant d'atteindre un nombre minimum de 20 prélèvements par classe taille de 5 mm. Une attention particulière est portée à ce que pour chaque classe de taille les prélèvements d'écailles soient répartis tout au long de la période de dévalaison. Les individus récupérés morts à l'un des deux pièges sont sexés.

L'estimation de l'effectif dévalant et son intervalle de confiance à 95% ont été calculés par la méthode de Darroch telle que mise en œuvre par logiciel SPAS (Arnason *et al.*, 1996). Cette méthode travaille sur des données stratifiées et permet de tenir compte des variations des taux de marquage et de recapture suivant les strates. Quatre strates de marquage et quatre strates de recapture ont été distinguées pour la dévalaison 1998. Les poissons ayant perdu leur marque individuelle ont été réaffectés aux différentes strates de marquage au *pro rata* du profil de distribution de leur strate de recapture dans les strates de marquage. Les strates ont été déterminées après examen de la matrice des recaptures journalières contenant dans chaque cellule (i,j) le nombre d'individus marqués le jour i et recapturés le jour j. Le critère retenu pour délimiter les strates a été que l'essentiel des individus appartenant à une strate de recapture proviennent d'une et une seule strate de marquage, tout en évitant de constituer des strates dont les effectifs de recaptures seraient trop faibles. On a cherché ainsi à déterminer des groupes de juvéniles migrants au comportement homogène du point de vue de l'expérience de marquage/recapture, les poissons d'une même période de marquage étant grossièrement repris durant une seule et même période de recapture. Par voie de conséquence, la matrice des recaptures par strate a une structure à peu près diagonale, ce qui favorise la convergence des algorithmes d'estimations utilisés par le logiciel SPAS.

Pour décrire le rythme de migration, on évalue journallement le nombre de juvéniles dévalants ayant quitté le Scorff de la façon suivante :

$$N_i = (n_{li}/e_{li} + n_{pi}/e_{pi})/2$$

N_i = nombre de juvéniles ayant dévalé le jour i,

n_{li} = nombre de juvéniles capturés au Moulin du Leslé le jour i,

e_{li} = efficacité du piège du Moulin du Leslé le jour i,

n_{pi} = nombre de juvéniles capturés au Moulin des Princes le jour i,

e_{pi} = efficacité du piège du Moulin des Princes le jour i.

Pour les efficacités journalières des pièges, on prend celle estimée par la méthode de Darroch pour la strate de capture ou de recapture correspondant à la journée et à l'installation considérées.

Estimation de l'échappement

Estimation du nombre d'adultes participant à la reproduction

Les effectifs d'adultes sont estimés séparément pour les "saumons vrais" (poissons ayant séjourné deux hivers en mer ou effectuant leur deuxième retour en eau douce, appelés par la suite PHM) et les castillons (poissons ayant séjourné un seul hiver en mer, appelés par la suite IHM). Quelle que soit la catégorie d'adulte concernée, l'estimation du nombre de reproducteurs participant au frai repose sur la technique de marquage/recapture.

Les opérations de marquage sont menées à la station du Moulin des Princes. Chaque poisson piégé est mesuré (Lf et longueur maxillaire supérieure, mm), pesé (g) et quelques écailles lui sont prélevées pour déterminer son âge. Il est ensuite marqué par tatouage au bleu alcyan sur une pectorale ainsi que sur le ventre entre les deux pectorales et par une combinaison de trois points apposés parmi huit positions possibles, selon un procédé analogue à celui présenté par Johnstone (1981). Ce marquage, par une combinaison de trois points parmi huit positions possibles, permet un codage de la semaine de passage au piège du Moulin des Princes. Une fois marqués, les poissons sont libérés à l'amont du dispositif de capture. La multiplication des points de marquage permet de considérer que le taux de perte de marques est négligeable.

Des échantillons de recapture sont récoltés tout au long de l'année sur des poissons étant passés en amont de la station du Moulin des Princes. On distinguera :

- ceux recueillis en cours d'année alors que des saumons adultes continuent d'entrer dans le Scorff. Ils proviennent essentiellement des captures faites par les pêcheurs à la ligne et plus secondairement de poissons morts ou mourants pris à la station du Moulin des Princes ou récupérés dans le Scorff.
- ceux obtenus pendant ou peu après la reproduction alors que tous les adultes pouvant participer au frai sont de retour dans le Scorff. Il s'agit essentiellement de poissons capturés vivants sur les frayères et examinés directement pour la détection de marques, puis libérés sur leur lieu de capture après apposition d'une contremarque sous la forme de l'ablation de l'extrémité d'une nageoire pelvienne. Les opérations de recapture pratiquées sur les frayères sont menées essentiellement de nuit au moyen d'épuisettes et sur différents sites de frai répartis tout au long du cours principal du Scorff, ainsi que sur ses principaux affluents. Pendant et peu après la reproduction il est aussi récupéré des poissons morts ou mourants que ce soit à la station du Moulin des Princes ou à proximité des sites de frai.

La séparation des IHM et des PHM parmi les poissons recapturés est faite à partir d'un prélèvement d'écailles dès lors que leur taille ($L_f > 670$ mm) et/ou leur marquage (à partir du mois de juin, il y a très peu de semaines où des PHM ont été capturés, cf. résultats) ne permet pas de les classer sans ambiguïté.

Le nombre de IHM participant à la reproduction est estimé directement en prenant en compte les échantillons recapturés pendant et juste après la reproduction. Le nombre de marques présentes dans la population d'adultes lors du frai (m_{IF}) est calculé de la façon suivante :

$$m_{IF} = m_{IT} \cdot s - m_{IL}$$

m_{IT} = nombre de IHM marqués à la station du Moulin des Princes et relâchés en amont,
 s = taux de survie des saumons adultes entre la capture au piège et la période de reproduction,
 m_{IL} = nombre de IHM marqués et retirés par les captures à la ligne.

Le taux de survie s a pour but de tenir compte du fait que, en dehors de celles retirées par la pêche, toutes les marques ne sont plus présentes au moment de la reproduction (quelle qu'en soit la cause : mort naturelle, braconnage, perte de marque...). En l'absence d'indication précise justifiant de retenir une autre valeur, s est fixé à 0.9. Le nombre de IHM marqués capturés par pêche à la ligne est estimé par :

$$m_{IL} = C_{IL} \cdot p_{IML}$$

C_{IL} = estimation des captures à la ligne de déduites du suivi de la pêcherie³,

p_{IML} = proportion de IHM marqués dans les captures à la ligne qui ont fait l'objet d'une détection de marque.

La technique statistique retenue pour l'estimation des effectifs d'adultes est calquée sur celle proposée par Gazey et Staley (1986) en ne considérant qu'un seul épisode de marquage puis de recapture. Il s'agit d'une méthode bayésienne qui permet d'obtenir la distribution de probabilité *a posteriori* de la taille de la population compte tenu des données de recapture disponibles.

La méthodologie décrite ci-dessus a subi quelques variations pour les PHM car trop peu d'entre eux (3) ont été capturés durant la période de reproduction pour pouvoir former une estimation sur cette seule base. Même si aucun poisson n'a été récupéré mort sur le Scorff consécutivement à un épisode à caractère épidémique durant le printemps 1998, de telles observations ont été faites sur d'autres cours d'eau bretons. Aussi, on a choisi d'incorporer dans la procédure d'estimation l'éventualité que des PHM soient morts dans le Scorff lors du printemps 1998, en conditionnant cependant le nombre de poissons morts par le fait qu'aucun d'entre eux n'a pu être observé. L'approche suivie pour estimer les retours de l'année 1997 déduction faite des mortalités printanières a été reprise (Prévost, 1998) en lui apportant quelques modifications de détails. Elle procède d'une démarche bayésienne fondée sur les hypothèses et le modèle probabiliste suivants :

- on considère que la récupération de poissons morts de l'épizootie printanière est un processus qui peut être assimilé à un tirage binomial, où chaque individu mort a une certaine probabilité d'être récupéré parmi l'ensemble des poissons morts. On peut alors obtenir les distributions de probabilité *a posteriori* (i.e. conditionnée par les nombres de poissons marqués effectivement récupérés morts) pour les nombres de poissons marqués morts lors de l'épizootie printanière. Pour bâtir cette distribution de probabilité *a posteriori*, on utilise les distributions *a priori* uniformes suivantes :

- entre 0.1 et 0.9 pour la probabilité de récupération des individus morts marqués ;
- entre l'effectif récupéré (0) et l'effectif total marqué moins le nombre d'individus recapturés marqués après le printemps ($9 - 3 = 6$) pour le nombre d'individus marqués morts.

- connaissant le nombre de poissons marqués (libérés en amont du Moulin des Princes) déduction faites des mortalités dues à l'épizootie, on peut obtenir, par la même technique que pour les IHM, la distribution de probabilité *a posteriori* des retours de PHM déduction faites des mortalités printanières, en cumulant toutes les recaptures de PHM faites au cours de l'année (pêche à la ligne, mortalités autres que printanières et échantillonnage sur les frayères) et en faisant l'hypothèse que la proportion de PHM marqués a été stable au cours du temps.

- on peut déduire la distribution *a posteriori* de l'échappement de PHM (E_P) de celle du nombre de retours déduction faites des mortalités printanières par la formule suivante :

$$E_P = R'_P \cdot s - C_{PL}$$

R'_P = nombre de PHM étant retournés dans le Scorff déduction faites des mortalités consécutives à l'épizootie,

³ Un suivi halieutique de l'exploitation du saumon dans le Scorff est réalisé chaque année depuis 1992 en collaboration avec l'association de pêche locale (APPMA de Plouay).

s = taux de survie des adultes entre la capture au piège et la période de reproduction (hors épizootie) = 0.9,

C_{PL} = nombre de captures de PHM estimé lors du suivi de la pêche,

Les distributions *a posteriori* des retours de PHM déduction faite des mortalités printanières et de l'échappement de PHM sont obtenues par des simulations de Monte-Carlo réalisées grâce au logiciel Crystal Ball (Anonyme, 1996b). On procède séquentiellement de la façon suivante :

- tirages des nombres de PHM morts marqués lors de l'épizootie printanière dans sa distribution de probabilité marginale *a posteriori*. La distribution marginale *a posteriori* est calculée par intégration de la distribution *a posteriori* conjointe du nombre de poissons morts marqués et de sa probabilité de récupération, l'intégration se faisant sur une grille de pas 0.01 pour la probabilité de récupération et de pas unitaire pour le nombre de poissons morts marqués ;
- tirage du nombre de retours de PHM déduction faites des mortalités printanières dans sa distribution *a posteriori* connaissant le nombre PHM marqués et morts lors de l'épidémie ;
- calcul de l'échappement connaissant l'effectif des retours de PHM déduction faites des mortalités printanières.

Des approximations des distributions marginales *a posteriori* des retours de PHM déductions faites des mortalités printanières et de l'échappement de PHM sont obtenus en cumulant les résultats de 20000 tirages.

Proportion de femelles et fécondité moyenne par femelle

La méthode retenue pour le calcul de la cible d'échappement du Scorff repose sur des estimations moyennes à l'échelle du Massif Armoricaïn de la proportion de femelles parmi les adultes et de la fécondité par femelle (Prévoist et Porcher, 1996). On utilise ces mêmes valeurs pour convertir le nombre d'adultes ayant participé à la reproduction en dépose d'œufs, soit :

- 45 % de femelles et 4058 œufs par femelle pour les IHM ;
- 80 % de femelles et 7227 œufs par femelle pour les PHM.

Estimation et distribution de probabilité de la dépose d'œufs

L'estimation de l'échappement étant menée séparément pour les IHM et les PHM, on obtient deux distributions de probabilité *a posteriori* du nombre d'adultes participant à la reproduction. Après conversion des nombres de IHM et de PHM en nombres d'œufs grâce aux paramètres présentés au paragraphe précédent, les deux distributions de déposes d'œufs ainsi obtenues sont combinées, en considérant qu'elles sont indépendantes, pour bâtir une distribution de probabilité *a posteriori* de la dépose d'œufs totale (IHM + PHM). Cette dernière est approximée au moyen de simulations de Monte-Carlo (20000 tirages) en échantillonnant indépendamment dans les distributions *a posteriori* des échappements de IHM et de PHM.

Comparaison de la dépose d'œufs avec la cible d'échappement

La confrontation de la dépose d'œufs totale avec la cible d'échappement se fait en deux temps. On compare tout d'abord la valeur la plus probable et la cible, puis on positionne la cible dans la distribution de probabilité cumulée *a posteriori* de la dépose d'œufs totale pour en déduire une probabilité que la cible d'échappement ait été dépassée, probabilité qui incorpore l'incertitude dans la détermination de la dépose d'œufs.

Estimation de l'effectif des retours d'adultes et du taux d'exploitation par la pêche à la ligne

Les effectifs des retours de IHM sont calculés à partir du nombre de poissons participant à la reproduction selon la formule suivante :

$$R_1 = E_1 / s + C_{1L} + D_1$$

R_1 = effectifs des retours de IHM,

E_1 = nombre IHM participant à la reproduction,

D_1 = IHM pris au piège du Moulin des Princes et non relâchés en amont (conservés pour d'autres expériences ou morts lors de leur capture ou au cours des manipulations).

Le total des retours de PHM (R_P) peut être obtenu en utilisant la relation suivante :

$$R_P = R'_P + M_P$$

M_P = nombre total de PHM morts (marqués + non marqués) lors de l'épizootie printanière.

Une approximation de la distribution de probabilité marginale *a posteriori* de R_P peut alors être obtenue par simulation en procédant selon la séquence de tirages suivante :

- tirage du nombre de poissons marqués morts lors de l'épizootie printanière dans sa distribution marginale *a posteriori* ;
- tirage du nombre de poissons non marqués morts lors de l'épizootie printanière dans sa distribution marginale *a posteriori*. Cette distribution marginale est obtenue de la même façon que celle des poissons morts marqués, à la différence près que la distribution *a priori* de nombre de poissons morts non marqués est choisie uniforme entre le nombre d'individus effectivement récupérés (0) et 25. Les tirages des nombres de poissons morts marqués et non marqués ne sont pas faits de façon indépendante. Ils sont effectués de telle sorte que les taux de mortalité des poissons marqués et non marqués soient liés positivement avec un coefficient de corrélation de 0.85 ;
- tirage du nombre de retours de PHM déduction faite des mortalités printanières dans sa distribution *a posteriori* connaissant le nombre de PHM morts marqués ;
- calcul pour une séquence de tirage de l'effectif total des retours de PHM en cumulant les trois nombres précédemment tirés.

Le taux d'exploitation par la pêche à la ligne est obtenu en faisant le rapport entre les captures et l'effectif des retours d'adultes le plus probable.

Estimation des taux de survie de l'œuf au smolt et du smolt à l'adulte

Les taux de survies sont calculés en faisant simplement le rapport entre les effectifs estimés aux stades concernés.

II - Résultats

II.1 - Production de smolts

Mis en fonctionnement le 11 mars, le dispositif de piégeage du Moulin du Leslé a été maintenu en opération jusqu'au 6 juin. Il a permis de capturer 950 juvéniles dévalants dont 918 (96.6%) présentaient une livrée de smolt caractéristique (robe argentée, nageoires décolorées ourlées d'un liseré noir...), 31 étaient des pré-smolts (argenture incomplète) et un avait encore toutes les caractéristiques externes d'un tacon. Au Moulin des Princes, 679 juvéniles dévalants ont été capturés parmi lesquels 647 (95.3%) avaient un aspect de smolt caractéristique alors que 32 autres étaient des pré-smolts. L'essentiel des individus incomplètement smoltifiés (90.6%) ont été capturés au début de la période de migration, avant le 10 avril. Trois individus ont été récupérés morts au piège du Moulin du Leslé contre 110 au Moulin des Princes (soit 16.3% des captures à cette installation), que ce soit dans le piège ou surtout contre les grilles défeuilles.

Les données biologiques collectées au Moulin des Princes permettent d'estimer la taille moyenne des smolts en 1998 à 135 mm (ec.type : 16.8 mm) pour un poids moyen de 26.5 g (ec.type : 10.3 g). La distribution en taille des smolts est essentiellement unimodale (mode : 135 mm) et 95% des individus ont une longueur fourche comprise entre 108 et 170 mm. A partir des 355 individus dont l'âge a pu être déterminé par lecture d'écaillés, on obtient la composition en âge par classe de 5 mm. Couplée avec la distribution en taille des smolts, cette clé taille/âge permet de calculer la composition en âge du flux de smolts dévalant en 1998 : 80% de smolts de 1 an, 19.8% de 2 ans et 0.2% de 3 ans. Les individus récupérés morts dont le sexe a été déterminé (112) montrent un rapport des sexes en faveur des femelles, qui représentent 64.3% de l'échantillon.

923 juvéniles dévalants ont été marqués au Moulin du Leslé, 130 ont été recapturés au Moulin des Princes parmi lesquels 14 avaient perdu leur marque individuelle (taux de perte de marque : 10.8%). Le temps séparant marquage et recapture est généralement court : 59% des individus recapturés le sont le jour même ou lendemain de leur marquage et 71% le sont moins de 2 jours après. Quatre strates de marquage et 4 strates de recaptures ont été individualisées (M1 à M4 et R1 à R4 ; Tableau 1). Le flux de smolts est estimé à 4827 (I. C. 95% [4081, 5574] ; Fig. 2). L'efficacité du dispositif de piégeage du Moulin du Leslé (une fois considéré le fait que tous les individus capturés n'ont pas été marqués) varie au cours du temps, passant suivant la strate considérée de 13.7% à 37.8% (moyenne : 19.7%), alors qu'elle est stable pour celui du Moulin des Princes autour de sa valeur moyenne de 14.1% (de 13.8% à 15.4%).

Les deux installations confondues, le premier juvénile dévalant a été échantillonné le 5 mars et le dernier le 22 mai. Le rythme de dévalaison (Fig. 3) montre l'existence de plusieurs vagues de migration, d'importance décroissante au cours de la saison. La plus importante est aussi la première (journée de pic le 3 avril), puis viennent deux vagues d'intensité moyenne (journées de pic les 17 et 25 avril), suivies d'une autre moins importante (journée de pic le 30 avril) et enfin une queue de migration s'étalant sur la première moitié du mois de mai. La moitié des juvéniles migrants avaient quitté le Scorff au 16 avril et 95% ont migrés entre le 30 mars et le 9 mai.

II.2 - Caractéristiques des adultes échantillonnés à la station du Moulin des Princes

451 adultes de saumon atlantique ont été capturés au piège du Moulin des Princes en 1998. Il s'agit presque exclusivement de 1HM (442 individus soit 98%), les PHM étant très rares (9 poissons tous âgés de 2 ans de mer). Aucun individu effectuant un deuxième retour n'a été observé. Tous âges de mer confondus, le temps de séjour en eau douce des adultes est majoritairement de 1 an : 86.1%. Les 1HM ont une taille moyenne de 608 mm (ec.type = 34.9 mm) pour un poids moyen de 2522 g (ec.type = 469 g). Les poissons ayant séjourné 2 hivers en mer mesurent en moyenne 719 mm (ec.type = 53.2 mm) pour un poids moyen de 3948 g (ec.type = 693 g).

Le distribution des captures au piège au cours de l'année 1998 est présentée à la figure 4. Le premier adulte échantillonné à la station du Moulin des Princes a été pris le 18 mars. Après quelques captures sporadiques de PHM durant le printemps, le premier castillon passé par la piège a été pris le 15 juin. L'essentiel des 1HM ont été capturés de la troisième décade de juin à la première décade d'août (84.8%). Après ce pic de remontée estival, qui s'est étalé jusqu'à la fin de l'été, des retours plus rares et irréguliers ont été observés au cours de l'automne, essentiellement aux mois d'octobre et novembre. La distribution temporelle des captures à la station du Moulin des Princes ne représente pas exactement le rythme d'entrée

des adultes dans le Scorff car elle est influencée par les variations de l'efficacité du dispositif de piégeage au cours du temps et donc suivant le type d'adulte.

II.3 - Estimation de l'échappement

Estimation du nombre d'adultes participant à la reproduction (Tableau 2)

Échappement IHM

442 IHM ont été libérés marqués en amont de l'installation du Moulin des Princes en 1997. Les captures à la ligne de IHM ont été estimées à 70 poissons, parmi lesquels 90.9% étaient marqués (50 sur 55 poissons pour lesquels un contrôle de marquage fiable a été opéré). Une fois tenu compte de la mortalité qui a pu affecter les IHM entre la date de leur marquage et la période du frai, le nombre de marques potentiellement recapturables pendant ou peu après la reproduction est de 334. 69 IHM ont été recapturés pendant ou peu après la reproduction dont 56 étaient marqués (81.2%). On obtient alors une estimation d'échappement de IHM de 411 (intervalle *a posteriori* à 95% [380, 473]) pour 1998.

Échappement PHM

9 PHM ont été relâchés marqués en amont du piège du Moulin des Princes en 1998. Aucun PHM marqué ou non marqué n'a été récupéré mort lors du printemps du fait d'une possible épizootie printanière. Tous modes de recapture confondus, 3 PHM marqués ont été observés parmi un échantillon de 8 individus. On estime alors à 21 (intervalle *a posteriori* à 95% [11, 165]) le nombre de PHM revenus dans le Scorff en 1998 déduction faites des mortalités éventuellement occasionnées par une épizootie au printemps. En tenant compte d'un prélèvement par pêche de 5 PHM et du taux de mortalité (hors épizootie) entre le marquage et la reproduction, on estime à 14 individus (intervalle *a posteriori* à 95% [5, 144]) l'échappement de PHM.

Estimation et distribution de probabilité de la dépose d'œufs

La distribution de probabilité *a posteriori* de la dépose totale (IHM + PHM) est présentée à la figure 5. La dépose d'œufs est estimée à 857 000 œufs en 1998 (intervalle *a posteriori* à 95% [769 000, 1 604 000]).

II.4 - Comparaison de la dépose d'œufs par rapport à la cible d'échappement

La dépose d'œufs estimée en 1998 est égale à 89.9% de la cible d'échappement du Scorff. L'examen de la distribution de probabilité cumulée (Fig. 5) de la dépose d'œufs indique que la probabilité *a posteriori* que la dépose d'œufs ait été supérieure à la cible d'échappement est de 33.0%. Même s'il est très probable que la cible d'échappement n'ait pas été atteinte en 1998, la dépose d'œufs n'a pas pu être très largement inférieure à cette dernière. En effet, la probabilité que la dépose d'œufs ait excédé 75% de la cible d'échappement est de 97.4%.

II.5 - Estimation de l'effectif des retours d'adultes et du taux d'exploitation par la pêche à la ligne

En 1998, les effectifs des retours dans le Scorff (Tableau 2, Fig. 6) sont estimées à 24 PHM (intervalle *a posteriori* à 95% [18,161]) et 527 IHM (intervalle *a posteriori* à 95% [492,

596]). Les captures ayant été estimées à 5 PHM et 70 IHM, les taux d'exploitation par la pêche à la ligne peuvent être évalués à 20.8% pour les PHM et 13.3% pour les IHM.

II.6 - Estimation des taux de survie de l'œuf au smolt et du smolt à l'adulte

En 1996, la dépose d'œufs a été estimée à 1 620 000 œufs (Prévost, 1997). Si l'on reprend les estimations d'effectifs et de composition par classe d'âge des flux de smolts 1997 (Tableau 1) et 1998, cette dépose d'œufs a produit 10521 juvéniles migrants d'âge 1+ en 1997 et 956 d'âge 2+ en 1998. Le taux de survie de l'œuf au smolt pour la cohorte 1996 (année de naissance) peut donc être évalué à 0.71%.

En 1996, la production de smolts du Scorff a été estimée à 3261 individus (Tableau 1). Ces juvéniles migrants ont donné au retour de leur phase marine 467 IHM en 1997 et 24 PHM en 1998 (Tableau 2). On peut donc évaluer à 15.1% la survie en mer des smolts ayant quitté le Scorff en 1996 (Fig 2).

III - Discussion

III.1 Installations de piégeage et mortalités consécutives au contrôle de la migration des smolts

L'efficacité du dispositif de piégeage du Moulin du Leslé a été en moyenne supérieure (19.7% contre 14.1%) et beaucoup plus variable que celle du Moulin des Princes. Ceci est certainement la conséquence des caractéristiques propres à chacune des deux installations. Si l'on considère que la part du flux de smolts capturée dépend en premier lieu de la proportion du débit passant au travers de chaque piège, les capacités de réglage du débit entrant dans l'installation du Moulin des Princes au moyen du système de vannage permettent sans doute de tamponner les variations de cette proportion par rapport aux fluctuations de débit. Une telle possibilité n'existe pas au Moulin du Leslé dont le piège est alimenté par un canal relativement étroit contraignant le débit entrant. Ainsi, toute augmentation de débit du Scorff se traduit par une diminution de la proportion passant au travers du piège. Ce phénomène avait déjà été mis en évidence en 1997 (Prévost, 1998) avec une liaison négative entre le débit du Scorff et l'efficacité des pièges, liaison plus marquée dans le cas du Moulin du Leslé. La dévalaison 1998 s'est déroulée par des débits plus élevés qu'en 1997. Ceci explique sans doute les efficacités plus faibles des deux pièges en 1998 par rapport à 1997, décalage qui est beaucoup plus marqué pour le Moulin du Leslé (19.7% contre 48%) que pour le Moulin des Princes (14.1% contre 20.6%).

Des mortalités beaucoup plus élevées que les années précédentes ont été enregistrées à la station du Moulin des Princes. En 1998, 16.2% des juvéniles dévalants capturés au Moulin des Princes ont été récupérés morts contre 0.5% en 1995, 3% en 1996 et 1% en 1997. La très grande majorité des cas concerne des poissons retrouvés morts plaqués contre les grilles défeuilles. Deux différences notables dans les conditions de piégeage différencient 1998 des années précédentes :

- le débit du Scorff au cours de la dévalaison a été en moyenne plus fort ;
- pour améliorer l'attractivité du dispositif, le débit entrant dans le canal conduisant au piège a été augmenté (ouverture plus large des vannes contrôlant ce débit), induisant une accélération des vitesses d'écoulement à proximité de l'entrée du piège et des grilles défeuilles.

La conjonction de ces deux éléments peut expliquer pour une bonne part l'augmentation des mortalités, les poissons ne trouvant pas l'entrée de la cage de capture ou incapables de remonter le canal d'amenée se trouvant exposés à un exercice de nage stationnaire contre de fortes vitesses de courant, exercice pouvant conduire certains, par épuisement, à se retrouver

plaqués contre les grilles défeuilleuses. Les poissons préalablement marqués semblent plus vulnérables vis à vis de cette sorte d'épreuve imposée par le dispositif de piégeage. En effet, le taux de mortalité parmi les poissons marqués est de 24.6% contre 12.8% pour les non marqués. On trouve ici la confirmation de la sensibilité des smolts à la capture, à la manipulation et au marquage. Ces opérations diminuent, au moins temporairement, leur capacité de résistance à un stress d'effort, le temps de récupération pour les individus marqués arrivant au Moulin des Princes étant généralement court, en raison de la faible distance séparant les deux pièges.

Si l'on cherche à évaluer l'impact global des mortalités consécutives au contrôle de la migration sur la production de smolts de l'année 1998, on peut tout d'abord remarquer que les mortalités enregistrées aux deux pièges représentent 2.3% (113/4827) du flux total dévalant. Cette évaluation constitue certainement une valeur minimum du taux de mortalité consécutif aux opérations de piégeage/manipulation/marquage. En effet, même si il est probable qu'une partie des poissons morts récupérés ne sont pas directement imputables au piégeage (les pièges pouvant collecter des individus morts ou qui allaient mourir), il est aussi certain que tous les poissons morts imputables au contrôle de la migration ne sont pas nécessairement récupérés à l'une des deux installations de piégeage. On peut également utiliser le rapport des taux de survie entre poissons marqués et non marqués au piège du Moulin des Princes ($87.2/75.4 = 1.16$) pour obtenir une évaluation du différentiel de survie entre poissons capturés à l'un des deux pièges et non capturés, ce qui est équivalent à considérer une survie post piégeage/manipulation/marquage de 86.2% ($100/1.16$) soit un taux de mortalité de 13.8%. En utilisant cette valeur, on peut estimer le nombre de poissons morts consécutivement au contrôle de la migration, selon qu'ils ont été ou non échantillonnés à l'une des deux installations :

- 110 juvéniles dévalants ont été récupérés morts au Moulin des Princes ;
- les individus piégés au Moulin du Leslé mais non recapturés, soit $950 - 130 = 820$ poissons, ont un taux de mortalité de 13.8%, soit 113 morts ;
- les individus relâchés vivants en aval du Moulin des Princes, soit $679 - 130 = 549$ poissons, sont à leur tour affecté du même taux de mortalité, soit 76 morts ;
- les individus jamais piégés à aucune des deux installations, soit $4827 - 950 - (679 - 130) = 3328$ poissons (soit 68.9% du flux dévalant), n'ont subi aucune mortalité lié au contrôle de la dévalaison.

L'effectif total des mortalités consécutives au contrôle de la dévalaison s'élèverai donc à $110 + 113 + 76 = 299$ juvéniles migrants, soit 6.2% du flux total dévalant. Cette valeur constitue certainement une borne maximale, car l'évaluation du différentiel de survie est sans doute lui aussi un maximum. En effet, il repose sur une sorte de "test d'effort" dans des conditions artificiellement difficiles auxquelles la majorité des poissons marqués qui ne passent pas le Moulin des Princes (85.9%) ne sont pas soumis. En outre, dans la majorité des cas les poissons marqués arrivant à la station du Moulin des Princes ont eu un temps de récupération assez court depuis le Moulin du Leslé et il est possible que leur moindre de résistance aux conditions stressante d'effort qui leur sont imposées ne soit que temporaire et s'estompe au court du temps. Quoiqu'il en soit, si on retient cette estimation maximale de 6.2% de mortalité liée au contrôle de la migration 1998, on peut tenter d'évaluer l'impact de ces mortalités sur les retours d'adultes. Dans le cas où on observerait un taux de survie en mer du flux de smolts de 10% (retours en 1999 et 2000), ce taux de survie aurait pu être (au mieux) de 10.7% en l'absence de contrôle de la migration des smolts, et les pertes en terme de retours d'adultes s'élèveraient (au maximum) à 30 saumons pour un total de retours de 483 adultes. Ainsi, même si l'effet du piégeage des smolts sur leur survie est indéniable, il reste somme toute marginal au regard de la mortalité naturelle en mer. Ceci est d'autant plus vrai que le taux de survie en mer peut varier fortement, dans une fourchette allant de 5% à 15% comme le

suggère les premières estimation déduites des travaux menés sur le Scorff, et que 1998 semble bien avoir été une année où les mortalités dues au piégeage ont été inhabituellement élevées. Les fluctuations observées des retours restent donc gouvernées par des phénomènes externes au programme de suivi scientifique. Des modifications ont tout de même été apportées au dispositif de piégeage du Moulin des Princes pour l'année 1999 afin de faciliter l'entrée des juvéniles dévalants dans la cage de capture où il peuvent plus facilement trouver des zones de repos dans des abris hydrauliques.

III.2 Production de smolts et taux de survie de l'œuf au smolt

Le nombre inhabituellement élevé de juvéniles migrants récupérés morts au Moulin des Princes a permis pour la première fois depuis le début du programme scientifique d'apprécier le rapport des sexes du flux dévalant. Celui-ci est déséquilibré en faveur des femelles et confirme des observations faites par d'autres auteurs (Baglinière *et al.*, 1987 ; Shearer, 1992). On notera cependant que ce type de données est précieux car assez rarement rapporté dans la littérature.

La production de smolts 1998 (Fig. 2) est en dessous de la moyenne des trois premières années d'observation (6698 juvéniles dévalants). Ceci est surtout dû à une faible production de smolts de 1 an (3861 contre 6358 en moyenne de 1995 à 1997), la production de smolts de 2 ans ayant été très bonne (956 contre 340 en moyenne de 1995 à 1997). Ce résultat est décevant au regard des abondances de juvéniles de l'année mesurées à l'automne 1997 (futurs smolts 1+ en 1998). En effet, le niveau moyen d'abondance était juste en dessous du maximum observé en 1996 et qui a donné la très forte production de smolts 1+ de l'année 1997 (voir Annexe). Même si l'on tient compte d'une différence de taille des 0+ entre les automnes 1997 (90.1 mm en moyenne) et 1998 (84.3 mm en moyenne) et de ses conséquences éventuelles sur la proportion de tacons qui smoltifient à l'âge de 1 an, on ne peut expliquer la faible production de smolt 1+ en 1998 que par une survie hivernale faible (Prévost, 1999). Les abondances de tacons 1+ observées à l'automne 1998, qui ne sont pas exceptionnellement élevées, viennent confirmer ce constat (Prévost, données non publiées). Pour autant les causes de la faible survie des juvéniles au cours de l'hiver 1997/98 restent largement inexplicées.

Le taux de survie de l'œuf au smolt de la cohorte 1996 (0.71%) a été bien meilleur que celui de la précédente (0.19% ; Prévost, 1998), qui avait été affectée par la crue centennale de l'hiver 1995. Pour autant cette valeur se situe dans la gamme de celles déjà observées sur l'Oir (affluents de la Sélune, Manche ; Prévost *et al.*, 1996 ; Rivot, 1998), système servant de référence pour la détermination des cibles d'échappement et des TACs pour les cours d'eau du Massif Armoricaïn (Prévost et Porcher, 1996). Pour un niveau de dépose d'œufs de 8 œufs par m² d'équivalents radier/rapide comparable à celui observé sur le Scorff pour les cohortes 1995 et 1996, la relation de Ricker ajustée sur les données stock/recrutement de l'Oir (Rivot, 1998) évalue à environ 4 smolts par 100 m² d'équivalent radier/rapide la production moyenne du cours d'eau. Les observations faites sur le Scorff pour les cohortes 1995 et 1996 ne contredisent pas cette évaluation moyenne avec des productions observées de 1.5 et 5.7 smolts par 100 m² d'équivalent radier/rapide pour ces deux cohortes.

III.3 Retours d'adultes, échappement et taux d'exploitation

Les observations de l'année 1998 confirment que l'efficacité du piège de montée du Moulin des Princes varie suivant le type d'adulte considéré. Ainsi, on peut l'évaluer à 41.6% pour les PHM (9/24) et 83.9% pour les IHM (442/527). Cet écart a sans doute plus à voir avec la différence de débits durant les périodes de retour préférentielles des deux types d'adultes qu'avec d'éventuelles différences de comportement vis à vis du dispositif de capture,

le dispositif du Moulin des Princes serait plus "attractif" en été qu'au printemps. Par voie de conséquence, les captures au piège donne une vision biaisée de la composition par classe d'âge de mer des retours, les PHM étant sous-représentés. Il en va sans doute de même pour la fraction de castillons remontant en automne, qui migre par des débits supérieurs à ceux enregistrés au cours la vague estivale.

Les retours de PHM observés en 1998 sont à un niveau extrêmement bas (le plus faible depuis le début des observations en 1995 ; Fig. 6). Même en tenant compte de la forte incertitude entourant l'estimation proposée (24), il n'en reste pas moins que la probabilité que l'effectif des retours de PHM ait été inférieur à 50 individus est de 75% et il y a 90% de chances qu'il y ait eu moins de 82 PHM à revenir dans le Scorff. Par ailleurs, si l'on utilise la proportion de 1HM recapturés au cours de la période de reproduction ($69/411 = 16.8\%$) et que l'on applique ce chiffre au nombre de PHM recapturés dans les mêmes conditions (3), on obtient un ordre de grandeur de l'échappement de PHM (18) cohérent avec l'estimation proposée (14). Ces faibles retours sont en partie dus au fait que les PHM remontant en 1998 proviennent d'une année de faible production de smolts (1996 ; Tableau 1). Néanmoins, on notera que les PHM représentent moins de 5% du total des retours produits par ce flux de smolts. Ces abondances très faibles de PHM observées depuis le début du programme entrepris sur le Scorff, que l'année 1998 rend encore plus évidentes, sont certainement pour une bonne part la conséquence de modifications naturelles des conditions de vie en mer rencontrées par le saumon au cours des dernières années. Pour autant, afin de ne pas aggraver la situation actuelle et de préserver au maximum le potentiel de récupération de la composante saumon de printemps et la biodiversité interne des populations, il conviendrait de limiter au maximum les prélèvements opérés sur cette fraction des stocks.

Par rapport aux attentes soulevées par la forte production de smolts observée en 1997 (Tableau 1), les retours 1HM observés en 1998 sont très décevants et se situent en dessous de la moyenne des quatre premières années de suivi (527 contre 681). Cette remontée de castillons médiocre est la conséquence d'un taux de retour depuis le stade smolt très faible : 5% contre 10.5% et 14.3% pour les deux années de production de smolts précédentes (Fig. 2). La cause de cette mauvaise survie marine n'est pas connue, même si la faible taille des smolts ayant dévalé en 1997 a pu jouer un rôle (Prévoist, 1998).

De façon concomitante avec leur faible taux de retour, le rythme de remontée des castillons a lui aussi été inhabituel (Fig. 4). En effet, le premier castillon pris au piège du Moulin des Princes a été capturé le 15 juin, alors qu'à pareille date les autres années entre 3% et 6% des castillons avaient déjà été échantillonnés, pour une date de première capture comprise entre le 17 et le 21 mai. Cette migration plus tardive est encore mise en évidence par la date médiane de contrôle à la station du Moulin des Princes (50% de l'effectif échantillonné) qui était le 19 juillet en 1998 alors qu'elle se situait entre le 11 et le 14 juillet les autres années.

Pour la première fois depuis le début programme de suivi du stock, l'objectif de dépose d'œufs matérialisé par la cible d'échappement n'a pas été atteint. Ceci résulte bien entendu de la médiocrité des retours de castillons, conséquences d'une mauvaise survie en mer, mais aussi du nombre extrêmement faible de PHM ayant participé à la reproduction. Ceci est particulièrement visible si on compare 1998 avec l'année précédente, où bien que l'échappement de 1HM ait été inférieur à son niveau de 1998, la cible d'échappement a tout de même pu être juste atteinte car un nombre supérieur de PHM a contribué à la dépose d'œufs (Tableau 2 ; Fig. 5). Ce point souligne tout l'intérêt qu'il y a à préserver un nombre aussi important que possible de saumons de printemps pour la reproduction, ces poissons ayant un potentiel reproducteur de l'ordre de trois fois supérieur à celui des castillons, une fois cumulés les effets du rapport des sexes nettement déplacé vers les femelles et d'une fécondité moyenne

par femelle bien supérieure, du fait d'une taille moyenne plus élevée chez les PHM. Même si la cible d'échappement n'a pu être atteinte en 1998, la dépose d'œufs est resté proche de cette dernière, à un niveau qui ne devrait pas suffire à lui seul pour compromettre gravement la production de la cohorte 1999.

Les taux d'exploitation par la pêche à la ligne observés en 1998 (20.8% pour les PHM, 13.3% pour les IHM) sont toujours modérés (Fig. 6). On notera cependant que l'exploitation des PHM est un peu plus intense que les autres années, même si ce chiffre repose sur de très faibles effectifs. Le taux d'exploitation des castillons est resté dans la gamme des observations antérieures malgré une extension de la saison de pêche en automne par rapport aux années précédentes (au delà de la mi-octobre). Les captures réalisées ont représenté l'équivalent de 156735 œufs, soit seulement 31% du TAC définitif alloué au Scorff après réajustement à la baisse au 1^{er} juillet. Ainsi, si le TAC avait été atteint, la dépose d'œufs aurait été largement en dessous de la cible d'échappement. Le même constat aurait pu être fait en 1997, où là encore le TAC définitif avait été réajusté à la baisse. Ceci conduit à se poser deux questions :

- la procédure d'ajustement du TAC utilisée à l'heure actuelle (Porcher et Prévost, 1996) permet-elle réellement de préserver un échappement suffisant lors des années où les retours d'adultes sont faibles ?

- le système de TAC régulant l'exploitation n'est il pas trop optimiste par rapport aux capacités actuelles de renouvellement des stocks bretons ?

Les données récoltées sur le Scorff serviront dans les années qui viennent à aborder ces questions, dans le prolongement du travail initial de Rivot (1998) sur le jeu de données de l'Oir. Le programme de recherche en cours sur le Scorff devrait permettre de formuler des propositions concrètes de modification de la stratégie de gestion actuelle des stocks de saumon bretons d'ici 4 à 5 ans.

Remerciements

La réalisation de ce travail a été rendue possible grâce aux moyens matériels (l'installation du Moulin des Princes) et humains (personnel technique) mis à disposition par la Fédération du Morbihan pour la pêche et la protection des milieux aquatiques.

Il m'est agréable de remercier Nicolas Jeannot (INRA) et François Burban (FDPPMA 56) pour leur collaboration technique, ainsi que l'APPMA de Plouay et plus particulièrement son président Jean-Yves Moelo pour son aide et son soutien.

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme, 1996a. Report of the Working Group on North Atlantic Salmon. Moncton, Canada, 10-19 April 1996. *ICES CM 1996/Assess: 11 Ref. M*, 228 p.

Anonyme, 1996b. *Crystal Ball, Version 4.0. Prévision et analyse du risque sur tableur.* Decisioneering/Editions MEV, 221 p.

Arnason A.N., Kirby C.W., Schwarz C.J. et J.R. Irvine, 1996. Computer analysis of data from stratified mark-recovery experiments for estimation of salmon escapements and other populations. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, **2106** : 37 p.

Baglinière J.-L., Prouzet P., Porcher J.-P., Nihouarn A. et G. Maise, 1987. Caractéristiques générales des populations de Saumon atlantique (*Salmo salar* L.) des rivières du Massif Armoricaïn, p. 24-37. In Thibault M. et R. Billard (eds) *La restauration des rivières à saumon.* Hydrobiologie et aquaculture, INRA, Paris.

Claude A., 1996. *Le recrutement chez le saumon atlantique (Salmo salar L.) dans le Massif Armoricaïn. Quantification des surfaces d'habitat favorables aux juvéniles et estimation*

- de la survie embryo-larvaire sur le Scorff (Morbihan) et l'Oir, affluent de la Sélune (Manche). Mémoire C.E.S.A. option Halieutique, E.N.S.A. Rennes, 44 p.
- Gazey W.J. et M.J. Staley, 1986. Population estimation from mark-recapture experiments using a sequential Bayes algorithm. *Ecology*, **67** : 941-951.
- Johnstone R., 1981. Dye marking. Colour guide to growth performance. *Fish Farmer*, **4** : 24-25.
- Porcher J.-P. et E. Prévost, 1996. *Pêche du saumon dans les cours d'eau du Massif Armoricaïn. Fixation du nombre total de captures autorisé (TAC) par bassin. Notice explicative et propositions pour l'année 1996*. GRISAM, Évaluation et gestion des stocks de poissons migrateurs, Doc. sci. tech. 2, 10 p.
- Prévost E., 1997. État du stock de saumon atlantique (*Salmo salar*) du Scorff (Bretagne sud, France) : production de smolts 1995-96, retours d'adultes et échappement 1994-96. *CIEM, Groupe de travail sur le saumon de l'Atlantique nord, Doc. trav. 97/37*, 15p.
- Prévost E., 1998. État du stock de saumon atlantique (*Salmo salar*) du Scorff (Bretagne sud, France) en 1997: production de smolts, retours d'adultes échappement, taux d'exploitation et de survie. Cons. scient. Moulin des Princes, INRA/CSP, 22 p.
- Prévost E., 1999. *Mise au point d'une méthodologie de quantification de l'abondance des juvéniles de saumon atlantique en rivière et application à l'analyse de l'impact des activités humaines*. Cons. rég. Bretagne, INRA Lab. écol. aquat., 33 p.
- Prévost E., Baglinière J.-L., Maise G. et A. Nihouarn, 1996. Premiers éléments d'une relation stock/recrutement chez le saumon atlantique (*Salmo salar*) en France. *Cybium*, **20** suppl. : 7-26.
- Prévost E. et J.-P. Porcher, 1996. *Méthodologie d'élaboration de totaux autorisés de captures (TAC) pour le Saumon atlantique (Salmo salar L.) dans le Massif Armoricaïn. Propositions et recommandations scientifiques*. GRISAM, Évaluation et gestion des stocks de poissons migrateurs, Doc. sci. tech. 1, 18 p.
- Rivot E., 1998. *Prise en compte des incertitudes par une approche bayésienne dans l'analyse de la relation stock/recrutement de la population de Saumon atlantique (Salmo salar) de l'Oir, Basse Normandie*. Mémoire D.E.A. Modélisation stochastique et statistique, option Statistiques appliquées, Univ. Paris sud/Inst. nat. agron. Paris-Grignon, 57 p.
- Shearer W.M., 1992. *Atlantic salmon. Natural history, exploitation and future management*. Fishing News Books, 244 p.

Rennes, mars 1999

Tableau 1 : Bilan des opérations de marquage/recapture, estimation de la production, composition en âge et taille moyenne des smolts.
(voir § matériel et méthodes ; Prévost, 1997, 1998)

| Année | Marquage par strate(1) | Effectif piégé | Effectif marqué | Recaptures totales | Recaptures par strate (2) | | | | | | | | Estimation production (3) | Composition en âge | | Taille moyenne Lf (mm) | |
|-------------------|--|----------------|-----------------|--------------------|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|---------------------------|--------------------|-----|------------------------|--|
| | | | | | R0 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | 1 an | | 2 ans | | | |
| 1995 | Marquage au Moulin des Princes, relâcher en amont et recapture au Moulin des Princes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 594 | 458 | 43 | | | | | | | | | 6206 | 90% | 10% | 148 | |
| | | | | | | | | | | | | [4804, 8212] | | | | | |
| 1996 | Marquage au Moulin des Princes, relâcher en amont et recapture au Moulin des Princes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M1 | 124 | 105 | 7 | 5 | 2 | | | | | | 3261 | 91% | 9% | 145 | | |
| | M2 | 212 | 174 | 43 | 0 | 43 | | | | | | [1232, 5290] | | | | | |
| | total marqués | | 279 | 50 | 5 | 45 | | | | | | | | | | | |
| | total non marqués | | | 286 | 119 | 167 | | | | | | | | | | | |
| | total | 336 | | 336 | 124 | 212 | | | | | | | | | | | |
| 1997 | Marquage au Moulin du Leslé et recapture au Moulin des Princes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M1 | 279 | 272 | 60 | 0 | 55 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10628 | 99% | 1% | 133 | | |
| | M2 | 709 | 708 | 80 | 0 | 0 | 60 | 19 | 1 | 0 | 0 | Sans strate R0 | | | | | |
| | M3 | 1644 | 602 | 94 | 0 | 0 | 0 | 86 | 6 | 1 | 1 | 10298 | | | | | |
| | M4 | 458 | 429 | 106 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 8 | 1 | [9540, 11056] | | | | | |
| | M5 | 1727 | 1164 | 325 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 297 | 25 | | | | | | |
| | M6 | 151 | 142 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | | | | | | |
| | total marqués | | 3317 | 706 | 0 | 55 | 65 | 105 | 107 | 306 | 68 | | | | | | |
| total non marqués | | | 1415 | 68 | 123 | 94 | 479 | 143 | 433 | 75 | | | | | | | |
| | total | 4968 | | 2121 | 68 | 178 | 159 | 584 | 250 | 739 | 143 | | | | | | |
| 1998 | Marquage au Moulin du Leslé et recapture au Moulin des Princes | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M1 | 343 | 332 | 46 | 34 | 12 | 0 | 0 | | | | 4827 | 80% | 20% | 135 | | |
| | M2 | 218 | 210 | 29 | 0 | 29 | 0 | 0 | | | | [4081, 5574] | | | | | |
| | M3 | 243 | 238 | 33 | 0 | 0 | 33 | 0 | | | | | | | | | |
| | M4 | 146 | 143 | 22 | 0 | 0 | 0 | 22 | | | | | | | | | |
| | total marqués | | 923 | 130 | 34 | 41 | 33 | 22 | | | | | | | | | |
| total non marqués | | | 549 | 222 | 129 | 116 | 82 | | | | | | | | | | |
| | total | 950 | | 679 | 256 | 170 | 149 | 104 | | | | | | | | | |

(1) Strates de marquage

- 1996 : M1 : avant le 29/4/96
M2 : après le 29/4/96
- 1997 : M1 : du 1/4/97 au 6/4/97
M2 : du 7/4/97 au 9/4/97
M3 : du 10/4/97 au 16/4/97
M4 : du 17/4/97 au 25/4/97
M5 : du 26/4/97 au 2/5/97
M6 : du 3/5/97 au 11/5/97
- 1998 : M1 : avant le 11/4/98
M2 : du 12/4/98 au 19/4/98
M3 : du 20/4/98 au 29/4/98
M4 : après le 30/4/98

(2) Strates de recaptures

- 1996 : R1 : avant le 29/4/96
R2 : après le 29/4/96
- 1997 : R0 : jusqu'au 2/4/97
R1 : du 3/4/97 au 7/4/98
R2 : du 8/4/97 au 10/4/97
R3 : du 11/4/97 au 17/4/97
R4 : du 18/4/97 au 26/4/97
R5 : du 27/4/97 au 3/5/97
R6 : après le 4/5/97
- 1998 : R1 : avant le 13/4/98
R2 : du 14/4/98 au 21/4/98
R3 : du 22/4/98 au 29/4/98
R4 : après le 30/4/98

(3) intervalle de confiance à 95% donné entre crochets

Tableau 2 : Bilan des opérations de marquage/recapture, estimations de l'échappement et des retours et taux d'exploitation.

(voir § matériel et méthodes ; Prévost, 1997, 1998)

Les valeurs en italique gras sont celles directement estimées, les intervalles *a posteriori* à 95% sont donnés entre crochets.

| Année | Catégorie | Effectif marqué relâché en amorçage | Marques disponibles du frai | Recaptures : échappement ou participant au frai | Retours adultes | Captures à la ligne | Taux d'exploitation à la ligne |
|--------------|------------------|---|--------------------------------|--|------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1994 | 1HM | 156 | 130 | 4 marqués <i>587</i> | 694 | 41 | 6% |
| | | | | 14 non marqués <i>[344, 2400]</i> | | | |
| 1995 | 1HM | 500 | 390 | 31 marqués <i>742</i> | 908 | 75 | 8% |
| | | | | 28 non marqués <i>[613, 1018]</i> | | | |
| | PHM | 42 | | 45 <i>[25, 188]</i> | >= 74 | 11 | <= 15% |
| 1996 | 1HM | 502 | 382 | 45 marqués <i>501</i> | 654 | 92 | 14% |
| | | | | 14 non marqués <i>[449, 598]</i> | | | |
| | PHM | 30 | 27 | 3 marqués <i>81</i> | 102 | 11 | 11% |
| | | | | 6 non marqués <i>[48, 349]</i> | | | |
| 1997 | 1HM | 320 | 263 | 19 marqués <i>387</i> | 467 | 35 | 7% |
| | | | | 9 non marqués <i>[327, 563]</i> | 400, 664] | | |
| | PHM | 38 | | 51 <i>[13, 151]</i> | 75 <i>[55, 186]</i> | 8 | 11% |
| 1998 | 1HM | 442 | 334 | 56 marqués <i>411</i> | 527 | 70 | 13% |
| | | | | 13 non marqués <i>[380, 473]</i> | 492, 596] | | |
| | PHM | 9 | | 14 <i>[5, 144]</i> | 24 <i>[18, 161]</i> | 5 | 21% |

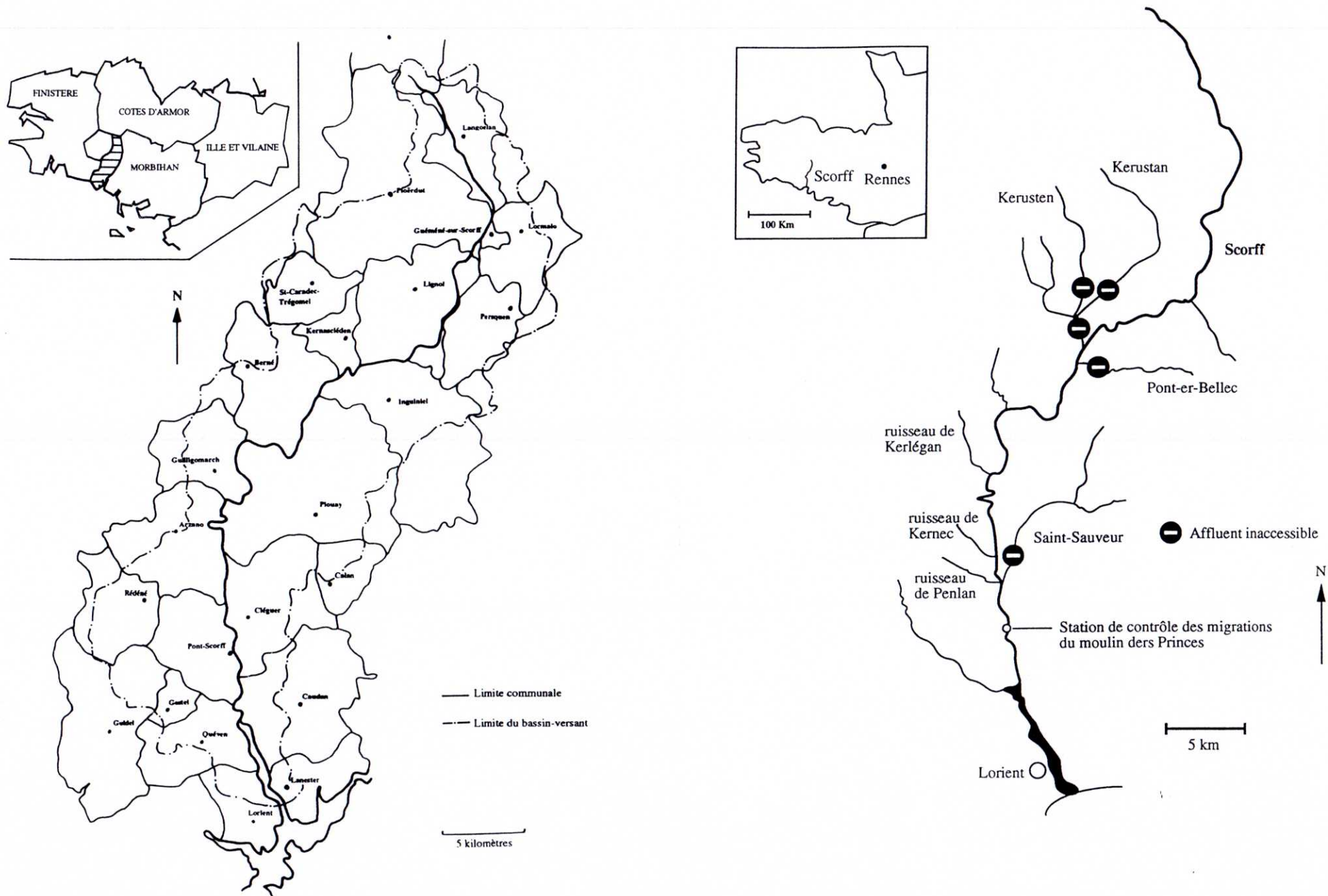


Figure 1 : Localisation géographique, bassin versant et réseau hydrographique du Scorff.

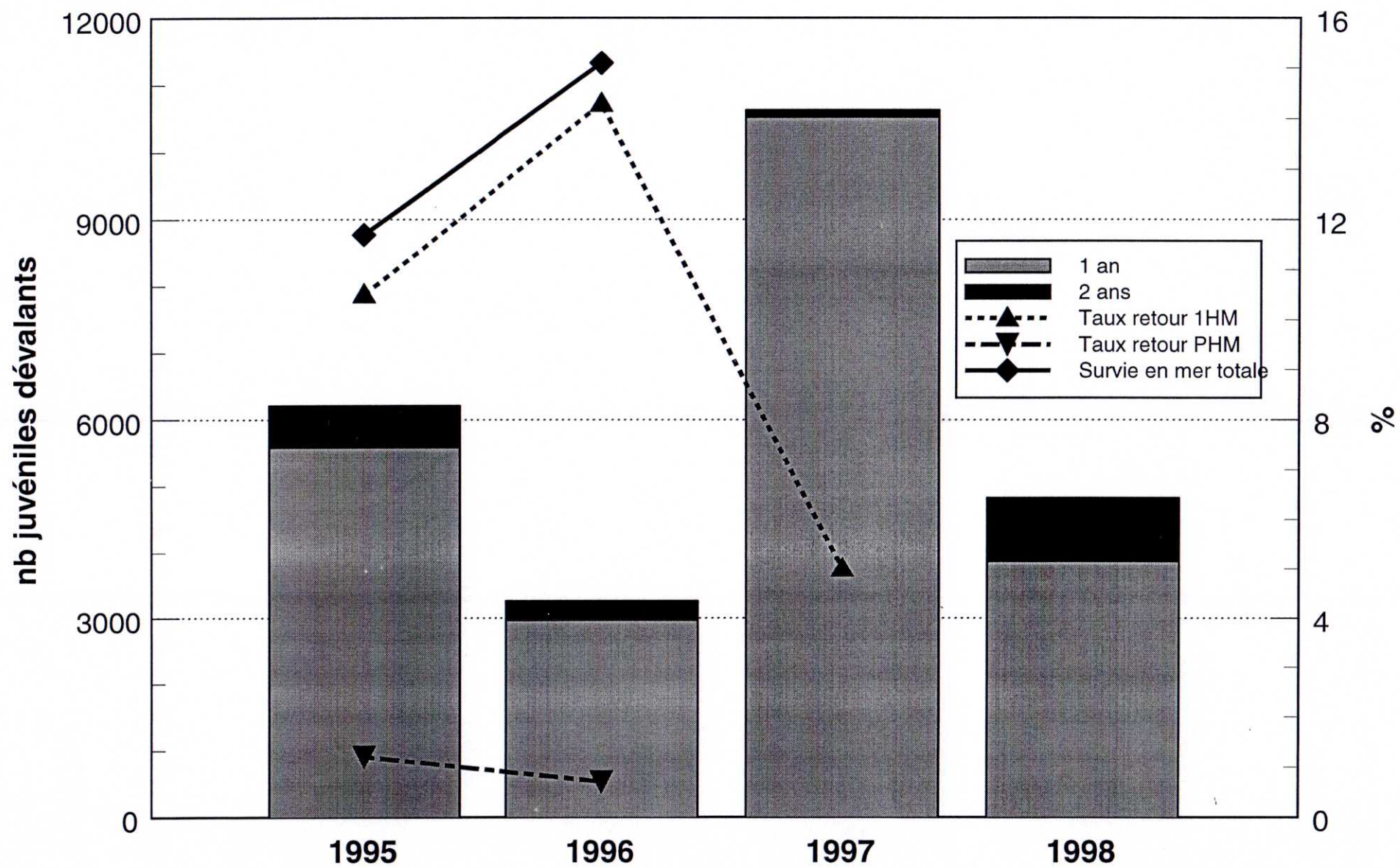


Figure 2 : Production de smolts par classe d'âge d'eau douce, taux de retours par catégorie d'âge de mer et taux de survie en mer total, par année de dévalaison.

nb juvéniles dévalants

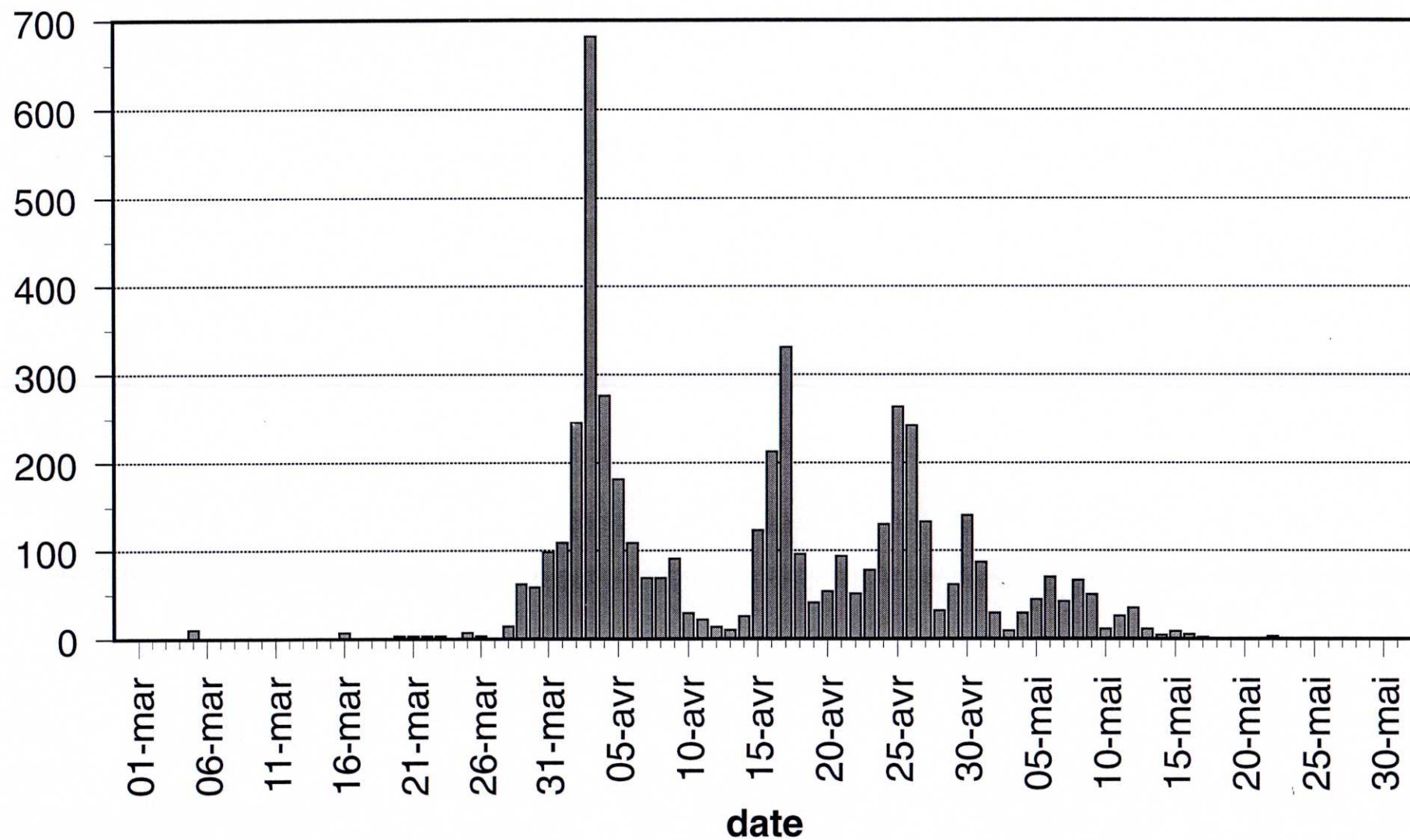


Figure 3 : Rythme de dévalaison des juvéniles migrants en 1998 (voir § Matériel et méthodes).

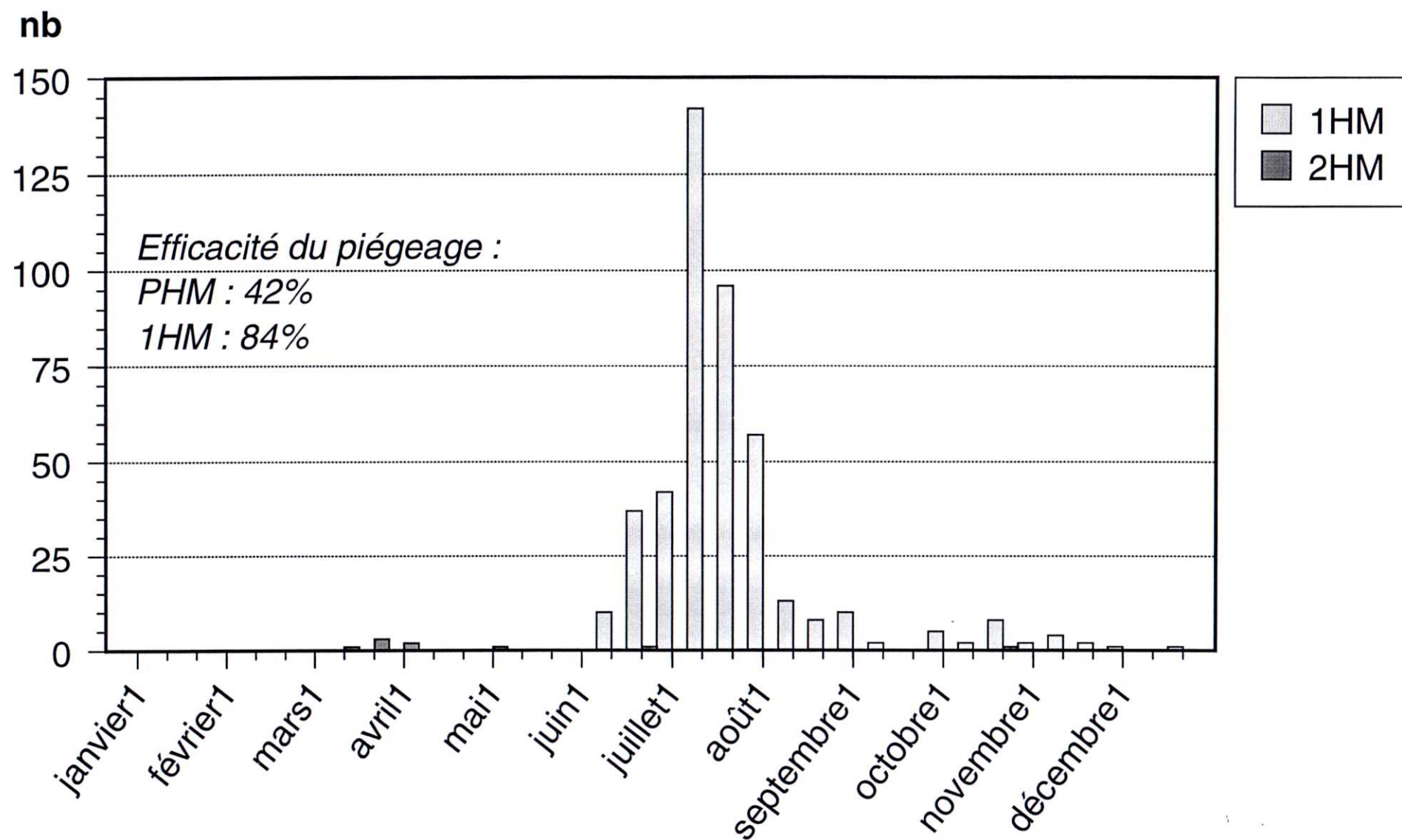


Figure 4 : Distribution par décade et par catégorie d'âge de mer des captures d'adultes à la station du Moulin des Princes.

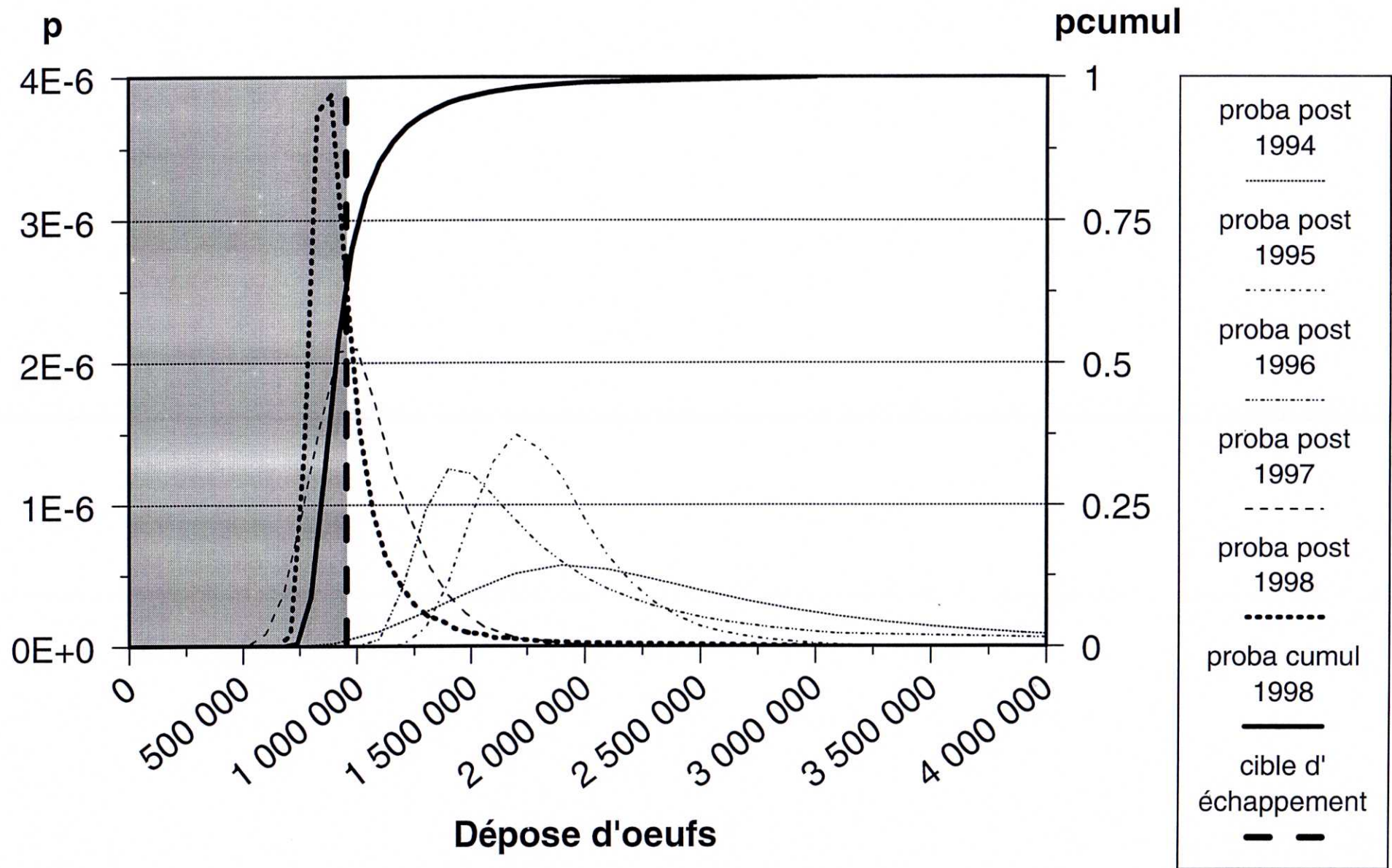


Figure 5 : Distribution de probabilité *a posteriori* et probabilité cumulée de la dépose d'oeufs totale.

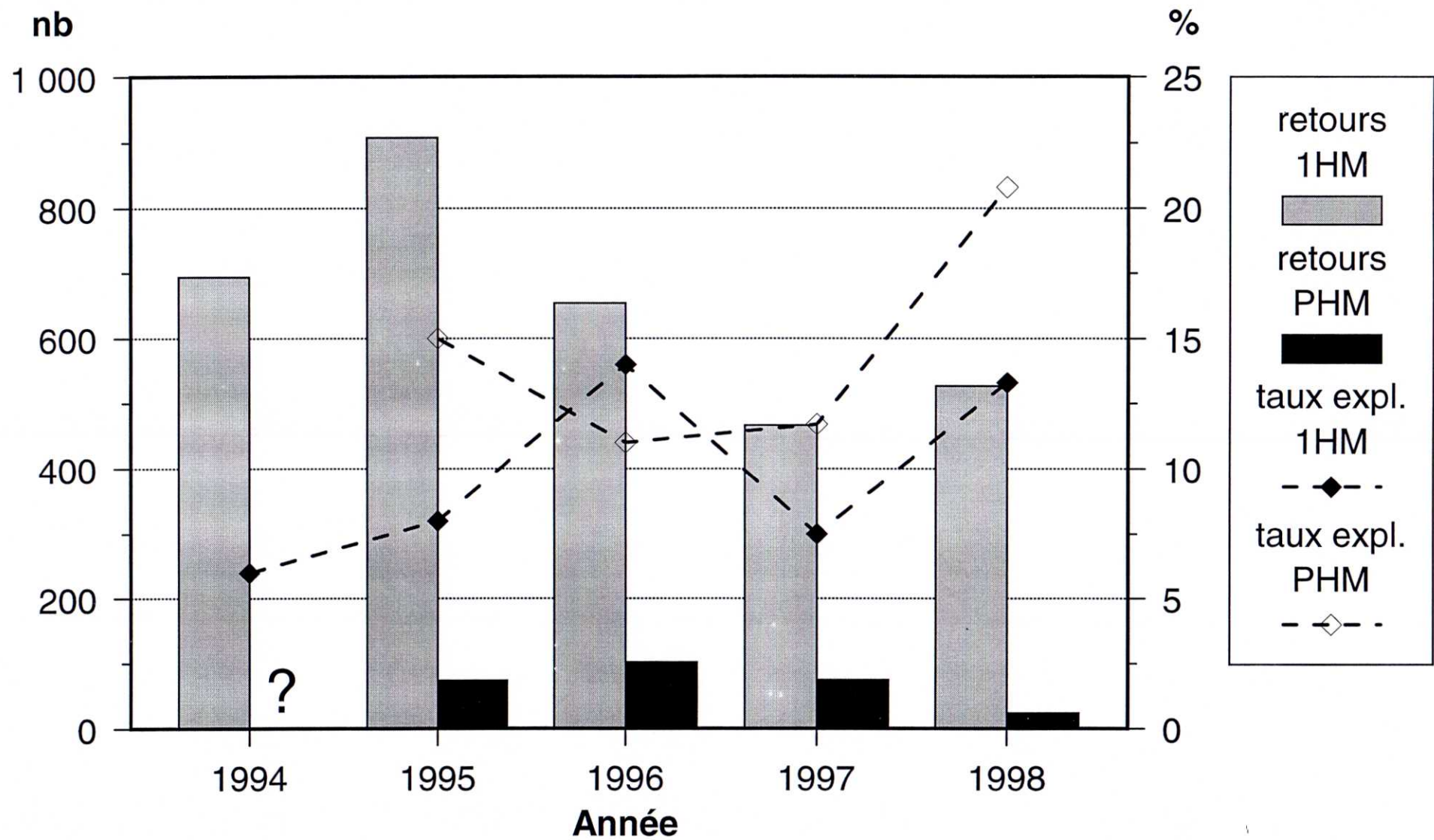


Figure 6 : Retours d'adultes et taux d'exploitation par la pêche à la ligne.

Pour l'année 1995, une valeur minimum est indiquée pour les retours de PHM et une valeur maximum pour leur taux d'exploitation (Prévost, 1997).