

**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**

par

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, bien représentatif des cours d'eau à saumon du Massif armoricain. Depuis mai 1994, une station de piégeage est installée sur le site du Moulin des Princes à Pont-Scorff (Morbihan), à la limite de salure des eaux. Elle permet de quantifier à la fois les retours d'adultes et le flux de smolts dévalant vers le mer. L'estimation des effectifs se fait grâce à es expériences de marquage/recapture.

Le flux de smolts est estimé à 6206 (I. C. 95% [4804, 8212]) en 1995 et 3261 (I. C. 95% [1232, 5290]) en 1996. La taille moyenne des smolts (Lf) est de 148 mm en 1995 et 145 mm en 1996. Ils sont âgés principalement de 1 an (90% en 1995 et 91% en 1996), le reliquat étant composé d'individus de 2 ans et de quelques rares poissons de 3 ans (0.5% en 1995). La faible production de smolts observées en 1996 est certainement la conséquence de la crue centennale qu'a subi le Scorff en 1995 et qui a affecté la survie sous-graviers dans les frayères.

Les castillons ou IHM du Scorff ont une taille moyenne (Lf) de 619 mm pour un poids moyen de 2529 g en 1994, 612 mm pour de 2490 g en 1995 et 618 mm pour 2514 g en 1996. Les poissons ayant séjourné 2 hivers en mer mesurent en moyenne 747 mm pour un poids moyen de 4570 g en 1995 et 743 mm pour 4217 g en 1996. Toutes années confondues, les poissons de seconde remontée ont une taille moyenne de 698 mm pour un poids moyen de 3747 g.

La cible d'échappement du Scorff a été fixée à 953 852 oeufs déposés lors de la reproduction. La dépose d'oeufs est estimée à 1 610 000 oeufs (I. C. 95% [1 200 000, 5 200 000]) en 1994, soit 169% de la cible d'échappement, 1 620 000 (I. C. 95% [1 400 000, 2 700 000]) en 1995, soit 170% de la cible d'échappement et 1 380 000 (I. C. 95% [1 200 000, 3 000 000]), soit 145% de la cible d'échappement. La probabilité que la dépose d'oeufs ait été inférieure à la cible d'échappement est nulle pour les trois années.

Les retours d'adultes sont estimés à 694 IHM en 1994, 908 IHM et un minimum de 74 PHM (poissons âgés de 2 ans de mer ou effectuant un deuxième retour) en 1995 et 654 IHM et 102 PHM en 1996. Le taux d'exploitation par la pêche à la ligne est faible : 6% pour les IHM en 1994, 8% pour les IHM et au maximum 15% pour les PHM en 1995 et 14% pour les IHM et 11% pour les PHM en 1996.

Introduction

Avec la mise en service en mai 1994 de la station de contrôle des migrations de saumon du Moulin des Princes¹ 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 mené par le Laboratoire d'écologie aquatique (Rennes) de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), en collaboration avec le Conseil supérieur de la pêche (CSP). Un des objectifs finalisés de ce programme est l'évaluation du stock sur un système bien représentatif des cours d'eau à saumon bretons.

Ce document présente les données disponibles à ce jour sur le Scorff concernant la production de smolts, les retours d'adultes et l'échappement. Une comparaison du nombre d'oeufs déposés lors de la reproduction par rapport à une cible échappement du Scorff est également proposée.

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 recommandations internationales du CIEM (Anonyme, 1996), sur la détermination de cibles d'échappement bassin par bassin selon la définition suivante: la cible d'échappement est le nombre d'oeufs 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)².

¹ La station du moulin des Princes est la propriété de la Fédération du Morbihan pour la pêche et la protection du milieu aquatique.

² Relativement à cette définition, le terme "cible" est sans doute mal choisi car il s'agit plutôt d'un "seuil" ou d'un "point de référence limite" pour reprendre la terminologie employée par Caddy et McGarvey (1996). En effet, il n'existe aucune justification pour le maintien d'un stock sous le niveau permettant de maximiser la fraction prélevable, car en dessous de cette valeur on se situe dans la zone dangereuse où le recrutement peut chuter rapidement par manque de géniteurs. A l'inverse, il n'y a pas de danger réel à dépasser cette valeur car on ne trouve aucun exemple de stock qui se soit écroulé consécutivement à un excès de reproducteurs.

Prévoist et Porcher (1996) ont proposé une méthodologie afin de déterminer des cibles d'échappement pour chacune des rivières du Massif Armoricain 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 oeufs.

Estimation de la production de smolts

La production de smolts est estimée par marquage/recapture. Les juvéniles dévalants sont capturés à la station du Moulin des Princes. Ils sont dénombrés, mesurés (longueur fourche (Lf), mm) et pesés (g). Des écailles sont prélevées sur certains pour déterminer leur âge. La grande majorité sont marqués et remis en amont à quelques kilomètres du Moulin des Princes. Les individus non marqués ou recapturés/marqués sont libérés en aval du dispositif de piégeage. Les estimations d'effectifs dévalants ont été réalisées grâce au logiciel SPAS (Arnason *et al.*, 1996). En raison de la date de mise en service trop tardive de l'installation en 1994, le flux de smolts n'a pu être évalué cette année là. Le protocole de récolte et de traitement des données a subi quelques variations au cours des deux autres années.

1995

Les juvéniles migrants marqués ont tous reçus un marquage de masse par ablation de l'extrémité d'une nageoire pelvienne. Certains étaient en outre identifiés par un marquage individuel sous la forme d'un film plastique numéroté inséré sous la nageoire dorsale. Le faible nombre de marques individuelles recapturées n'a pas permis une post-stratification de l'expérience de marquage/recapture et l'estimation de la production de smolts repose sur l'estimateur de Petersen sur données regroupées tel que mis en oeuvre dans le logiciel SPAS (Arnason *et al.*, 1996). L'intervalle de confiance à 95% de l'estimation est la version "transformée", plus adaptée quand le nombre de recaptures de marques est faible, car tenant compte de l'asymétrie de la distribution de l'estimateur.

1996

Les juvéniles migrants marqués ont, à quelques exceptions près, tous reçus un double marquage, avec un marquage de masse identique à celui de 1995 et un marquage individuel par "Implant Visible" apposé dans l'opercule. Les prélèvements d'écailles ont été réalisés selon un échantillonnage stratifié par classe de taille de 5 mm, avec un maximum de 20 individus par strate. La configuration du dispositif de capture a été notablement modifiée au cours de la période de dévalaison pour en améliorer l'efficacité. Cette modification est intervenue le 29 avril 1996 et cette date a servi de limite pour distinguer deux strates de marquage et de recapture. La méthode de Darroch proposée par le logiciel SPAS a été utilisée pour quantifier le flux dévalant en retenant l'estimateur du maximum de vraisemblance (Arnason *et al.*, 1996). Cette méthode travaille sur des données stratifiées et permet de tenir compte des variations des taux de marquages et de recaptures suivant les strates.

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. Les poissons sont prélevés dans une sorte de nasse métallique, un épi rocheux qui barre le cours

du Scorff en aval de l'installation servant à les guider vers le dispositif de capture³. 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 (colorant qui se fixe dans les structures calcifiées) 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 marqué 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 qui ont été présentées au Moulin des Princes pour détecter la présence éventuelle d'une marque. Plus secondairement il s'agit également de poissons morts ou mourants pris à la station du Moulin des Princes ou récupérés dans le Scorff puis amenés à la station pour identification d'un possible marquage.

- de 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 (le recours à la pêche électrique est exceptionnel) 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.

Quelque soit le mode de recapture utilisé, on ne considère pour les estimations d'effectifs d'adultes que les poissons ayant été examinés par du personnel scientifique pour minimiser l'incertitude dans l'identification des marques. La séparation des IHM et des PHM parmi les poissons recapturés a été faite soit à partir d'un prélèvement d'écailles (captures à la ligne, géniteurs repris à la descente à la station du Moulin des Princes et l'essentiel des poissons morts), soit à partir d'un critère de taille en fixant une limite à 700 mm de longueur fourche et en s'aidant de l'indication de la semaine de passage au piège du Moulin des Princes pour les individus marqués. Les époques préférentielles de retour en eau douce des IHM et des PHM sont bien distinctes et le seuil de 700 mm permet de discriminer avec une bonne précision les IHM et les PHM (voir § résultats).

Le nombre de poissons 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}) pour la catégorie i (IHM ou PHM) est calculé de la façon suivante :

$$m_{iF} = m_{iT} \cdot s_i - m_{iL}$$

m_{iT} = nombre de poissons de la catégorie i marqués à la station du Moulin des Princes et relâchés en amont,

s_i = taux de survie pour les poissons de la catégorie i de entre la capture au piège et la période de reproduction,

m_{iL} = nombre de poissons de la catégorie i marqués et extraits par les captures à la ligne.

³ Cet épi rocheux a été renforcé fin avril 1995.

Le taux de survie s_i 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 (quelqu'en soit la cause : mort naturelle, braconnage, perte de marque...). En l'absence d'indication précise justifiant de retenir une autre valeur, s_i est fixé à 0.9. Le nombre de poissons 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 déduites du suivi de la pêcherie⁴ pour les poissons de la catégorie i ,

p_{iML} = proportion de poissons marqués dans les captures à la ligne présentées au Moulin des Princes pour identification de marques concernant les poissons de la catégorie i .

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

La méthodologie générale décrite ci-dessus a subi quelques variations suivant l'année considérée.

1994

En raison de la date tardive de mise en service du dispositif de piégeage (mois de mai) et de la faible efficacité du piège au cours de cette première année, seuls 7 PHM ont pu être marqués (3 poissons de 2 hivers de mer et 4 individus de 2^{ème} retour). L'estimation de l'échappement de PHM est donc impossible pour cette année. Tous les poissons recapturés pendant ou peu après la reproduction ont été mesurés (L_f , mm) et ont fait l'objet d'un prélèvement d'écaillés, à l'exception de deux individus, dont un a été considéré comme étant un PHM en raison de sa grande taille.

1995

La fraction PHM a été affectée par une épidémie durant les mois d'avril à juin entraînant des mortalités significatives. Le nombre total de PHM marqués potentiellement recapturables a été estimé en tenant compte de ces mortalités. Le stress inhérent aux manipulations réalisées lors de la capture et du marquage au Moulin des Princes a pu entraîner une surmortalité chez les poissons marqués. Par ailleurs, les poissons passés au piège et récupérés morts par la suite ont montré que cette maladie entraînait la mort rapidement après l'entrée en eau douce (généralement dans un délai de moins de deux semaines) et les individus malades sont réputés très difficilement capturables par pêche à ligne. On a donc considéré qu'aucun des poissons marqués affectés par l'épizootie n'était disponible pour une recapture ultérieure d'aucune sorte. Le nombre total de PHM marqués et morts au cours de cette épizootie est estimé en faisant l'hypothèse que seule la moitié d'entre eux a pu être effectivement récupérée au cours des mois d'avril à juin (que ce soit au Moulin des Princes ou le long du Scorff). Une fois tenu compte du nombre de marques retirées par l'épizootie, l'échappement de PHM ne peut être estimé selon la même méthode que pour les IHM en raison du nombre trop faible de recaptures effectuées en 1995 pendant ou peu après la reproduction (7 PHM dont 1 seul marqué). On a donc cumulé l'ensemble des recaptures faites tout au long de l'année. En faisant l'hypothèse que la proportion de PHM marqués a été stable au cours du temps, ce cumul permet d'estimer le nombre d'individus étant retournés dans le Scorff en 1995 déduction faites des mortalités consécutives à l'épizootie. Le nombre total de marques disponibles pour une recapture éventuelle (m'_{PT}) est calculé comme suit :

$$m'_{PT} = m_{PT} - m_{PM}$$

m_{PT} = nombre de PHM marqués à la station du Moulin des Princes et relâchés en amont,

m_{PM} = nombre de PHM marqués et morts lors de l'épizootie.

⁴ 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 (AAPPMA de Plouay).

L'échappement (E_p) est alors ainsi obtenu :

$$E_p = R'_p \cdot s_p - C_{PL} (a)$$

R'_p = nombre de PHM étant retournés dans le Scorff en 1995 déduction faite des mortalités consécutives à l'épizootie,

s_p = taux de survie pour les PHM 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 poissons recapturés vivants sur les zones de frayères pendant la période de reproduction n'ont à quelques exceptions près pas été mesurés précisément. La séparation entre IHM et PHM repose donc sur une appréciation à vue de la taille des individus (peu équivoque dans la grande majorité des cas) en s'aidant de la date de remontée pour les individus marqués.

1996

Les opérations de recaptures sur les zones de frayères durant la période de reproduction ont été menées en distinguant 4 strates à l'intérieur du réseau hydrographique (Fig. 1) : les ruisseaux affluents, le cours principal aval (du Moulin des Princes à Pont-Kerlo, commune d'Arzano), le cours principal moyen (de Pont-Kerlo à l'amont de la zone de Pont-Callec, limite entre les communes de Plouay et Inguiniel) et le cours principal amont (au dessus de la zone de Pont-Callec). L'effort d'échantillonnage a été répartie à peu près équitablement entre ces 4 strates et les opérations de recaptures se sont étalées tout au long de la période de reproduction. Tous les poissons recapturés pendant ou peu après la période de frai ont été mesurés (Lf, mm) et des écailles ont été prélevées sur les individus non marqués dont la taille laissait un doute sur leur âge de mer. Pour les poissons marqués la date de passage au piège du Moulin des Princes combinée avec la taille a permis de discriminer sans incertitude IHM et PHM.

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 (Prévost et Porcher, 1996). On utilisera ces mêmes valeurs pour convertir le nombre d'adultes ayant participé à la reproduction en dépose d'oeufs, soit :

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

Estimation et distribution de probabilité de la dépose d'oeufs

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'oeufs grâce aux paramètres présentés au paragraphe précédent, les deux distributions de déposes d'oeufs ainsi obtenues sont combinées, en considérant qu'elles sont indépendantes, pour obtenir une distribution de probabilité conjointe de la dépose d'oeufs des IHM et des PHM. En intégrant cette distribution conjointe selon une grille de dépose d'oeufs totale (IHM + PHM), on en déduit la distribution de probabilité *a posteriori* de la dépose d'oeufs totale. La valeur la plus probable de cette distribution est retenue comme estimation de la dépose d'oeufs totale. Cette approche a subi quelques variations selon l'année considérée.

1994

Faute de disposer d'informations sur les retours de PHM, la distribution de probabilité de la dépose d'oeufs totale a été calculée en combinant celle obtenue pour les IHM avec une distribution uniforme correspondant à un échappement de PHM compris entre 50 et 200 individus. La dépose d'oeufs totale a été estimée en considérant que la proportion d'oeufs issus des PHM était similaire à celle observée en 1996, soit 33% du total.

1995

Pour les PHM, la distribution de probabilité donnée par la procédure d'estimation est celle des retours de PHM déduction faites des mortalités lors de l'épidémie printanière. Elle a été secondairement transformée en celle de l'échappement par application directe de l'équation (a).

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

La confrontation de la dépose d'oeufs 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 de la dépose d'oeufs totale pour en déduire une probabilité *a posteriori* que la cible d'échappement ait été dépassée, probabilité qui incorpore l'incertitude dans la détermination de la dépose d'oeufs.

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

Les effectifs des retours d'adultes sont recalculés à partir des estimations du nombre de poissons participant à la reproduction selon la formule suivante :

$$R_i = E_i / s_i + C_{iL} + D_i$$

R_i = effectifs des retours d'adultes de la catégorie i ,

E_i = nombre d'adultes de la catégorie i participant à la reproduction,

D_i = poissons de la catégorie i 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).

En 1994, l'effectif de la fraction PHM ne peut être estimé. En 1995, ce sont les retours de PHM déduction faites des mortalités printanières qui ont été estimés. Le nombre de PHM morts lors de l'épidémie du printemps n'est pas connu avec précision (voir § discussion).

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

II - Résultats

II.1 - Production de smolts

594 et 336 juvéniles dévalants ont été échantillonnés à la station du Moulin des Princes en 1995 et 1996 respectivement. Ils présentaient tous une livrée de smolt caractéristique (robe argentée, nageoires décolorées ourlées d'un liseré noir...). Les captures au piège se sont étalées entre le 19 mars et le 9 juillet en 1995 et entre le 29 mars et le 2 juin en 1996 (Fig. 2). La dernière décade du mois d'avril et la première décade du mois de mai représentent 62% des effectifs échantillonnés en 1995 et 79% en 1996. La taille moyenne des smolts est de 148 mm (ec.type : 13.5 mm) en 1995 et de 145 mm (ec.type : 13.9 mm) en 1996 (Fig. 3). Si on néglige les très rares individus âgés de 3 ans, seulement 2 classes d'âge sont représentées parmi les smolts, 1 an et 2 ans. En 1995, on dispose de seulement 59 prélèvements d'écaillés et ce sous-échantillon est biaisé du point de vue de la taille (L_f moyenne : 168 mm). Néanmoins, en divisant les individus d'âge connu en deux strates ($L_f \leq 160$ mm, $n = 12$ et $L_f > 160$ mm, $n = 47$) et en tenant compte de la distribution de taille des smolts, on peut estimer la composition en âge du flux de smolts 1995 à 90% de 1 an, 9.5% de 2 ans et 0.5% de 3 ans. En 1996, on dispose de 185 prélèvements d'écaillés répartis sur toute l'étendue de la distribution de taille des smolts. Un regroupement des individus d'âge connu selon 3 strates ($L_f \leq 150$ mm, $n = 110$; $150 \text{ mm} < L_f \leq 170$ mm, $n = 55$; $L_f > 170$ mm, n

=19) permet, en tenant compte de la distribution de taille des smolts, d'estimer la composition en âge des smolts à 91% de 1 an et 9% de 2 ans pour l'année 1996.

458 smolts marqués ont été libérés en amont de la station du Moulin des Princes en 1995 (Tableau 1). 43 ont été recapturés. L'effectif du flux de smolts dévalant en 1995 est estimé à 6206 (I. C. 95% [4804, 8212]). L'efficacité du piège peut être évaluée à 9.6% en 1995. En 1996, 279 smolts marqués ont été remis en amont du dispositif de piégeage, 105 au cours de la première strate (avant le 29 avril) et 174 au cours de la seconde (après le 29 avril). 50 ont été recapturés. Parmi eux, trois ne portaient plus de marque individuelle. En raison du délai généralement court (moins de deux jours) séparant le marquage et la recapture, ces trois individus ont été considérés comme ayant été recapturés dans la même strate que celle de leur marquage. Ainsi sur les 50 recaptures de poissons marqués, 5 ont eu lieu avant le 29 avril et 45 après cette date, dont 2 marqués au cours de la première strate. Le flux total de smolts en 1996 est estimé à 3261 (I. C. 95% [1232, 5290]), soit 2604 avant le 29 avril et 657 après cette date. L'efficacité du piège a fortement augmenté après les modifications apportées le 29 avril passant de 4.6% à 25.4%. Cette variation d'efficacité fait que la distribution des captures au piège par décade présentée à la figure 2 ne représente pas le rythme de dévalaison des smolts.

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

164 adultes de saumon atlantique ont été capturés au piège du Moulin des Princes en 1994, contre 551 en 1995 et 538 en 1996. Il s'agit essentiellement de 1HM : 157 individus soit 96% en 1994, 508 soit 92% en 1995 et 507 soit 94% en 1996. Les PHM représentent une fraction minoritaire : 7 poissons (3 âgés de 2 ans de mer et 4 effectuant un deuxième retour) en 1994, 43 (tous âgés de 2 ans de mer) en 1995 et 31 (tous âgés de 2 ans de mer, sauf un effectuant un deuxième retour). Tous âges de mer confondus, le temps de séjour en eau douce des adultes est majoritairement de 1 an : 83% en 1994, 61% en 1995 et 89% en 1996 (Fig. 4). Les 1HM ont une taille moyenne de 619 mm (ec.type = 35 mm) pour un poids moyen de 2529 g (ec.type = 498 g) en 1994, 612 mm (ec.type = 34 mm) pour 2490 g (ec.type = 448 g) en 1995 et 618 mm (ec.type = 37 mm) pour 2514 g (ec.type = 501 g) en 1996. Les poissons ayant séjourné 2 hivers en mer mesurent en moyenne 747 mm (ec.type = 36 mm) pour un poids moyen de 4570 g (ec.type = 690 g) en 1995 et 743 mm (ec.type = 37 mm) pour 4217 g (ec.type = 963 g) en 1996. Toutes années confondues, les poissons de seconde remontée ont une taille moyenne de 698 mm (ec.type = 38 mm) pour un poids moyen de 3747 g (ec.type = 805 g). Tous les poissons effectuant un second retour étaient âgés de 1+ an de mer à leur première reproduction et ils ont passé quelques mois seulement en mer avant de revenir en eau douce. Sur l'ensemble des 3 années d'étude, la limite de 700 mm (Lf) permet de discriminer 1HM et PHM avec un taux d'erreur de l'ordre de 2.5%.

Le distribution des captures au piège au cours de l'année est présentée à la figure 5. En 1994 les premiers adultes échantillonnés à la station du Moulin des Princes ont été pris au début juin. Aucun PHM n'a été piégé avant la troisième décade mars en 1995 et 1 seul a été échantillonné avant le début mai en 1996. Chaque année, l'essentiel des 1HM ont été capturés de la deuxième décade de juin à la première décade d'août : 72% en 1994, 93% en 1995 et 78% en 1996. On notera que contrairement aux 2 autres années, presque aucun poisson (6 1HM) n'a été échantillonné au cours de l'automne en 1995. La distribution temporelle des captures à la station du Moulin des Princes ne représente pas directement 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 (voir § discussion).

II.3 - Estimation de l'échappement

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

Échappement IHM

156 IHM ont été libérés marqués en amont de l'installation du Moulin des Princes en 1994, 500 en 1995 et 502 en 1996. Les captures à la ligne de IHM ont été estimées à 41 poissons en 1994, 75 en 1995 et 92 en 1996. Parmi les IHM pris à la ligne et présentés pour identification de marque à la station du Moulin des Princes 18% (3 sur 17) étaient marqués en 1994, 80% (39 sur 49) en 1995 et 76% (25 sur 33) en 1996. 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 130 en 1994, 390 en 1995 et 382 en 1996. 18 IHM ont été recapturés en 1994 pendant ou peu après la reproduction dont 4 étaient marqués, contre respectivement 59 et 31 en 1995 et 59 et 45 en 1996. On obtient alors les estimations d'échappement de IHM suivantes : 587 (I. C. 95% [344, 2400]) en 1994, 742 (I. C. 95% [613, 1018]) en 1995 et 501 (I. C. 95% [449, 598]) en 1996.

Échappement PHM

Aucune estimation ne peut être fournie pour l'année 1994.

En 1995, 42 PHM ont été relâchés marqués en amont du piège du Moulin des Princes. 10 PHM marqués ont été effectivement récupérés morts lors de l'épizootie printanière. En considérant que seulement 50% des poissons marqués morts ont pu être récoltés, on évalue à 22 le nombre de marques disponibles pour une recapture ultérieure au cours de l'année 1995. Tous modes de recapture confondus, 5 PHM marqués ont été observés parmi un échantillon de 14 individus. On estime alors à 62 (I. C. 95% [40, 221]) le nombre de PHM revenus dans le Scorff en 1995 déduction faites des mortalités occasionnées par l'épizootie du printemps. En tenant compte d'un prélèvement par pêche de 11 PHM et du taux de mortalité (hors épizootie) entre le marquage et la reproduction, on estime à 45 individus (I. C. 95% [25, 188]) l'échappement de PHM.

En 1996, 30 PHM ont été libérés marqués en amont du Moulin des Princes. Parmi les 6 PHM pris à la ligne et présentés au Moulin des Princes aucun n'était marqué. On peut donc estimer à 27 le nombre de marques disponibles pour une éventuelle recapture pendant ou peu après la reproduction. Sur 9 PHM recapturés, 3 étaient marqués. On en déduit une estimation d'échappement de 81 PHM (I. C. 95% [48, 349]).

Estimation et distribution de probabilité de la dépose d'oeufs

Les distributions de probabilité *a posteriori* de la dépose totale (IHM + PHM) sont présentées à la figure 6. La dépose d'oeufs est estimée à 1 610 000 oeufs en 1994 (I. C. 95% [1 200 000, 5 200 000]), 1 620 000 (I. C. 95% [1 400 000, 2 700 000]) en 1995 et 1 380 000 (I. C. 95% [1 200 000, 3 000 000]).

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

La dépose d'oeufs estimée est égale à 169% de la cible d'échappement du Scorff en 1994, 170% en 1995 et 145% en 1996. L'examen des distribution de probabilité cumulées (Fig. 6) de la dépose d'oeufs indique que la probabilité *a posteriori* que la dépose d'oeufs ait été inférieure à la cible d'échappement est de 0.2% en 1994 et est nulle en 1995 et 1996.

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

En recalculant les effectifs des retours à partir de ceux de l'échappement on obtient (Tableau 2, Fig. 7) :

- en 1994, 694 IHM ;
- en 1995, 908 IHM et un minimum de 74 PHM (l'ensemble des mortalités dues à l'épizootie printanière ne pouvant être quantifié avec précision), soit environ un millier d'adultes toutes catégories confondues ;
- en 1996, 654 IHM et 102 PHM, soit 756 adultes au total.

Les taux d'exploitation par la pêche à la ligne sont (Fig. 7) :

- en 1994, 6% pour les IHM (41 captures) ;
- en 1995, 8% pour les IHM (75 captures) et au maximum 15% pour les PHM (11 captures) ;
- en 1996, 14% pour les IHM (92 captures) et 11% pour les PHM (11 captures).

III - Discussion

III.1 Production de smolts

L'effectif du flux de juvéniles dévalants a varié du simple au double au cours des 2 années d'observations. La faible production smolts de l'année 1996 est issue essentiellement (91% de smolts de 1 an) de la dépose d'oeufs de l'année 1994, qui a été estimée significativement supérieure à la cible d'échappement. Ce mauvais résultat est certainement la conséquence de la crue centennale qui est intervenue au cours de l'hiver 1995 et qui a sans doute grandement affecté la survie lors des phases d'incubation sous graviers dans les frayères. En effet, des expériences de quantification des taux de survie sous gravier réalisées au cours de l'hiver 1994/95 ont montré que la mortalité dans les frayères a certainement été très forte (Claude, 1996). Ce résultat a été confirmé par les faibles abondances de juvéniles observées à l'automne 1995 (Prévoist, données non publiées), en particulier sur toute la zone intermédiaire du cours principal du Scorff (de Pont-Kerlo à Pont-Callec) qui renferme plus de 50% des surfaces de production de juvéniles actuellement utilisable sur le Scorff (Claude, 1996). Les observations réalisées pour la cohorte 1995 (reproduction 1994 et naissance des jeunes en 1995) souligne que le fait de dépasser la cible d'échappement ne garantit pas d'optimiser le recrutement chaque année. L'optimisation associée à la cible d'échappement porte sur le recrutement moyen à long terme.

Les smolts ayant migré en 1995 ont donné les IHM revenus dans le Scorff en 1996. Le taux de survie en mer partiel (ne prenant pas en compte les retours à venir de PHM) des smolts de 1996 peut donc être estimé à 10.5%. Il faudra attendre les retours de PHM de l'année 1997 pour avoir la première estimation de survie en mer pour le stock du Scorff.

III.2 Retours d'adultes et échappement

Précision des estimations et validité des résultats

En 1995, la proportion de IHM marqués dans les captures à la ligne (80%) est très nettement supérieure celle observée parmi ceux échantillonnés pendant ou peu après le frai (53%). La pêche à la ligne fermant au début octobre, cet écart pourrait être dû, soit à des pertes de marques entre la capture au piège du Moulin des Princes et le frai, soit à un afflux de poissons non marqués au cours de l'automne. La seconde hypothèse est la seule vraisemblable car :

- le marquage des poissons se fait en plusieurs points du corps et il est très peu probable qu'il disparaisse en même temps de tous ces points.
- en 1994 et 1996, les retours de IHM se sont faits en deux "vagues" (Fig. 5) : une principale correspondant à un pic de migration très marqué au cours de l'été, une plus secondaire et plus

diffuse au cours de l'automne. En 1995, seulement 6 poissons ont été échantillonnés à la station du Moulin des Princes en automne.

- un système anti-retour a été installé au début de l'automne sur le piège de montée et une petite expérience (mise en fonction de ce système à jour alterné) mené au printemps 1996 a montré qu'il constituait un frein presque absolu à l'entrée des poissons dans la nasse de capture.

Ainsi, les retours automnaux n'ont pratiquement pas été échantillonnés en 1995. En considérant que la proportion de IHM marqués dans les captures à la ligne est un bon reflet de la proportion de IHM marqués au cours de la "vague" estivale on peut estimer cette dernière à un peu plus de 600 poissons, ce qui, par différence, permet d'évaluer grossièrement à un peu moins de 300 poissons les retours automnaux de IHM. Le système anti-retour a été retiré le 19 mai 1996. Il a donc certainement aussi affecté les captures de saumons de printemps au piège en 1996. La répartition dans le temps des captures au piège de Moulin des Princes (Fig. 5) ne peut donc être interprétée directement comme le rythme d'entrée en eau douce des adultes.

Les distributions de probabilité de la dépose d'oeufs présentées à la figure 6 donnent une représentation optimiste de la précision des estimations de l'échappement. En effet, en dehors de l'incertitude propre à la technique d'estimation par marquage/recapture, celle inhérente à un certain nombre d'autres éléments n'a pas été prise en compte dans le processus d'estimation. En particulier, n'a pas été considéré l'incertitude liée à :

- la survie entre le marquage et la période de reproduction ;
- l'estimation du nombre de marques retirées par les captures à la ligne, avec deux éléments l'estimation des captures et l'estimation de la proportion de poissons marqués sur un échantillon (les poissons présentés au moulin des Princes) tiré parmi les captures ;
- le nombre de marques non disponibles pour une recapture éventuelle du fait de l'épizootie du printemps et les variations possibles de la proportion de poissons marqués au cours de l'année, ces deux points uniquement concernant les PHM en 1995.

L'incertitude liée à ces éléments peut être évaluée par des approches de simulation et/ou de rééchantillonnage (voir Chaput *et al.* (1996) pour un exemple de mise en oeuvre de ces techniques sur un problème du même type). En tout état de cause, une augmentation de l'étalement de la distribution de probabilité de la dépose d'oeufs se ferait de façon dissymétrique, préférentiellement du côté des fortes valeurs. En effet, la dispersion du côté des faibles valeurs est fortement contrainte par le minimum effectivement observé (nombre de marques disponibles + nombre de recaptures non marqués) qui est conséquent dans notre cas, en particulier pour les années 1995 et 1996. L'incertitude du côté des fortes valeurs est la moins gênante quand il s'agit de comparer la dépose d'oeufs à une cible d'échappement, valeur de référence que l'on souhaite dépasser. Quoiqu'il en soit, on peut considérer que les distributions de probabilité de la dépose d'oeufs présentées à la figure 5 demeurent tout à fait valables. En effet, outre que la plus forte incertitude dans les estimations d'échappement concerne la fraction minoritaire des PHM, il faut également noter que :

- la mortalité (hors capture à la ligne) entre le marquage et la période de reproduction ne peut qu'être faible, car dans le cas inverse la présence régulière des pêcheurs et du personnel scientifique le long d'un cours d'eau de taille relativement modeste comme le Scorff conduit à observer des indices contraires (comme pour les PHM au printemps 1995 par exemple).
- la précision de l'estimation du nombre de marques retirées par les captures à la ligne ne peut avoir une influence majeure sur la précision de l'estimation de l'échappement. En effet, pour les PHM en 1996 et les IHM en 1994, les échantillons de captures examinés au Moulin des Princes sont certes de taille réduite (6 et 17 poissons respectivement), mais ils indiquent une faible proportion la proportion de poissons marqués dans les captures et donc un faible nombre de marques retirées par la pêche à la ligne. Pour les IHM en 1995 et 1996, les proportions de poissons marqués dans les captures sont élevées (80% et 76%), mais on

dispose alors d'échantillons d'individus examinés au Moulin des Princes de taille raisonnable (49 et 33). En outre, quelque soit l'erreur introduite par l'estimation de la proportion de poissons marqués dans les captures à la ligne, son impact est limité du fait que les prises restent faibles comparées aux retours d'adultes (cf. taux d'exploitation). Enfin, on ajoutera que la méthode utilisée pour quantifier les captures par pêche à la ligne, reposant sur un suivi journalier des informations de capture en collaboration avec l'association de pêche locale, permet d'assurer une bonne précision, dont l'ordre de grandeur peut être évalué à +/-10%.

- pour les PHM, la distribution de probabilité de l'échappement pour 1994 et 1995 est conservatrice dans le sens où :

α une distribution uniforme bornée par de faibles valeurs (50 et 200) a été retenue pour 1994 ;

α en 1995, la limite basse de l'intervalle de confiance à 95% du nombre d'individus participant à la reproduction (25 PHM, Tableau 2) est pessimiste. En effet, si l'on retient une hypothèse basse de seulement 10 PHM marqués présents lors de la reproduction, et sachant que sur 7 PHM recapturés pendant ou peu après le frai un seul était marqué, on peut estimer par la méthode de Gazey et Staley (1986) que la probabilité que l'échappement de PHM soit inférieur à 25 est en fait inférieure à 0.5%. En outre, dans le cas où la précision d'estimation des PHM aurait été surestimée, la limite haute de l'intervalle de confiance de l'échappement en PHM (224, Tableau 2) pourrait être là aussi pessimiste. Néanmoins, cette borne supérieure est tout à fait vraisemblable ; elle correspond à des retours supérieurs à 250 PHM, chiffre qui est très peu probable dans le contexte général actuel de faible abondance des PHM.

Ainsi, la conclusion que la dépose d'oeufs a été supérieure à la cible d'échappement du Scorff au cours des 3 premières années d'études conserve toute sa validité.

Les mortalités de PHM au printemps 1995

En 1995, des poissons malades ont été fréquemment observés au cours du printemps (d'avril à juin) dans le Scorff. 12 ont pu être capturés ou récupérés morts. Parmi ces poissons effectivement observés tous sauf 1 étaient marqués. Une telle proportion de marqués pourrait faire penser à une mortalité liée aux opérations de marquage, mais un certain nombre d'éléments contredisent cette hypothèse. En effet :

- les mortalités printanières n'ont pas été limitées au Scorff. Elles ont été observées, avec une intensité variable, sur la majorité des rivières à saumon bretonnes. Il s'agissait donc d'un phénomène épizootique à l'échelle au moins régionale, comme cela est observé de manière récurrente depuis plus de 20 ans.

- un poisson mourant et d'autres présentant des signes d'affection par la maladie (relative apathie, nageoires endommagées...) ont été observés lors de leur capture avant marquage.

- proportionnellement au nombre de poissons marqués, l'épizootie a touché très sélectivement (comme pour les autres années où ce phénomène a été observé) les PHM, alors que les IHM ont subi les mêmes manipulations.

- l'essentiel des poissons récupérés morts ou mourants l'ont été à la station du Moulin des Princes. Or, la configuration de la prise d'eau du dispositif de piégeage fait que les poissons se trouvant en amont de l'entrée du canal d'amenée du Moulin des Princes vont en dévalant préférentiellement emprunter le cours majeur du Scorff. Ainsi, la récupération à la station du Moulin des Princes de saumons dérivant vers l'aval pourrait être sélective en faveur des individus marqués, en concernant en premier lieu des poissons qui n'ont pas migré hors du canal d'amenée (comportement qui pourrait être favorisé par une affection pathologique).

Même s'il fait peu de doute que les mortalités de PHM observées au printemps aient été causées par une épizootie, il n'en demeure pas moins que la mortalité des saumons marqués à

la station du Moulin des Princes a pu être supérieure à la moyenne, le stress lié essentiellement à la capture étant connu pour avoir un effet immunodépresseur.

L'importance même approximative de l'ensemble des mortalités consécutives à l'épizootie est très difficilement quantifiable. Les 12 poissons effectivement récupérés morts ou mourant constituent une valeur minimale. Quelqu'ait été l'ampleur du phénomène, des PHM ont cependant été échantillonnés pendant ou peu après le frai. Même en prenant un hypothèse basse de seulement 10 PHM marqués participant au frai, la recapture en fin de saison de 7 PHM dont un seul été marqué permet d'évaluer, par la méthode de Gazey et Staley (1986) qu'il existe 90% de chances que l'échappement en PHM ait été malgré tout supérieur à 60 individus.

Retours d'adultes et exploitation par la pêche à la ligne

Au cours des 3 années d'études le taux d'exploitation des IHM par la pêche à la ligne s'est accru, passant de 6 à 14%, tout en restant modéré. Celui des PHM en 1995 ($\leq 15\%$) et 1996 (11%) est lui aussi relativement faible. Au cours des 2 dernières années, la composition des captures reflète celle du stock. Contrairement au passé et à la majorité des autres cours d'eau bretons, les PHM ne sont plus l'objet aujourd'hui d'une exploitation sélective sur le Scorff. Cet état de fait résulte d'une redistribution de l'effort de pêche vers la fin de la saison de pêche à l'automne (Prévost, 1996). Cette redistribution a certainement été facilitée par les informations dont ont pu bénéficier les pêcheurs sur l'état réel du stock depuis la mise en service de la station du Moulin des Princes. La comparaison de la dépose d'oeufs par rapport à la cible d'échappement montre que, pour des années comparables aux 3 dernières, il existe encore une marge de progression pour les captures, et donc pour l'activité pêche, sans mettre en péril la pérennité du stock.

Pour imprécis qu'ils soient, les chiffres de retour de PHM obtenus pour 1995 et 1996 confirment la faible abondance actuelle de la composante PHM, faible abondance qui est un phénomène général à l'échelle de l'Atlantique nord (Gough *et al.*, 1992 ; Youngson, 1995 ; Anonyme, 1996). Le faible nombre de PHM est relativement inquiétant. En effet, ces poissons du fait de leur grande taille et de leur rapport des sexes fortement biaisé en faveur des femelles ont un potentiel de dépose d'oeufs par individus près de trois fois supérieur à leur congénères IHM. En outre, ils sont aussi le type de poissons le plus recherché par les pêcheurs. Même si il n'existe pas de preuve formelle, il est aujourd'hui communément admis que la cause fondamentale de cette faible abondance des PHM serait liée à une conjoncture environnementale défavorable en milieu marin (Martin et Mitchell, 1985 ; Friedland *et al.*, 1993; Friedland et Haas, 1996). Parallèlement, les données scientifiques disponibles indiquent aussi que le temps de séjour en mer est un caractère partiellement déterminé génétiquement (Nævdal, 1983 ; Ritter *et al.*, 1986 ; Jordan *et al.*, 1990). En conséquence, il serait prudent de veiller à maintenir au cours des années à venir l'échappement de PHM à un niveau maximum (en limitant par exemple les prélèvements) afin que le potentiel génétique qu'ils représentent puisse s'exprimer pleinement lorsque les conditions environnementales en milieu marin redeviendront plus favorables et favoriser ainsi une augmentation la plus rapide possible de cette composante des stocks à long séjour marin. Sur le Scorff, les taux d'exploitation modérés des PHM des 2 dernières années font que les prélèvements restent dans des limites que l'on peut juger compatibles avec un objectif de protection. Cette situation favorable ne peut sans doute pas être généralisée à l'échelle de la Bretagne.

Remerciements

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

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 1996. Report of the Working Group on North Atlantic Salmon. Moncton, Canada, 10-19 April 1996. *ICES CM 1996/Assess: 11 Ref. M*, 228 p.
- Aranason 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.
- Caddy J.F. et R. McGarvey, 1996. Targets or limits for management of fisheries. *North Am. J. Fish. Mgt*, **16** : 479-487.
- Chaput G., Biron M., Moore D., Dube B., Ginnish C., Hambrook M., Paul T. et B. Scott, 1996. Stock status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Miramichi River, 1995. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.*, **96/124** : 85 p.
- 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.
- Friedland K.D. et R.E. Haas, 1996. Marine post-smolt growth and age at maturity of Atlantic salmon. *J. Fish Biol.*, **48** : 1-15.
- Friedland K.D., Reddin D.G. et J.F. Kocik, 1993. Marine survival of North American and European Atlantic salmon: effects of growth and environment. *ICES J. Mar. Sci.*, **50** : 481-492.
- Gazey W.J. et M.J. Staley, 1986. Population estimation from mark-recapture experiments using a sequential Bayes algorithm. *Ecology*, **67** : 941-951.
- Gough P.G., Winstone A.J. et P.G. Hilder, 1992. Spring salmon. A review of factors affecting the abundance and catch of spring salmon from the river Wye and elsewhere, and proposals for stock maintenance and enhancement. *Natl. Riv. Auth., Welsh Reg. Tech. Rep.*, **2** : 57 p.
- Johnstone R., 1981. Dye marking. Colour guide to growth performance. *Fish Farmer*, **4** : 24-25
- Jordan W.C., Youngson A.F. et J.H. Webb, 1990. Genetic variation at the malic enzyme-2 locus and age at maturity in sea-run Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47** : 1672-1677.
- Martin J.H. et K.A. Mitchell, 1985. Influence of sea temperature upon the numbers of grilse and multi-sea-winter Atlantic salmon (*Salmo salar*) caught in the vicinity of the river Dee (Aberdeenshire). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42** : 1513-1521.
- Naevdal G., 1983. Genetic factors in connection with age at maturation. *Aquaculture*, **33** : 97-106.
- Prévoist E., 1996. *Suivi halieutique de l'exploitation du saumon par pêche à la ligne dans le Scorff. Bilan 1995 et synthèse 1992-95*. Lab. écol. aquat. INRA, 11 p.
- Prévoist 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.
- Ritter J.A., Farmer G.J., Misra R.K., Goff T.R., Bailey J.K. et E.T. Baum, 1986. Parental influences and smolt size and sex ratio effects on sea age at first maturity of Atlantic salmon (*Salmo salar*), p. 30-38. In D.J. Meerburg (Ed.) *Salmonid age at first maturity*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, **89**.
- Youngson A., 1995. *Spring salmon*. Atlantic Salmon Trust/Atlantic Salmon Federation, Pitlochry (Royaume Uni), 52 p.

Tableau 1 : Bilan des opérations de marquage/recapture et estimations de la production de smolts (voir § matériel et méthodes).

<i>Année</i>	Strate de capture et marquage	Effectif marqué relâché vivant	Recaptures totales	Recaptures strate avant le 29/4/96	Recaptures strate après le 29/4/96	Estimation production smolts
1995		458	43			6206 [4804, 8212]
1996	avant le 29/4/96	105		5	2	3261
	après le 29/4/96	174		0	43	[1232, 5290]

Tableau 2 : Bilan des opérations de marquage/recapture et estimations de l'échappement et des retours par catégorie d'adultes (voir § matériel et méthodes). Les valeurs en italique gras sont celles directement estimées, les intervalles de confiance à 95% sont donnés entre crochets.

<i>Année</i>	Catégorie d'adultes	Effectif marqué relâché vivant	Captures à la ligne	Proportion marqués captures	Taux de mortalité hors captures	Marques disponibles lors du frai	Recaptures pendant ou peu après le frai	Echappement participant au frai	Retours adultes
1994	1HM	156	41	18%	10%	130	4 marqués 14 non marqués	587 [344, 2400]	694
1995	1HM	500	75	80%	10%	390	31 marqués 28 non marqués	742 [613, 1018]	908
	PHM (1)	42	11		10%			45 [25, 188]	>= 74 (2)
1996	1HM	502	92	76%	10%	382	45 marqués 14 non marqués	501 [449, 598]	654
	PHM	30	11	0%	10%	27	3 marqués 6 non marqués	81 [48, 349]	102

(1) En 1995, ce sont les retours déduction faites des mortalités lors de l'épizootie printanières qui ont été estimés (voir § matériels et méthodes et § résultats)

(2) Valeur obtenue en réintégrant toutes les mortalités dues à l'épizootie printanière effectivement constatées : 1 PHM piégé mourant + 11 PHM récupérés morts.

nb smolts capturés

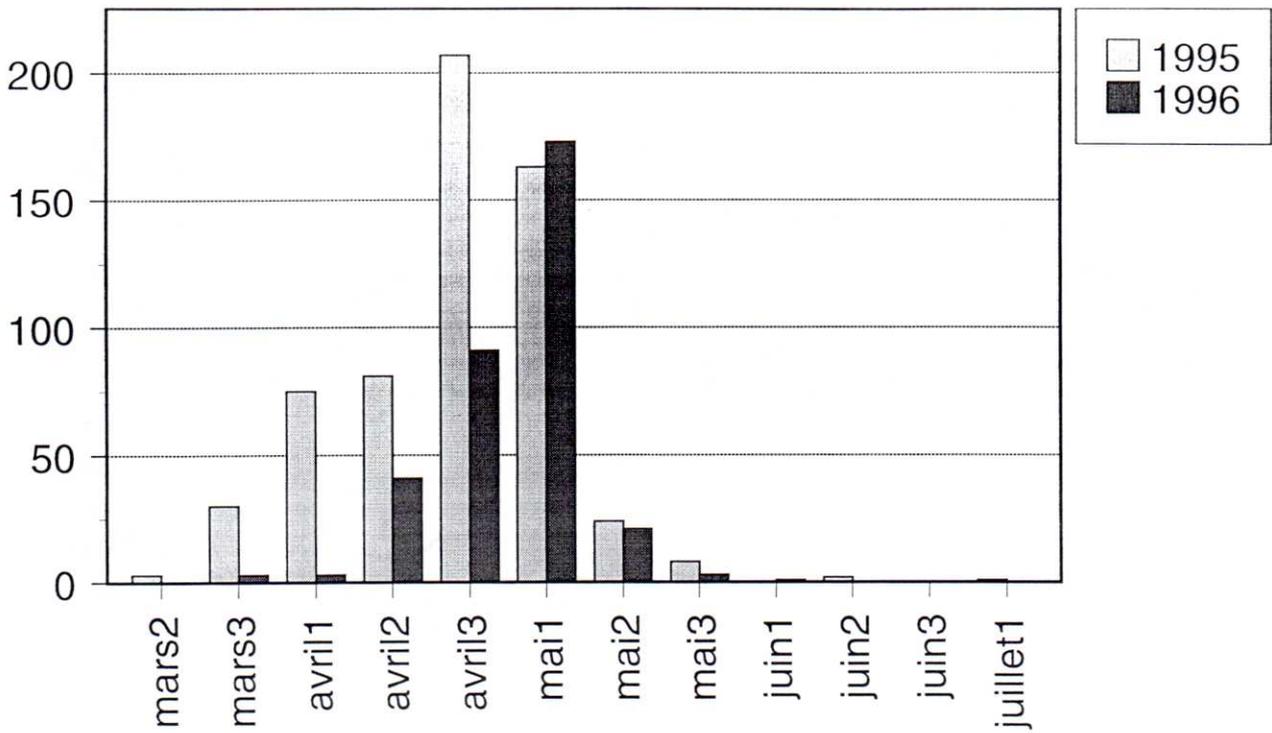


Figure 2 : Distribution des captures de smolts par décennie à la station du Moulin des Princes.

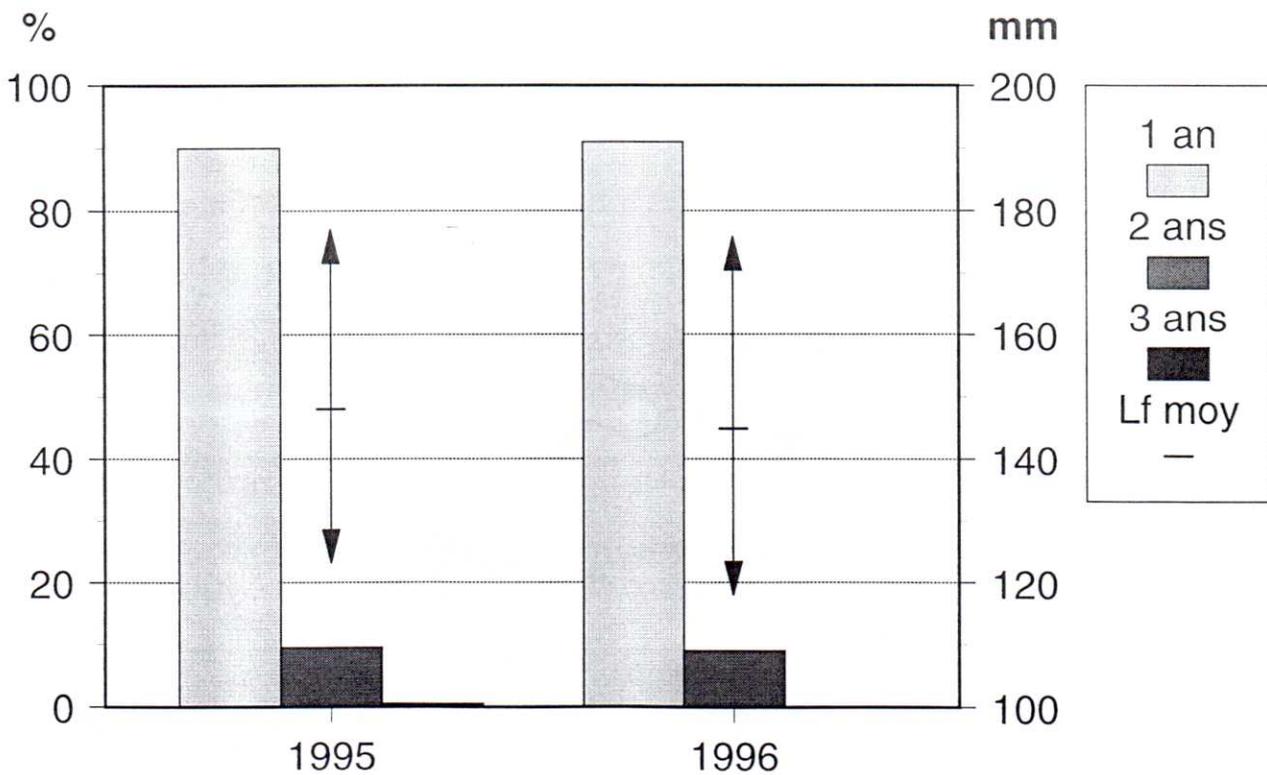


Figure 3 : Composition en âge, taille moyenne (Lf, mm) et intervalle comprenant 95% de l'effectif échantillonné pour la production de smolts 1995 et 1996.

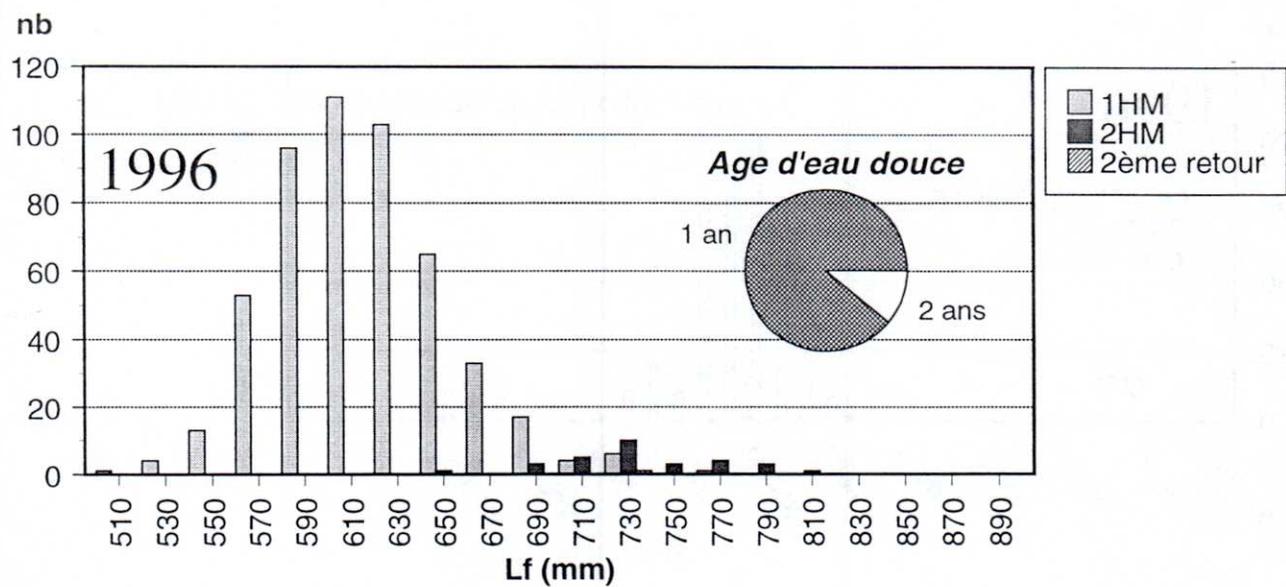
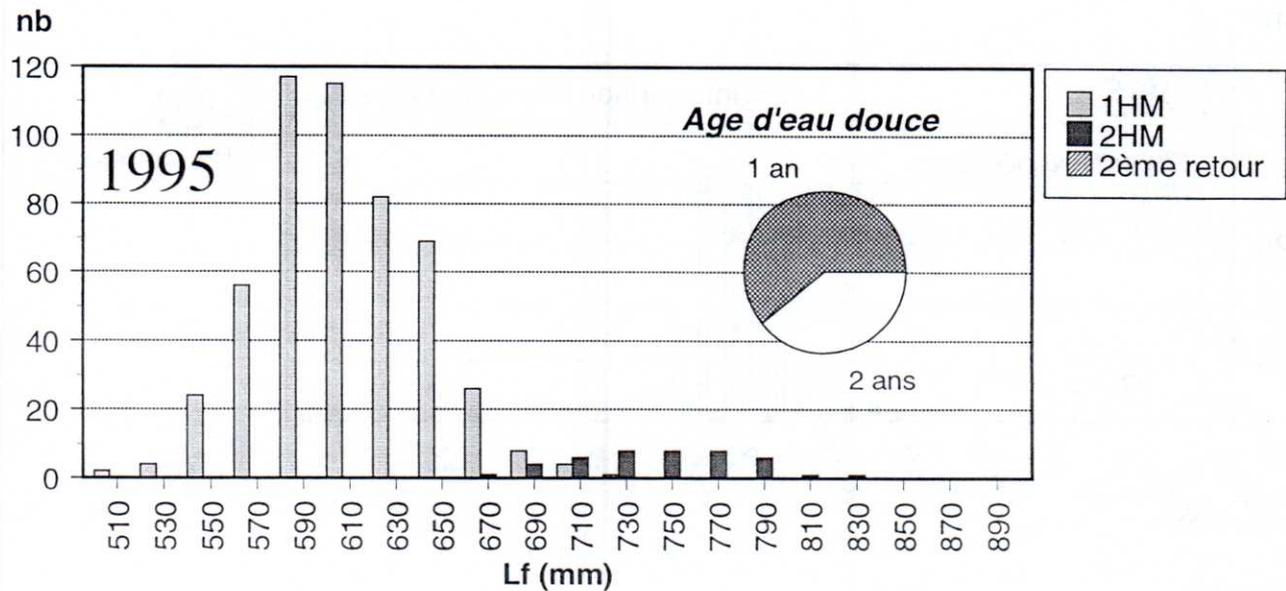
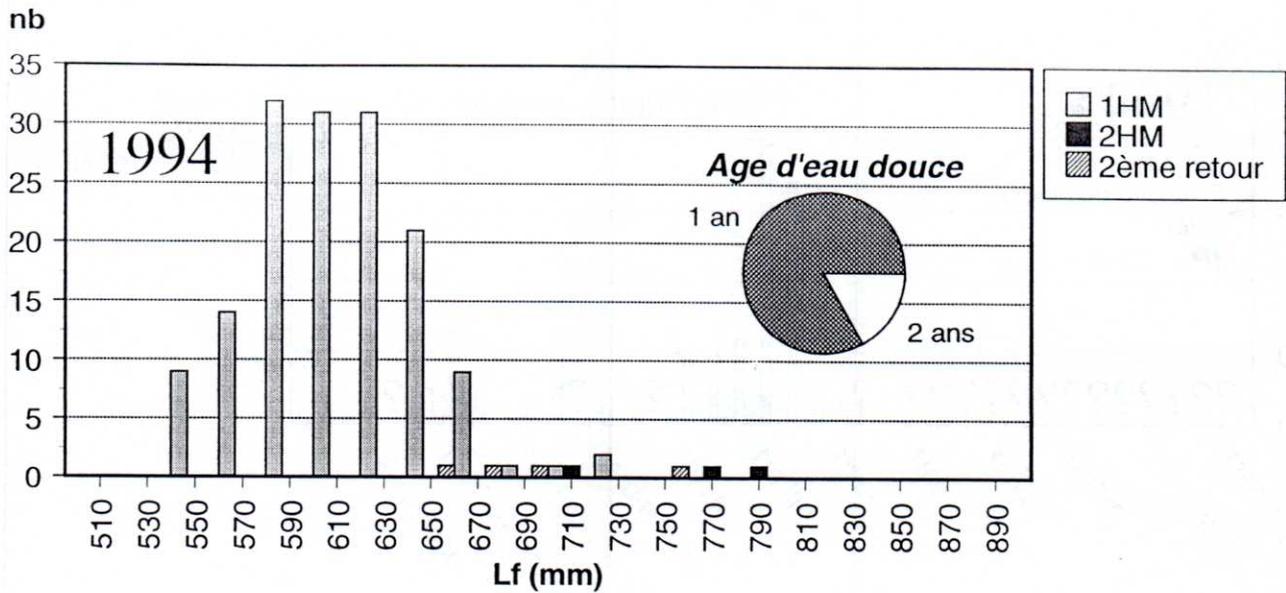


Figure 4 : Distribution de taille par catégorie d'âge de mer et composition en âge d'eau douce des adultes échantillonnés à la station du Moulin des Princes.

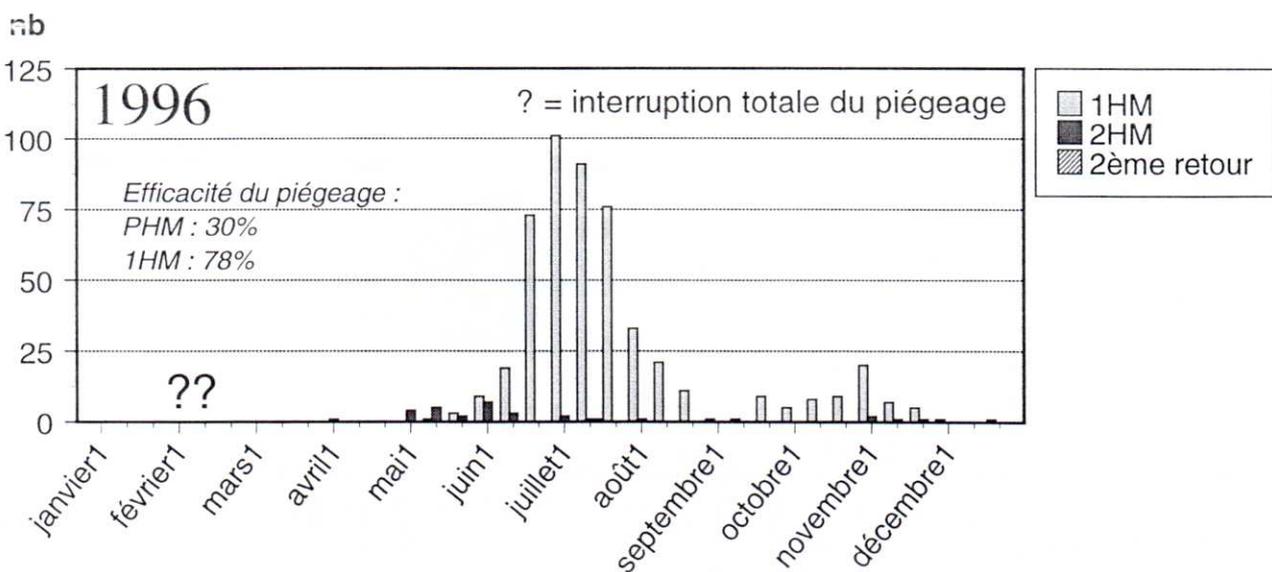
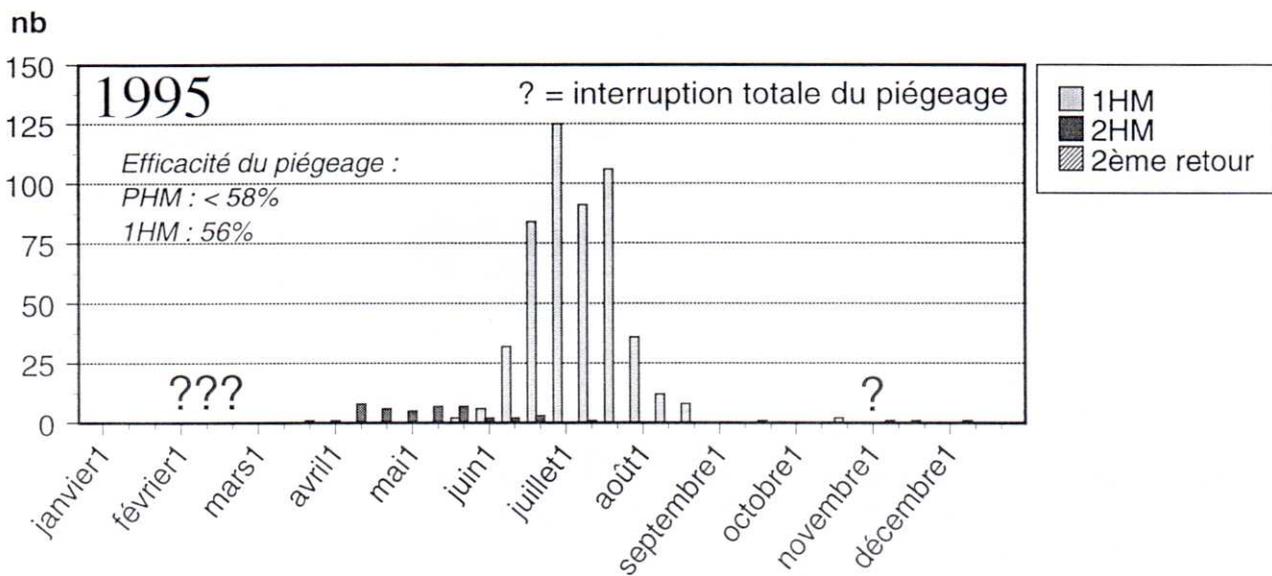
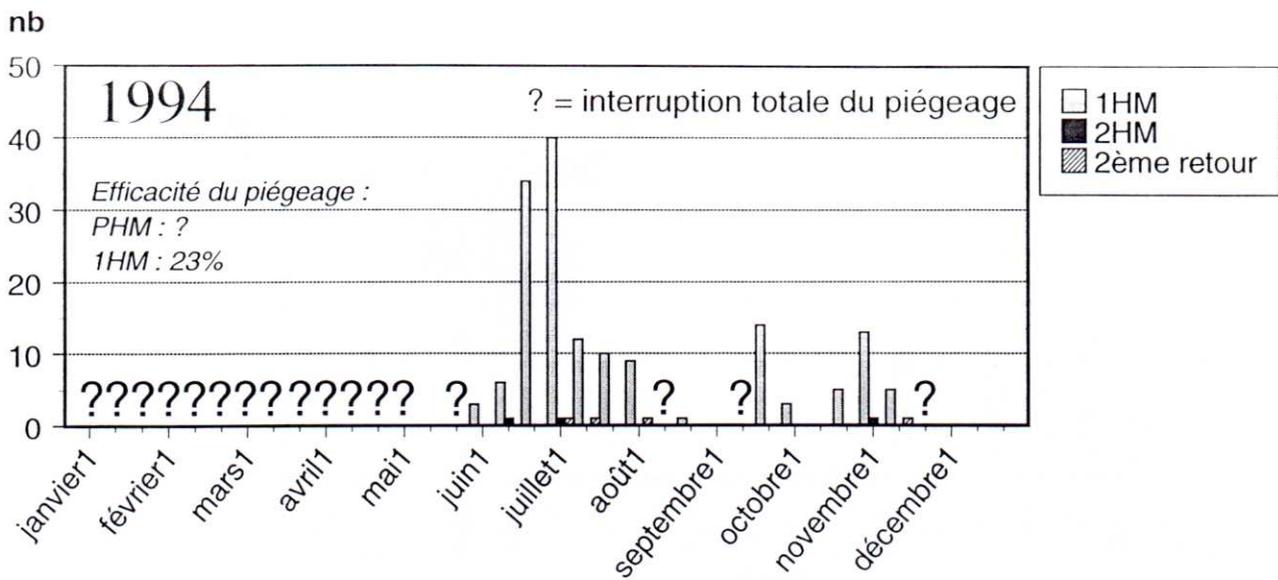


Figure 5 : Distribution par décade et par catégorie d'âge de mer des captures d'adultes à la station du Moulin des Princes.

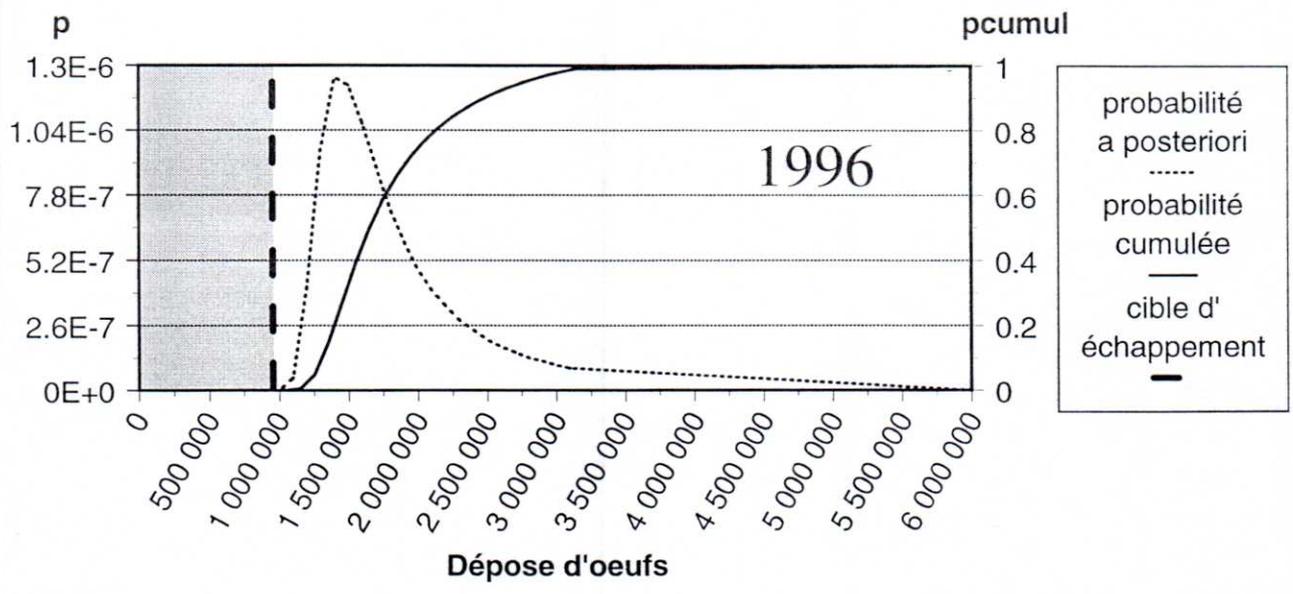
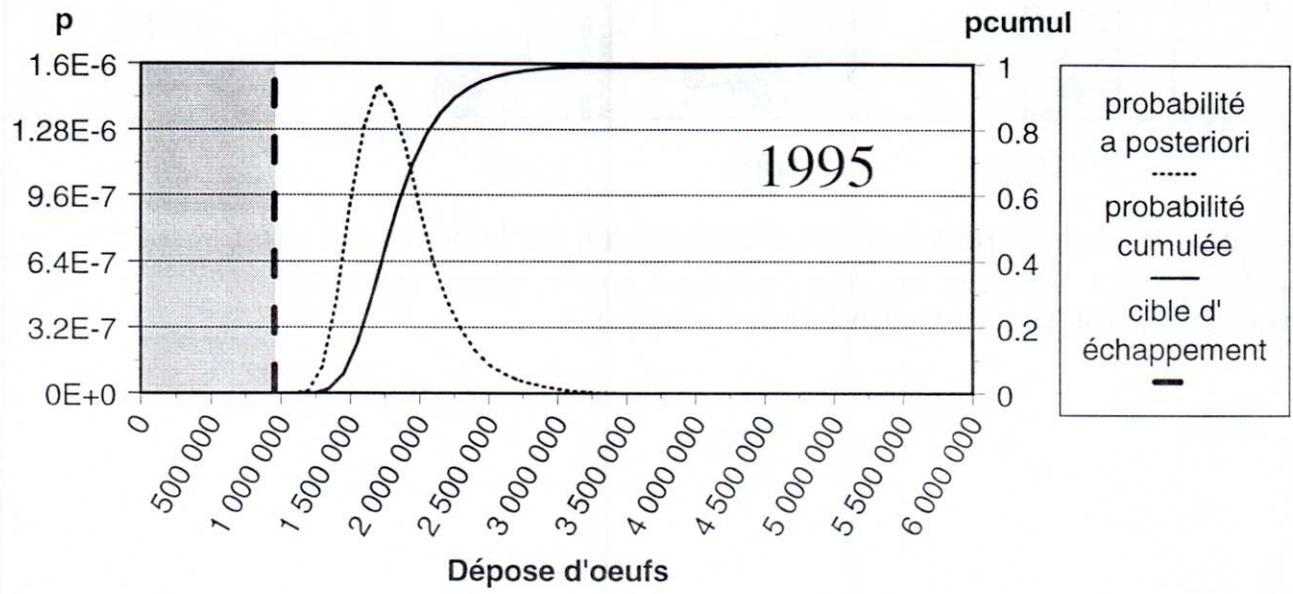
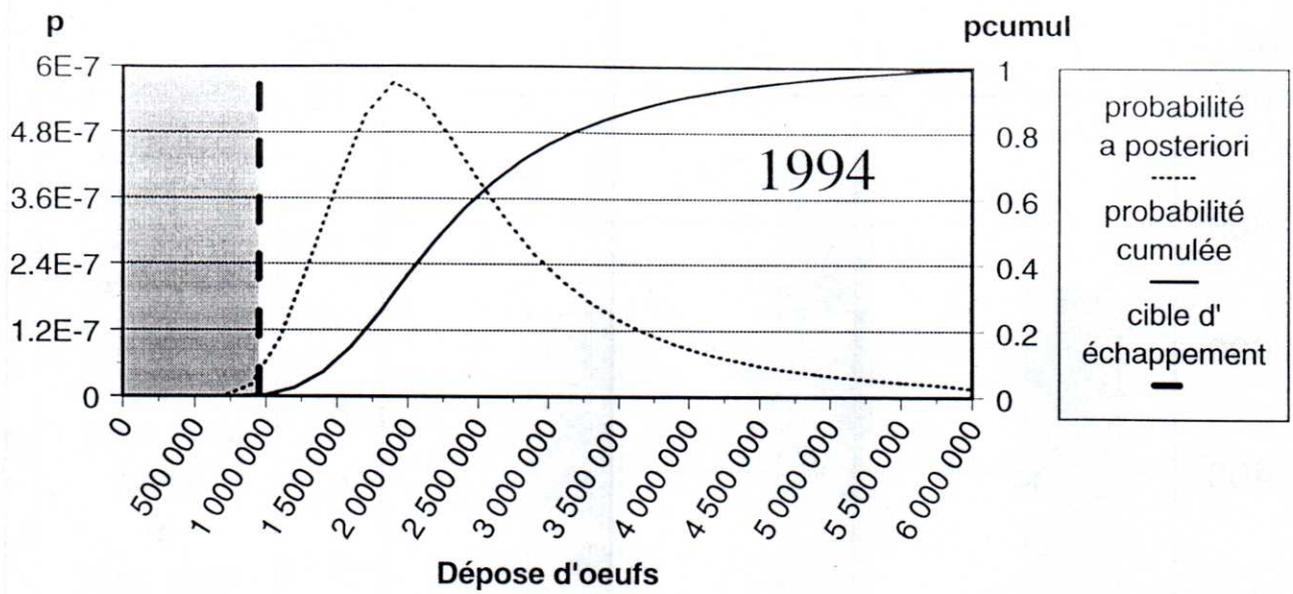


Figure 6 : Distribution de probabilité *a posteriori* et probabilité cumulée de la dépense d'oeufs totale.

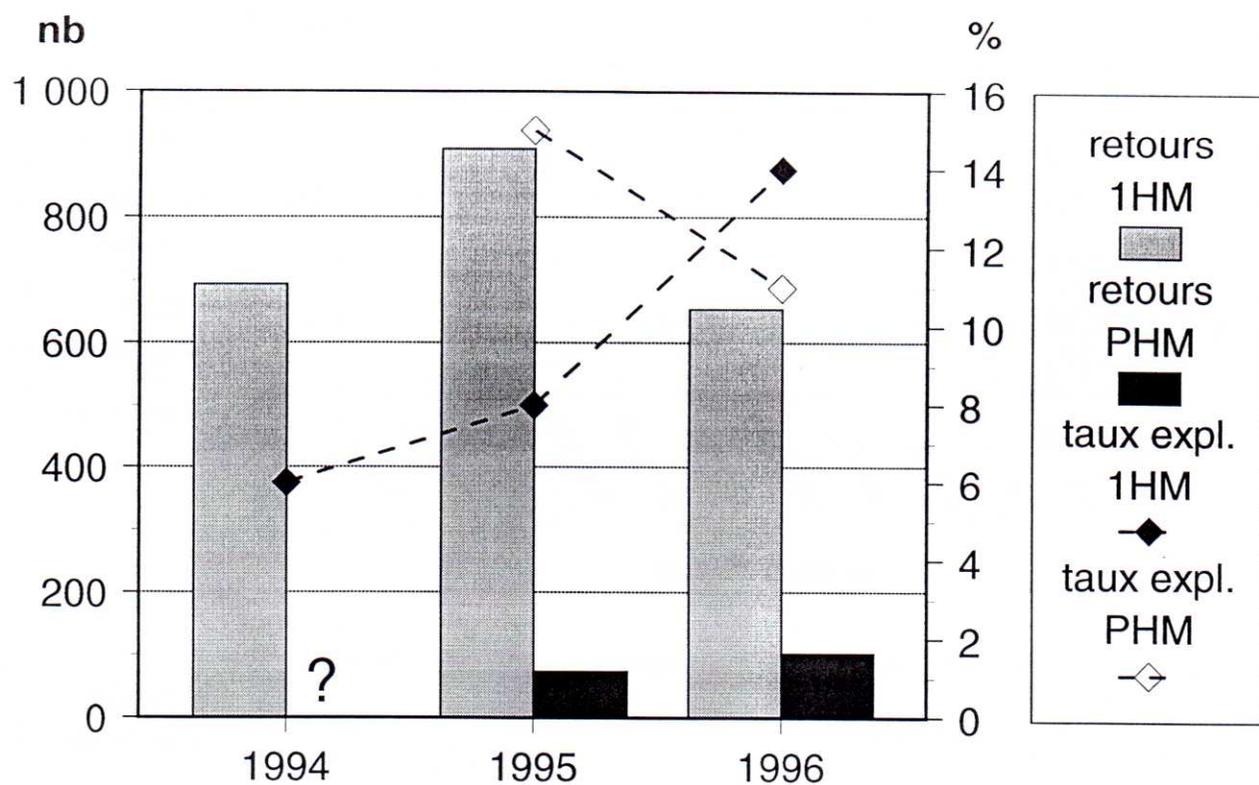


Figure 7 : Retours d'adultes et taux d'exploitation par la pêche à la ligne.

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