

GROUPEMENT D'INTERET SCIENTIFIQUE
"AMPHIHALINS"
(GRISAM)

Secrétariat Général aux bons soins du Conseil Supérieur de la Pêche
134, avenue de Malakoff - 75116 PARIS. « (1) 45.02.20.01. Fax (1) 45.01.27.23

**METHODOLOGIE D'ELABORATION DE
TOTAUX AUTORISES DE CAPTURES (T.A.C.)
POUR LE SAUMON ATLANTIQUE (*Salmo salar* L.)
DANS LE MASSIF ARMORICAIN**

PROPOSITIONS ET RECOMMANDATIONS SCIENTIFIQUES

Par

Etienne Prévost (1) et Jean-Pierre Porcher (2)

(1) Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire d'Ecologie
Aquatique, 65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes CEDEX

(2) Conseil Supérieur de la Pêche, Délégation Régionale Bretagne - Basse
Normandie, 84, rue de Rennes, 35510 Cesson-Sévigné

**DOCUMENT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE N° 1
Janvier 1996**

*Ce document est un rapport présentant des éléments intéressant le GRISAM.
Il ne reflète cependant pas nécessairement le point de vue du GRISAM*

Le GRISAM

Le GRISAM (Groupement d'Intérêt Scientifique) "amphihalins" a été créé en 1994 par le CEMAGREF¹, le Conseil Supérieur de la Pêche², l'EFREMER³ et l'INRA⁴, auxquels ont été associés des laboratoires scientifiques d'Universités ou de Grandes Écoles, parties prenantes aux recherches, études ou expérimentations portant sur les poissons amphihalins ; une concertation existait déjà depuis 1986 entre ces organismes.

Cette concertation a pour origine les réflexions du Groupe National Anguille, constitué des mêmes partenaires et ayant mené de 1982 à 1986 une réflexion de fond sur les problèmes soulevés par la gestion de cette espèce à la demande de plusieurs ministères.

Le GRISAM a pour objectifs essentiels de :

- promouvoir la coopération entre les organismes, laboratoires et équipes de recherche concernés ;
- formuler des avis scientifiques homogènes, vis-à-vis des ministères concernés ;
- favoriser la concertation pour l'établissement, la mise en oeuvre et l'élaboration des programmes de recherche.

Pour mener à bien les objectifs précédemment définis, le GRISAM dispose de réseaux d'expertise regroupant l'ensemble de la communauté scientifique concernée :

- par espèce (Anguille, Aloses-Lamproies, Esturgeon, Salmonidés) ;
- par thématiques horizontales ("Gestion des Pêcheries", "Circulation, guidage et comptage").

En terme de moyens humains, le GRISAM regroupe l'équivalent de 30 chercheurs et ingénieurs, 30 techniciens et 12 stagiaires-thésards..

1 CEMAGREF (Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts) - Parc de Tourvoie - 92160 ANTONY

2 CSP (Conseil Supérieur de la Pêche) - 134 avenue de Malakoff - 75116 PARIS

3 IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) - 155 rue Jean Jacques ROUSSEAU - 92138 ISSY-LES-MOULINEAUX CEDEX

4 INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) - 147 rue de l'Université - 75341 PARIS CEDEX 07

Résumé

A compter de 1996, un nouveau système de gestion des stocks et des pêcheries de Saumon atlantique se met en place en France. Il situe toute exploitation dans un cadre borné par des limites hautes de prélèvement ("Total autorisé de captures" ou TAC) établies rivière par rivière et ajustables en cours de saison, en fonction des fluctuations annuelles de l'abondance des remontées. Conformément aux recommandations internationales, l'objectif est de préserver pour la reproduction un nombre de géniteurs (*Le.* un échappement) suffisant pour atteindre une dépose d'oeufs "cible". Dans ce contexte, le TAC correspond à un excédent prélevable, à savoir toute la production au dessus de la cible d'échappement, et corrélativement la dépose d'oeufs cible se situe au niveau permettant en moyenne sur le long terme de maintenir des opportunités de prélèvement maximales. L'ajustement des TAC en cours de saison vise à réduire le risque d'une surexploitation les mauvaises années et à éviter de restreindre inutilement l'exploitation les bonnes années.

La procédure de définition des TAC proposée prend en compte :

- les potentialités de production des cours d'eau, à savoir :
 - + leur taille, c'est-à-dire l'étendue des zones colonisables par les juvéniles de saumon. Ces dernières sont évaluées en surfaces d'équivalent radier/rapide (habitat préférentiel des tacons), en négligeant les secteurs profonds à écoulement très lent qui peuvent être considérés comme improductifs pour le saumon et en fixant, sur la base d'observations de densités de populations de juvéniles, un facteur de conversion de 1/5 entre les habitats de type plat (secteurs courants à écoulement laminaire) et ceux de type radier/rapide (à écoulement turbulent). La taille des systèmes peut être mesurée directement par une quantification sur le terrain des surfaces par grand type d'habitat, ou à défaut être évaluée, en se basant sur une relation moyenne établie entre la superficie de bassin versant et la surface en eau en m² d'équivalent radier/rapide.
 - + leur productivité, c'est-à-dire leur aptitude à convertir une dépose d'oeufs en une production disponible pour l'exploitation, ce qui dépend essentiellement des taux de survie de l'oeuf à l'adulte.
 - + leur capacité d'accueil, c'est-à-dire la production maximale moyenne que peut générer une unité d'habitat colonisable par les juvéniles.

Capacité d'accueil et productivité sont examinées par l'analyse de relations stock/recrutement, en se fondant sur les informations disponibles à ce jour et en se plaçant sous des hypothèses conservatrices. Ces analyses conduisent à préconiser le calibrage de cible d'échappement et d'excédent prélevable sur la base de 4.75 oeufs/m² d'équivalent radier/rapide et 3.5 oeufs/m² d'équivalent radier/rapide respectivement. En combinant ces chiffres avec la taille du système, on calcule un excédent prélevable théorique moyen mesuré en oeufs, qui peut être converti secondairement en un nombre de poissons, variable suivant la composition du prélèvement par classes d'âge de mer, ceci pour tenir compte de différences de rapport des sexes et de fécondité par femelle selon le temps de séjour marin.

- l'état des populations sauvages de saumon en place, en dissociant :
 - + l'état général moyen, qui conduit à distinguer les stocks qui de manière chronique sont en dessous des cibles d'échappement, de ceux qui sont généralement proches ou au dessus de ces cibles.
 - + l'état annuel, la production naturelle pouvant, pour un même niveau de dépose d'oeufs initiale, varier très fortement.

Ainsi, il est proposé de fixer les TAC en deux temps :

- avant le début de la saison de pêche, on établira un "TAC provisoire" :
 - + pour les stocks dont l'état général moyen est jugé satisfaisant, il correspondra à l'excédent prélevable pour un échappement de 4.75 oeufs/m²,
 - + pour les stocks considérés comme en sous-effectif chronique, il représentera 50% de l'excédent prélevable pour un échappement de 4.75 oeufs/m² < ceci pour favoriser un accroissement au fil des ans.
- au cours de la saison de pêche, un "TAC définitif" sera arrêté par révision à la hausse ou à la baisse du TAC provisoire, en utilisant l'ensemble des informations disponibles sur l'état des retours d'adultes en cours, sauf pour les stocks considérés comme étant de manière chronique en dessous des cibles d'échappement pour lesquels le TAC définitif ne pourra pas dépasser le TAC provisoire.

Abstract

Starting in 1996, a new management scheme for the stocks and the fisheries of Atlantic salmon is set up in France. It inserts exploitation within a frame limited by upper bounds of removal (Total allowable catch or TAC), which are established on a river per river basis and adjustable during the fishing season, in accordance to annual fluctuations of the returns. In conformity with international recommendations, the objective is to preserve for the reproduction a number of spawners (*i.e.* an escapement) sufficient to reach a "target" of egg deposition. In this context, the TAC represents a removable surplus, *i.e.* the production above the spawning target, and correlatively the spawning target is located at the level allowing to maintain, on average in the long term, maximum opportunities of removal. The in-season adjustment of the TAC aims at reducing the risk of overfishing in the bad years and at avoiding to restrict unnecessarily the exploitation in the good years.

The procedure proposed for the TAC definition takes into account:

- the production potentialities of the rivers, that is:
 - + their size, *i.e.* the surface area of the zones colonized by salmon juveniles, which is quantified in m² of riffle/rapid (the parr preferred habitat) equivalent. This is done by neglecting deep and very slow flowing sections which can be considered as unproductive for salmon, and by setting, based on observations of population densities of juveniles, a conversion factor of 1/5 between flat habitats (sections of running water with laminar flow) and the riffle/rapid ones (with turbulent flow). The size of the systems can be measured directly by means of a field quantification of the surface area per habitat type or, failing that, it can be assessed by relying on an average relation established between the watershed area and the wetted surface area in m² of riffle/rapid equivalent.
 - + their productivity, *i.e.* their ability to convert an egg deposition into a production available for the exploitation, what depends essentially on the survival rates from egg to adult.
 - + their carrying capacity, *i.e.* the maximum average production that can generate a unit of habitat usable by juveniles.

Carrying capacity and productivity are examined by the way of the analysis of stock/recruitment relationship, based on the information currently available and using conservative hypotheses. This analysis leads to recommend the grading of spawning targets and removable surpluses on the basis of 4.75 egg/m² of riffle/rapid equivalent and 3.5 egg/m² of riffle/rapid equivalent respectively. By combining these figures with the size of each system, a theoretical removable surplus can be calculated and expressed in eggs; it can be secondarily converted into a number of fish, varying according to the sea age composition of the catch, in order to allow for differences in the sex ratio and the fecundity per female between sea age classes.

- the status of the wild populations of Atlantic salmon by distinguishing:
 - + the general average status, that leads to separate the stocks which escapement is chronically below the spawning targets from the ones that are most usually close to or above targets.
 - + the annual status, the natural production being highly variable even when initial egg depositions are comparable.

Thus, it is proposed to fix the TAC in two steps:

- before the beginning of the fishing season, a "provisional TAC" will be set:
 - + for the stocks which general average status is considered to be satisfactory, it shall correspond to the removable surplus for an escapement at 4.75 egg/m², + for the stocks which escapement is considered to be most of the time below the targets, it shall represent 50% of the removable surplus for an escapement at 4.75 egg/m², in order to favour the increase of the stocks with the passing years.
- during the fishing season, a "final TAC" will be adopted by revising up or down the provisional TAC, taking into account the whole information available on the abundance of the ongoing adult returns, except for the stocks considered to be chronically below spawning targets, for which the final TAC cannot exceed the provisional TAC.

Introduction

Le Saumon atlantique (*Salmo salar*), grand migrateur amphihaline, dépend impérativement du milieu eau douce pour deux phases essentielles de son cycle biologique : le frai et le développement des juvéniles. C'est une espèce semelpare ; en règle générale, la quasi totalité des adultes meurent très rapidement après leur première reproduction (les individus frayant plus d'une fois représentent au maximum quelques pour-cent des géniteurs). Dans les conditions rencontrées en France, le développement embryo-larvaire, qui s'accomplit sous les graviers de la frayère, se déroule entre le mois de décembre, au cours duquel a lieu le frai, et la fin de l'hiver, époque de l'émergence des alevins dans le milieu extérieur ; la sortie des juvéniles de leur frayère natale marque le début d'un séjour en eau douce qui durera un ou deux ans et qui se terminera par une dévalaison vers la mer au printemps. Après avoir quitté leur rivière, les jeunes saumons vont entreprendre une migration océanique de grande amplitude (certains individus allant jusqu'au large du Groenland ou des îles Féroé). A leur retour dans leur cours d'eau d'origine, on distingue essentiellement deux catégories d'adultes :

- les castillons, qui n'ont passé qu'un hiver en mer et rentrent en eau douce essentiellement en juin/juillet, avec cependant une fraction minoritaire remontant en automne.
- les saumons de printemps, ayant séjourné plusieurs hivers en mer (généralement deux, exceptionnellement trois) qui effectuent leur retour en eau continentale essentiellement avant la fin mai.

Que ce soit du point de vue de la pêche ou de la dynamique des populations, ces deux catégories de poissons ont des valeurs bien distinctes. En effet, les saumons de printemps sont en majorité des femelles de grande taille (70 à 80 cm pour un poids de 3 à 5 kg) ayant un fort potentiel de dépose d'oeufs (7 à 8000 ovules par femelle), alors que les castillons sont plus petits (55 à 65 cm pour un poids de 2 à 3 kg), présentent un rapport des sexes plus équilibré, avec des femelles à fécondité moins élevée (de l'ordre de 4000 oeufs en moyenne).

Chez le saumon, la précision quasi-infaillible de la reconnaissance de leur rivière d'origine par les adultes venant de la mer fait, qu'à chaque cours d'eau, on peut associer un stock, c'est-à-dire une unité de population autonome. La gestion du stock de chaque cours d'eau peut donc être faite séparément, sa dynamique de population n'étant pas conditionnée par des échanges avec d'autres unités.

Le Massif Armoricain est l'entité biogéographique française où le patrimoine des rivières à saumon a été le mieux préservé. Alors qu'elle a disparu dans tous les grands systèmes fluviaux (à l'exception de l'axe Loire-Ailier et du système Adour-Gaves-Nive), l'espèce s'est globalement bien maintenue depuis deux siècles en Bretagne et en Basse Normandie (Thibault, 1987). A l'heure actuelle, le saumon y fréquente encore plus de 25 fleuves côtiers (Fig. 1) où il est exploité par pêche.

Jusqu'en 1986, l'exploitation du Saumon atlantique en France était régulée essentiellement par la fixation de dates d'ouverture et de fermeture de la pêche. A partir de 1987, la mise en place de quotas par pêcheur, assortis de l'obligation de déclaration des captures, a été ajoutée au dispositif réglementaire antérieur. Outre ses effets pervers (incitation à la non-déclaration pour contourner les limites du quota), un tel système présente l'inconvénient majeur de ne pas permettre un contrôle direct du prélèvement en vue de l'adapter à l'état des stocks exploités.

Pour remédier à cela, il a été décidé de mettre en place, à compter de 1996, un nouveau système fondé sur la définition, rivière par rivière, d'un "Total autorisé de captures" ou TAC, ajustable en cours de saison en fonction de

l'abondance des remontées. Les TAC constituent les limites hautes de prélèvement total admissibles ; ils peuvent secondairement être subdivisés en plusieurs "quotas" attribués à différentes catégories d'exploitants (pêcheurs à la ligne, pêcheurs professionnels...). Dans ce nouveau système, la durée de la saison de pêche, pour chaque rivière et chaque catégorie d'exploitant, sera régie par une date d'ouverture (qui peut être utilisée pour moduler le rapport castillon/saumon de printemps du prélèvement) et une date de fermeture qui intervient au moment où le quota correspondant est atteint (avec éventuellement une date limite pour le cas où il n'aurait pu être épuisé avant la période de reproduction).

La mise en place d'un régime de TAC par rivière doit être l'occasion de s'engager dans une démarche flexible et adaptable, à la fois à l'écoute et stimulant le progrès des connaissances scientifiques dans le domaine de la dynamique et de l'évaluation quantitative des stocks de Saumon atlantique.. Le présent document expose les principes gouvernant la définition de ces TAC, propose une méthodologie pour leur élaboration et donne des indications concernant leur réévaluation en cours de saison de pêche. Il a pour ambition de fixer un cadre méthodologique général pouvant être utilisé pour chaque situation locale et permettant facilement d'intégrer les données scientifiques nouvelles qui pourront être acquises dans le futur.

I - Les principes généraux de la démarche d'élaboration des TAC

La mise en place de TAC par rivière a pour objectif de permettre le développement d'une exploitation par pêche dans un cadre borné par des limites hautes de prélèvement compatibles avec les potentialités de production du milieu naturel et l'état des stocks sauvages en place, ceci afin de préserver en fin de saison un échappement (*i.e.* un ombre de géniteurs) permettant d'atteindre une dépose d'oeufs "cible" lors de la reproduction. Une telle présentation nécessite que l'on clarifie ce que l'on entend par dépose d'oeufs "cible", potentialités de production du milieu naturel et état des stocks, pour enfin préciser la notion de TAC.

Dépose d'oeufs "cible" : utilisation de relation stock/recrutement

La notion de dépose d'oeufs "cible" est ici interprétée conformément aux recommandations du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) (Anon., 1995). Basée sur l'établissement de relations stock/recrutement (1), elle correspond au point de référence dit de gain maximum (le gain étant le recrutement moins le stock qui a servi à le produire), c'est à dire le niveau de dépose d'oeufs permettant, en moyenne sur le long terme, de maintenir des opportunités de prélèvement maximales.

Potentialités de production : productivité, capacité d'accueil et taille des systèmes fluviaux

Les écosystèmes lotiques supportant la production de juvéniles de saumon peuvent être caractérisés par trois éléments :

- leur productivité, c'est-à-dire leur capacité à convertir une dépose d'oeufs en recrutement disponible pour l'exploitation. Cette notion dépend essentiellement des taux de survie de l'oeuf au stade recruté.

(1) Le stock représente ici les géniteurs et leur dépose d'oeufs potentielle ; le recrutement est constitué par /es individus issus de cette dépose d'oeufs et qui vont être soumis à l'exploitation.

- leur capacité d'accueil, c'est-à-dire le nombre moyen de recrues que peut produire au maximum une unité d'habitat dulçaquicole colonisable par les juvéniles quand la production n'est pas limitée par la dépose d'oeufs initiale. Cette limite est intimement liée à la territorialité des tacons, qui évoluent dans des systèmes aux ressources spatiales, et apparaît sous l'action de phénomènes de compétition/prédation.
- leur taille, c'est-à-dire l'étendue des zones colonisables par les juvéniles en rivière.

État des stocks : évaluation quantitative par rapport à des points de références

La notion d'état d'un stock est vue ici selon essentiellement deux critères : le niveau de dépose d'oeufs lors de la reproduction et la composition par classe d'âge de mer de l'échappement en fin de saison. Du premier élément dépendent directement les conditions du renouvellement des générations, alors que le second est important dans l'objectif de préserver la diversité intra-population, les deux composantes castillons et saumons de printemps ayant des rôles fonctionnels et des valeurs pour l'exploitation bien distinctes. La nécessité du maintien d'un certain "équilibre" entre les classes d'âge de mer est renforcé par le fait que le temps de séjour marin avant la première reproduction est un caractère influencé génétiquement (Naevdal, 1983).

Conformément aux recommandations du CIEM (Anon., 1992), l'appréciation de l'état d'un stock doit se faire sur la base d'informations quantifiées et par comparaison à des points de référence. Les cibles d'échappement (dépose d'oeufs correspondant au gain maximum) constituent de telles références pour le niveau d'abondance des populations, références qui font l'objet d'un certain consensus scientifique exprimé par le CIEM (Anon., 1995). En revanche, on ne dispose pas d'éléments du même type pour le rapport castillons/saumons de printemps, même s'il est reconnu que l'on se trouve globalement dans une période de très faible abondance des saumons de printemps à l'échelle de l'Atlantique nord (Anon., 1995).

Dans l'évaluation d'un stock, on dissociera son état général moyen de son état annuel. Du point de vue général, on distinguera essentiellement les stocks qui de manière chronique sont en dessous des niveaux de référence en matière de cible d'échappement, de ceux qui sont généralement proches ou au dessus de ces cibles. Indépendamment de l'état général moyen d'un stock, le recrutement étant un processus fondamentalement stochastique, la réussite où l'échec d'une cohorte (groupe de poissons nés la même année) peut donner des résultats très variables. A partir des estimations de survie en eau douce et en mer provenant des travaux menés sur le stock de saumon de la Bush (Irlande du nord), Kennedy et Crozier (1995) déduisent que, pour une même dépose d'oeufs initiale, le recrutement en adultes peut fluctuer dans un rapport de l'ordre de 1 à 7.

TAC : excédent prélevable

Une fois définie la cible de dépose d'oeufs, la fraction prélevable correspond à un excédent de production. Ce dernier, mesuré en oeufs tout comme la cible d'échappement, peut être converti en un nombre de poissons, variable suivant sa composition par classes d'âge de mer, ceci pour tenir compte de différences de rapport des sexes et de fécondité par femelle entre les castillons et les saumons de printemps.

Chaque année et pour chaque bassin, le nombre de captures autorisé pourra être fixé en deux temps. Tout d'abord, un "TAC provisoire" sera proposé avant le début de la saison, basé sur des hypothèses plutôt pessimistes en matière de recrutement et en tenant compte de l'état général moyen du stock, ceci pour favoriser un accroissement au fil des ans de l'échappement dans les populations en déficit chronique. Ensuite, un "TAC final" sera établi pendant la

période de pêche. Il dépendra des informations disponibles en cours de saison sur l'état annuel du stock. Du fait de la très forte variabilité naturelle du recrutement, le "TAC provisoire" initial pourra être révisé à la hausse ou à la baisse en cours de saison. Une telle stratégie doit permettre :

- de promouvoir une exploitation plus en phase avec les fluctuations naturelles des stocks, en restreignant le prélèvement les années de faible abondance et favorisant les captures quand cela est possible.
- limiter la variabilité des populations sauvages (à défaut de pouvoir la contrôler) en modulant l'exploitation, de sorte qu'elle laisse en fin de saison un échappement suffisamment important et relativement constant.

II - Méthodologie d'élaboration des TAC

11.1 - Évaluation de la taille des systèmes de production de juvéniles

Dans les rivières du Massif Armoricaire, les juvéniles de saumon sont présents, en période de basses eaux (été/automne), presque uniquement dans les zones d'eau courantes, les secteurs profonds à écoulement très lent pouvant être considérés comme improductifs (Baglinière et Champigneulle, 1982 ; Baglinière et Arribe-Moutounet, 1985). Les surfaces d'eau courante, sous réserve qu'elles soient accessibles aux adultes lors de la reproduction, peuvent donc être utilisées pour évaluer la taille d'un système fluvial en termes de production de tacons. Si on reprend les types d'habitat (ou faciès d'écoulement) proposés par Baglinière et Champigneulle (1986), on séparera parmi les zones d'eau courante les radiers/rapides (habitats peu profonds à écoulement turbulent) et les plats (habitats à écoulement laminaire). En effet, les populations automnales de juvéniles de saumon sont concentrées dans les radiers/rapides, alors que les plats sont moins densément colonisés (Tableau 1). Pour tenter de quantifier la taille d'un système pour la production de tacons, indépendamment de la part relative des radiers/rapides par rapport aux plats, on évaluera les surfaces d'eau courante en m² d'équivalent radier/rapide de la façon suivante :

$$S_p = S_{rr} + (S_{pl}/a) \quad (1)$$

S_p = Surface de production de juvéniles en m² d'équivalent radier/rapide

S_{rr} = Surface de radiers/rapides en m²

S_{pl} = Surface de plats en m²

a = coefficient de conversion

Le coefficient a est déduit de la comparaison des densités automnales de tacons (toutes classes d'âge confondues) observées sur différentes rivières de Bretagne et Basse-Normandie. Le rapport des densités étant en moyenne de l'ordre de 1 sur les plats à 5 pour les radiers/rapides, on choisira $a = 5$ (Tableau 1).

Pour les rivières sur lesquelles une quantification des surfaces en eau par faciès d'écoulement a déjà été réalisée (Tableau 2), on utilisera directement l'équation (1). Pour les autres, on se contentera d'une première approximation, en se basant sur la relation moyenne qui existe entre la superficie de bassin versant et la surface d'eau courante en m² d'équivalent radier/rapide (Fig. 2). L'équation utilisée est alors :

$$S_p = a + b S_{bv} \quad (2)$$

S_{bv} = surface de bassin versant (km²)

a et b = coefficient déduits de la régression linéaire de S_p sur S_{bv}

Les données disponibles à ce jour donnent $a = 4370$ et $b = 371$ ($r = 0.88$). La relation (2) permet d'évaluer une surface de production potentielle, c'est-à-dire indépendamment de tout problème d'accessibilité de certaines parties d'un

réseau hydrographique pour le saumon. Des ajustements seront donc parfois nécessaires pour passer à la surface de production effectivement utilisable par les tacons. En outre, la variance résiduelle observée autour de la droite de régression (Fig. 2) indique clairement que, si l'équation (2) permet de fournir des ordres de grandeur très utiles, elle ne remplace cependant pas une quantification directe (sur le terrain) des zones de production.

11.2 - Capacité d'accueil et productivité des systèmes de production de juvéniles

11.2.1 - Premiers éléments de relation stock/recrutement pour le Massif Armoricain

A l'heure actuelle des données stock/recrutement sont récoltées en routine sur deux systèmes dans le Massif Armoricain : l'Oir, affluent frayère de la Sélune, fleuve côtier bas-normand débouchant dans le Baie du Mont St Michel et le Scorff, fleuve côtier breton qui rejoint la mer dans le rade de Lorient. Le programme initié sur le Scorff en étant à son début (première remontée d'adultes suivie en 1994 et première dévalaison des smolts en 1995), seules les données recueillies depuis 1984 sur l'Oir permettent d'envisager une première analyse de relation stock/recrutement (Prévost *et al.*, en prép.). Sur ce cours d'eau, un double dispositif de piégeage montée/descente permet de quantifier chaque année le nombre de reproducteurs, et donc la dépose d'oeufs (*Le. le stock*), ainsi que la production de juvéniles dévalant, qui constitue un indice de recrutement. A ce jour, 10 cohortes ont été suivies.

Les données disponibles mettent en évidence sur l'Oir un effet de la taille initiale du stock sur la survie de l'oeuf au smolt, phénomène de densité dépendance qui est la base de l'existence d'une relation stock/recrutement (Fig. 3). Les deux modèles les plus classiquement utilisés pour décrire les relations stock/recrutement (modèles de Beverton/Holt et de Ricker ; Hilborn et Walters, 1992) ont été ajustés à partir des observations existantes, en suivant les indications de Hilborn et Walters (1992). Sous l'hypothèse d'une distribution log-normale des erreurs, les coefficients d'ajustement et les paramètres des fonctions de Beverton/Holt et Ricker sont présentés dans le Tableau 3. Ces fonctions proposent pour chaque niveau de stock une évaluation du recrutement moyen correspondant, sachant que par nature même des processus bio-écologiques sous-jacents, il existe une forte dispersion autour de cette moyenne. Les courbes stock/recrutement associées aux deux modèles ont des allures similaires dans le domaine des déposes d'oeufs observées (Fig. 4).

11.2.2 - Capacité d'accueil

Le niveau de l'asymptote du modèle de Beverton/Holt (722 smolts) ou du maximum du modèle de Ricker (765 smolts) donnent deux évaluations concordantes de la limite haute de production moyenne de l'Oir. Rapporté à la taille du système (25229 m² d'équivalent radier/rapide⁽²⁾), on peut en déduire une capacité d'accueil du système Oir de l'ordre de 0.03 smolts par m² d'équivalent radiers/rapides, au sens défini précédemment (section I).

Baglinière et Champigneulle (1986) ont estimé la production de smolts sur le cours principal du Scorff pour les années 1976 à 1984 par une méthode indirecte basée sur des inventaires des populations de tacons à l'automne

(2) Cette estimation est obtenue par l'utilisation de l'équation (1) à partir des chiffres présentés par Baglinière *et al.* (1993) augmentés de 10% pour tenir compte d'affluents de l'Oir non considérés par ces auteurs.

précédant la dévalaison. Ils aboutissent à une production moyenne de 8042 smolts (min. 4184, max. 12819). Rapportés à la taille du cours principal du Scorff en équivalent radier/rapide (229260 m²) (3) on aboutit à une production moyenne par m² d'équivalent radier/rapide de 0.035 smolt (min. 0.018, max. 0.056). La méthode utilisée par Baglinière et Champigneulle (1986) a été validée secondairement sur l'Oir (Baglinière *et al.*, 1993), mais il est vraisemblable que la production de smolts de deux ans (classe d'âge minoritaire) a été surestimée sur le Scorff en raison d'une hypothèse optimiste de survie hivernales des tacons d'âge 1+ (Baglinière *et al.*, 1993). Dans ce contexte, et si l'on fait l'hypothèse (vraisemblable) que la production de juvéniles sur le Scorff n'est pas limitée par un déficit chronique en géniteurs, on peut considérer que les estimations de production de smolts faites sur le Scorff sont cohérentes avec la première évaluation de capacité d'accueil déduite des données récoltées sur l'Oir.

En conséquence, sur la base des éléments disponibles à ce jour, on considérera que les cours d'eau à saumon du Massif Armoricaïn ont une capacité d'accueil de 0.03 smolts par m² d'équivalent radier/rapide.

11.2.3 - Productivité

La pente à l'origine d'une courbe stock/recrutement est un indicateur de productivité du système générant le recrutement. En effet, c'est un analogue de la survie de l'oeuf au stade recruté pour de faibles niveaux d'abondance du stock initial. Dans le cas de l'Oir, la pente à l'origine de la relation moyenne oeuf/smolt vaut 0.02 dans le cas du modèle de Beverton/Holt et 0.008 pour le modèle de Ricker. L'écart important qui existe entre ces deux valeurs est dû au fait que, bien que les deux modèles s'ajustent de façon similaire sur un même ensemble de points, ils donnent des résultats sensiblement différents en dehors du champ des observations (en particulier dans le domaine des faibles déposes d'oeufs), car ils reposent sur des formulations analytiques distinctes. Malgré cela, les pentes à l'origine n'en demeurent pas moins des indicateurs de productivité, même si elles ne constituent pas *sensu stricto* des estimations de survie de l'oeuf au smolt pour de bas niveaux du stock.

L'Oir est un système à faible productivité, vraisemblablement en raison de l'impact d'activités humaines qui tirent vers le bas la survie lors des phases initiales du recrutement (Prévost *et al.*, en prép.). Selon toute probabilité, il n'est pas représentatif de l'ensemble des systèmes de production de juvéniles de saumon du Massif Armoricaïn. On le considérera donc comme une référence basse en terme de productivité. A l'opposé, parmi les rivières européennes pour lesquelles une relation stock/recrutement a pu être établie, la Bush (Irlande du Nord) apparaît comme une rivière très productive, tout en étant située dans un contexte biogéographique et anthropique assez similaire à celui du Massif Armoricaïn. L'ajustement d'un modèle de Ricker sur les données de la Bush (Anon., 1995) donne un indicateur de productivité de 0.026 pour la relation oeuf/smolt, soit 3.25 fois le chiffre obtenu pour l'Oir. On prendra la Bush comme une référence haute pour les rivières du Massif Armoricaïn.

II.3 - Cibles de dépose d'oeufs et excédent prélevable

11.3.1 - Conversion du smolt à l'oeuf

Pour aborder la notion de gain à partir de données stock/recrutement, il faut pouvoir comparer directement le stock et le recrutement. Ces deux éléments doivent donc être exprimés dans la même "unité". L'essentiel des

(3) Cette estimation est obtenue par l'utilisation de l'équation (1) à partir des chiffres fournies par Baglinière et Champigneulle (1986).

données à notre disposition actuellement, et en particulier pour l'Oir ou la Bush, concernant la relation entre la dépose d'oeufs et la production de smolts subséquente. Il convient donc d'estimer ce que représente, en moyenne, les smolts en terme de nombre d'oeufs "potentiels". Sur le plan pratique, une telle démarche n'est aisément concevable qu'en raison de la sémelparité du Saumon atlantique, le caractère exceptionnel du phénomène de frai multiple permettant de le négliger. Pour réaliser cette "conversion" du smolt en oeufs, il faut quantifier le taux de survie en mer (du smolt à l'adulte), la composition castillons/saumons de printemps des retours d'adultes, le rapport des sexes chez les castillons et les saumons de printemps et la fécondité moyenne par femelle (de castillon ou de saumon de printemps). Sous le terme "saumon de printemps", on regroupera les adultes effectuant leur premier retour en eau douce et âgés de deux ou trois hivers de mer, ainsi que les poissons s'étant déjà reproduits et opérant une deuxième (voire troisième) remontée en rivière. Cette agrégation répond à un souci de simplification, justifié par le fait que les individus des deux dernières catégories (âgés de trois ans de mer et à frai(s) antérieur(s)) sont actuellement très minoritaires (moins de 5%) dans le Massif Armoricaïn et ont des caractéristiques (taille et rapport des sexes) qui les rapproche plus des poissons ayant séjourné deux hivers en mer que des castillons (Baglinière *et al.*, 1987).

Taux de survie en mer du smolt à l'adulte (avant tout prélèvement dans les eaux d'origine)

Les seules données disponibles à ce jour sur ce point en France proviennent de la Bresle (Euzenat, Fournel et Fagard, données non publiées). Ce fleuve côtier de Haute Normandie possède un stock de saumon dont les adultes reviennent essentiellement (environ 80%) en tant que castillons (comme dans le Massif Armoricaïn, cf. paragraphe suivant), mais qui est en sympatrie avec une population de truite de mer (*Salmo trutta*) nettement plus abondante (Fournel *et al.*, 1987). Grâce au double dispositif (montée/descente) de contrôle des migrations installé sur ce cours d'eau, on a pu estimer le taux de survie en mer, avant toute exploitation le long des côtes normandes ou en eau douce, pour les années de dévalaison 1984 à 1987. Il est en moyenne de 14.1% (min. 8.5%, max. 19.4%). Des données incomplètes recueillies ultérieurement confirment cet ordre de grandeur. Dans l'attente d'obtenir des estimations analogues directement sur un(des) stock(s) du Massif Armoricaïn, on considérera que le taux de survie en mer moyen calculé sur la Bresle est en première approche valable pour les rivières de Bretagne et de Basse Normandie.

Composition des retours d'adultes suivant le temps de séjour en mer

Les opérations de piégeage d'adultes menées sur l'Oir depuis 1984 montrent que, lors de la reproduction, le stock est composé en moyenne de 82% de castillons et 18% de saumons de printemps (Prévost *et al.*, en prép.). Ces données sont recueillies après le prélèvement opéré par la pêche, prélèvement qui est certainement sélectif, car portant en valeur relative préférentiellement sur les poissons de plusieurs hivers de mer. La proportion de saumons de printemps avant exploitation pourrait donc être supérieure. Cependant, ce biais potentiel pourrait présentement être compensé par une augmentation récente de la proportion de castillons dans le stock de géniteurs de l'Oir, cette dernière ayant été supérieure à la moyenne au cours des cinq dernières années (90%). Une telle observation est en accord avec l'appréciation globale à l'échelle de l'Atlantique nord d'une très faible abondance actuelle des saumons à long séjour marin (Anon., 1995).

Les informations collectées sur l'Elorn (Finistère ; Fig. 1) à la station de piégeage de Kerhamon lors des années 1987, 88 et 89 confirment les résultats obtenus sur l'Oir. La proportion de castillons dans les retours d'adultes avait été

évaluée à 90% en 1987 et 1988 et à 77% en 1989 (Prévost, Nihouarn et Porcher, données non publiées).

Dans la publication de Baglinière *et al.* (1987), on trouve une compilation des informations disponibles sur la composition des stocks de saumon du Massif Armoricaïn avant le milieu des années 80. Ces éléments n'ont pas été retenus ici, car il a été jugé qu'ils ne reflétaient pas la situation actuelle marquée par le faible niveau d'abondance de la fraction âgée de plusieurs hivers de mer. On considérera donc qu'en moyenne les retours d'adultes dans les rivières du Massif Armoricaïn sont constitués de 82% de castillons et de 18% de saumons de printemps.

Le rapport des sexes chez les castillons et les saumons de printemps

Le Tableau 4 récapitule l'essentiel des données disponibles depuis les années 70 concernant le rapport des sexes chez les adultes de Saumon atlantique dans le Massif Armoricaïn. Pour les castillons, on observe un relatif équilibre entre femelles et mâles, avec cependant une tendance à la prédominance de ces derniers. Ceci est confirmé par les informations fournies par les pêcheurs lors de la déclaration de leurs captures : au cours des quatre dernières années (1991-94), sur les 1324 prises de castillons déclarées et accompagnées d'une indication de sexage, 44% étaient identifiées comme femelles (Porcher et Baglinière, données non publiées). Pour les saumons de printemps, le rapport des sexes est nettement déséquilibré en faveur des femelles. Les données présentées dans le Tableau 4 sont là aussi confirmées par les renseignements issus de la déclaration des captures pour le Massif Armoricaïn (1991-94) : parmi un échantillon de 1501 poissons à long séjour marin pour lesquels le sexe était mentionné, 80% étaient indiqués comme femelles. Sur la base de ces éléments, on considérera que dans le Massif Armoricaïn la proportion moyenne de femelles dans les retours d'adultes est de 45% chez les castillons et de 80% chez les saumons de printemps.

Fécondité moyenne par femelle de castillon et de saumon de printemps

L'essentiel des données disponibles pour le Massif Armoricaïn ont été regroupées pour établir une relation moyenne taille (longueur fourche)/fécondité en distinguant les castillons et les saumons de printemps. L'échantillon total est constitué de 150 castillons et 73 saumons de printemps provenant de l'Oir (Prévost *et al.*, en prép.), de l'Elorn (Prouzet et Gaignon, 1982 et 1985) et d'un ensemble de géniteurs collectés sur différentes rivières du Finistère en 1985 et 86 pour alimenter la pisciculture du Favot (Nihouarn et Porcher, données non publiées). Les ajustements linéaires réalisés séparément pour les castillons et les poissons à long séjour marin sont présentés dans la figure 5. Les équations des droites de régression sont :

Castillons : $F = 20.436 L_f - 8817$ ($r = 0.58$)
Saumons de printemps : $F = 39.494 L_f - 23025$ ($r = 0.78$)
avec : $F =$ fécondité exprimée en nombre d'oeufs
 $L_f =$ longueur fourche en mm

A partir des tailles moyennes des castillons (630 mm, $n = 2153$) et des saumons de printemps (766 mm, $n = 2388$) déduites des déclarations de captures des quatre dernières années (1991-94) dans le Massif Armoricaïn, on peut utiliser les relations ci-dessus pour estimer la fécondité moyenne par femelle. On obtient alors :

- pour les castillons : 4058 oeufs par femelle,
- pour les saumons de printemps : 7227 oeufs par femelle.

Coefficient de conversion du smolt à l'oeuf

A partir de l'ensemble des éléments qui viennent d'être présentés on peut calculer comme suit un "coefficient de conversion" moyen (C) du smolt à l'oeuf :

$C = S_m (P_1 P_{1F} F_1 + P_p P_{pF} F_p)$ avec :

S_m = taux de survie en mer

P_1 = proportion de castillons dans les retours d'adultes

P_{1F} = proportion de femelles parmi les castillons

F_1 = fécondité moyenne d'une femelle de castillon

P_p = proportion de saumons de printemps dans les retours d'adultes

P_{pF} = proportion de femelles parmi les saumons de printemps

F_p = fécondité moyenne d'une femelle de saumon de printemps

Sur la base des données disponibles à ce jour $C = 358$ (oeufs/smolt).

11.3.2 - Relations stock/recrutement de l'oeuf à l'oeuf et courbes de gain

Une fois fixés pour le Massif Armoricaïn la capacité d'accueil en smolts des systèmes de production de juvéniles et le coefficient de conversion du smolt à l'oeuf, on peut tenter de modéliser l'évolution du recrutement et du gain moyens (en oeufs) en fonction du stock (en oeufs), pour différents niveaux de productivité du milieu dulçaquicole. Pour ce faire, on balaye une gamme de six niveaux de productivité s'échelonnant dans un rapport de 1 à 3.5, en prenant grossièrement l'Oir comme référence basse et la Bush comme limite haute. Les deux modèles les plus classiquement employés pour l'analyse des relations stock/recrutement (Beverton/Holt et Ricker) ont été utilisés. Les résultats sont présentés sous la forme de courbes dans les figures 6 à 9. Chacune d'elle propose une représentation de l'évolution, en moyenne, du recrutement ou du gain en fonction de la dépose d'oeufs initiale, tout étant ramené à une unité de production de juvéniles (un m² d'équivalent radier/rapide). Dans tous les cas le recrutement moyen maximum correspond à la capacité d'accueil (0.03 smolt/m²) convertie en oeufs, soit 10.65 oeufs/m². D'autres éléments remarquables des courbes obtenues peuvent être résumés comme suit :

Modèle de Ricker

Dépose d'oeufs maximisant le recrutement moyen : de 10.75 (Oir) à 3 oeufs/m² (par ordre de productivité croissante)

Dépose d'oeufs maximisant le gain moyen : de 4.75 (Oir) à 2.5 oeufs/m²

Niveau du gain moyen maximum : de 3.5 (Oir) à 8.0 oeufs/m²

Modèle de Beverton/Holt

Dépose d'oeufs maximisant le gain moyen : de 2.5 (Oir) à 1.75 oeufs/m²

Niveau du gain moyen maximum : de 4.2 (Oir) à 6.9 oeufs/m²

11.3.3 - Cible d'échappement et excédent prélevable

Cible d'échappement

Conformément aux recommandations du CIEM (Anon., 1995), on choisira de retenir la dépose d'oeufs maximisant le gain moyen comme cible d'échappement. Une telle cible représente l'abondance du stock au moment de la reproduction devant permettre, en moyenne sur le long terme, de générer des opportunités de prélèvement maximales. Pour le Massif Armoricaïn, les éléments

disponibles à ce jour situent ce point de référence entre 1.75 et 4.75 oeufs/m² (d'équivalent radier/rapide), suivant le modèle et l'hypothèse de productivité retenus. Par rapport au modèle de Ricker, les niveaux cibles déduits du modèle de Beverton et Holt sont sensiblement inférieurs. En outre, ils se situent dans une gamme de niveaux d'abondance du stock pour laquelle aucune observation sur le recrutement n'est disponible(4) . Ainsi, compte tenu des incertitudes qui pèsent encore sur la nature exacte des relations stock/recrutement pour les rivières de Bretagne et de Basse Normandie, on retiendra pour cible d'échappement la valeur la plus conservatrice, à savoir 4.75 oeufs/m². En effet, à ce niveau de dépose d'oeufs :

- le recrutement moyen est toujours élevé (au minimum 8 oeufs/m²), éloignant ainsi les stocks de la zone la plus dangereuse où le recrutement risque de chuter rapidement par défaut de géniteurs (Figs 6 et 8).
- le gain moyen est toujours théoriquement élevé (au minimum 3.5 oeufs/m²), même si il n'est pas exactement maximisé (Figs 7 et 9).

Excédent prélevable

Avec un échappement de 4.75 oeufs/m², le gain moyen serait compris entre 3.5 et 5.9 oeufs/m² suivant le modèle et l'hypothèse de productivité retenus. Le gain correspond à un excédent prélevable en moyenne sur le long terme. Il peut facilement être exprimé en nombre de poissons en utilisant les données disponibles concernant les fécondités moyenne par femelle et le rapport des sexes. Le recrutement étant un phénomène fondamentalement stochastique, de fortes variations annuelles existent autour des valeurs moyennes. En préconisant chaque année un prélèvement à hauteur de la moyenne, on prend le risque d'une surexploitation les années où le recrutement est faible. A l'inverse, quand le recrutement est très élevé, on limiterait inutilement l'exploitation par une stratégie trop prudente. Pour tenter de pallier ces inconvénients, on peut procéder en deux temps : fixation d'un niveau de prélèvement initial plutôt conservateur, puis, en fonction des informations disponibles, ajustement (à la hausse ou à la baisse) en cours de saison du niveau final. On préconisera un prélèvement initial correspondant :

- pour les stocks dont l'état général moyen est jugé satisfaisant (par référence aux cibles de dépose d'oeufs), au gain moyen pour un échappement de 4.75 oeufs/m² sous les hypothèses les plus pessimistes, soit 3.5 oeufs/m². Ceci laisse des possibilités d'ajustement en cours de saison par multiplication de ce niveau par un coefficient qui devrait généralement être compris entre 0.5 et 2, sachant que la variabilité du recrutement est plutôt dissymétrique, les réussites étant plus dispersées autour de la moyenne que les échecs (Hilborn et Walters, 1992).
- pour les stocks considérés en sous-effectif chronique, à 50% du gain moyen pour un échappement de 4.75 oeufs/m² sous les hypothèses les plus pessimistes, soit 1.75 oeufs/m².

II.4 - Définition des TAC : propositions et recommandations

La fixation de TAC a pour objectif essentiel de permettre d'atteindre chaque année une dépose d'oeufs cible capable d'assurer sur le long terme des opportunités de captures élevées. Dans ce contexte, l'exploitation doit être modulée par référence à des normes de prélèvement d'oeufs, qui seront secondairement exprimées en nombre de poissons à partir de données sur la

(4) La seule observation de recrutement disponible en France pour un niveau de stock inférieur à 3.5 oeufs/m² (2.6 oeufs/m²) provient de l'Oir et montre une chute sensible de la production de smo/ts (Fig. 4).

composition des captures (castillons et saumons de printemps), le rapport des sexes et la fécondité des femelles.

TAC provisoire

Proposition 1 : Avant le début de la période de pêche, on fixera pour chaque rivière un TAC provisoire, qui représentera une première évaluation, plutôt conservatrice, du nombre de captures autorisé pour la saison à venir, sur la base d'un excédent prélevable de :

- 3.5 oeufs/m² (d'équivalents radier/rapide) pour les stocks jugés comme étant à un niveau permettant d'atteindre les cibles d'échappement,
- 1.75 oeufs/m² pour les stocks considérés en sous-effectif chronique.

On exprimera ce TAC en nombre de saumons de printemps et de castillons, pour différentes compositions des prises, allant de 0 à 100% de castillons, et en retenant des proportions de femelles et des fécondités moyennes par femelle de 80% et 7227 oeufs pour les saumons de printemps et de 45% et 4058 oeufs chez les castillons.

Exemple : Sur un bassin X possédant 250000 m² d'équivalent radier/rapide (grossièrement comparable au Scorff ; Fig. 1), dont le stock est jugé en "bonne santé", le TAC provisoire correspond à $250000 \times 3.5 = 875000$ oeufs, soit :

- $875000 / (7227 \times 0.8) = 151$ saumons de printemps (0% de castillons).
- 146 saumons de printemps et 16 castillons (10% de castillons).
- 140 saumons de printemps et 35 castillons (20% de castillons).
- 133 saumons de printemps et 57 castillons (30% de castillons).
- 125 saumons de printemps et 83 castillons (40% de castillons).
- 115 saumons de printemps et 115 castillons (50% de castillons).
- 103 saumons de printemps et 154 castillons (60% de castillons).
- 87 saumons de printemps et 203 castillons (70% de castillons).
- 66 saumons de printemps et 268 castillons (80% de castillons).
- 39 saumons de printemps et 355 castillons (90% de castillons).
- $875000 / (0.45 \times 4058) = 479$ castillons (100% de castillons).

Recommandation 1 : Dans le contexte actuel de très faible abondance des saumons de printemps, on limitera autant que possible le prélèvement sur cette fraction du stock.

En dehors de l'interdiction pure et simple du prélèvement des saumons de printemps (comme c'est le cas général en Amérique du nord), plusieurs possibilités existent pour aller dans cette direction : retard de la date d'ouverture, pas de réévaluation à la hausse du TAC provisoire au cours de la période de remontée (quasi)exclusive des saumons de printemps, c'est-à-dire avant la fin du mois de mai, arrêt momentané de la pêche quand une certaine proportion du TAC provisoire (par exemple 50%) est atteinte avant le mois de juin, c'est-à-dire avant l'arrivée des premiers castillons.

TAC final

Les modalités d'élaboration du TAC définitif vont dépendre d'abord de l'état général moyen du stock considéré.

Proposition 2 : Pour apprécier l'état général moyen d'un stock on procédera à une analyse rétrospective en se basant sur les informations suivantes :

- les estimations d'échappement comparées aux niveaux cibles.
- les décomptes de smolts.
- les données d'abondance automnale des juvéniles.
- les données de dénombrement de frayères.
- les données de captures.

Recommandation 2: Pour les bassins considérés comme étant de manière chronique en dessous des niveaux cibles d'échappement, le TAC définitif ne pourra dépasser le TAC provisoire (établi sur la base d'un prélèvement de 1.75 oeufs/m²), afin de mettre à profit les années de bonne réussite du recrutement pour reconstituer les stocks.

L'élaboration du TAC définitif doit se faire en utilisant l'ensemble des informations disponibles sur l'état des retours d'adultes en cours.

Proposition 3 : Pour apprécier l'abondance des retours d'adultes en cours de saison, on utilisera, par ordre de priorité :

- les données de dénombrement direct d'adultes provenant de stations de contrôle des migrations où d'autres dispositifs de comptage.
- les informations de décompte de smolts pour les dévalaisons contribuant aux retours de l'année considérée.
- les données d'abondance automnale des juvéniles pour les années contribuant aux retours en cours.
- les données de dénombrement de frayères pour les années de reproduction contribuant aux retours de l'année.
- les données de captures de l'année.

Du point de vue des exploitants, il est sans doute souhaitable de connaître le TAC définitif le plus tôt possible au cours de la période de pêche. D'un autre côté, il est préférable d'attendre le plus longtemps possible pour disposer du maximum d'informations sur l'abondance des remontées en cours. Dans tous les cas, un premier bilan sur la saison qui se déroule doit être fait suffisamment tôt pour autoriser une révision à la baisse du TAC provisoire, et le TAC définitif doit être établi avant l'épuisement du TAC provisoire.

Proposition 4 : En cas d'événement exceptionnel, une "procédure d'urgence" (mortalités importantes, retours d'adultes très faibles...) devra permettre de revoir rapidement le TAC provisoire à la baisse en cours de saison.

Proposition 5 : La fixation du TAC définitif devra intervenir avant la première des deux dates suivantes :

- début juillet, car à cette époque de l'année les remontées de castillons sont suffisamment avancées pour permettre une évaluation correcte du niveau du recrutement.
- quand 75% du TAC provisoire a été prélevé.

Le TAC définitif sera exprimé en nombre de saumons de printemps et de castillons, pour différentes compositions des captures allant 0 à 100% de castillons.

Une fois le TAC définitif établi, l'exploitation peut se dérouler jusqu'à son épuisement.

Recommandation 3 : Pour éviter que la pêche ne vienne perturber le bon déroulement de la reproduction, on préconise qu'une date impérative de fermeture soit fixée au plus tard au cours de la seconde quinzaine de novembre, pour les cas où le TAC ne serait pas atteint en fin de saison.

Conclusion

La mise en place des TAC doit être l'occasion d'un changement radical dans les modalités de la gestion des populations de saumon en France. En effet, il s'agit de promouvoir une démarche valorisant les acquis scientifiques, obtenus essentiellement au cours des 20 dernières années dans le Massif Armoricaïn, tout en s'insérant dans une dynamique au niveau international, orientée par les avis et recommandations émises par le CIEM. Dans cette perspective, l'exposé méthodologique qui précède n'est en aucun cas définitif. Au contraire, il a pour ambition d'être le point de départ d'un système évolutif. L'approche proposée a été conçue pour rendre possible l'intégration de nouvelles connaissances scientifiques, telles que toute précision sur la nature des relations stock/recrutement, de meilleures définitions de la taille des systèmes, etc. Le présent document représente aussi une première base de discussion, qui doit être critiquée dans une optique constructive d'amélioration permanente. En effet, il est l'occasion de mettre en lumière les acquis, mais surtout les lacunes des connaissances scientifiques, et doit donc permettre de stimuler et orienter les travaux de recherches futurs ou en cours. Dans ce contexte, les TAC ne doivent pas être vus comme une sorte de dogme intangible : ils constituent seulement (mais c'est déjà beaucoup) des repères d'aide à la décision pour les gestionnaires, repères fondés sur l'état actuel des connaissances scientifiques et sur une démarche rationnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme, 1992. Reports of the ICES Advisory Committee on Fishery Management 1991. *ICES Coop. Res. Rep.* 179, pp. 4-9.
- Anonyme, 1995. Report of the Working Group on North Atlantic Salmon. Copenhagen, 3-12 April 1995. *ICES CM 1995/Assess: 14 Réf. M*, 191 p.
- Baglinière J.-L. et Champigneulle A., 1982. Densités de populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) et de juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) sur le cours principal du Scorff (Bretagne) : préférendums physiques et variations annuelles (1976-1980). *Acta Oecologica Oecol. Applic.*, 3(3) : 241-256.
- Baglinière J.-L. et Champigneulle A., 1986. Population estimates of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, as indices of smolt production in R. Scorff, Brittany. *J. Fish. Biol.*, 29 : 467-482.
- Baglinière J.-L., Maise G. et Nihouarn A., 1993. Comparison of two methods of estimating Atlantic salmon (*Salmo salar*) wild smolt production, p. 189-201. In Gibson R.J. et Cutting R.E. (Eds) Production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 118.
- Baglinière J.-L. et Arribé-Moutounet D., 1985. Microrépartition des populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) de juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et des autres espèces présentes dans le partie haute du Scorff, (Bretagne). *Hydrobiologia*, 120 : 229-239.
- Baglinière J.-L., Prouzet P., Porcher J.-P., Nihouarn A. et Maise G., 1987. Caractéristiques générales des populations de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) des rivières du Massif armoricain, p. 23-37. In Thibault M. et Billard R. (Eds) *La restauration des rivières à saumon*. Hydrobiologie et aquaculture, INRA, Paris.
- Claude A., 1995. Relations entre les activités humaines et la population de Saumon atlantique : évolution des activités humaines et des surfaces de production en juvéniles sur le Scorff (Morbihan). *Mémoire de D.E.A. Geo. Environ. Global*, 35 p.
- Dudon C., 1984. Étude hydrobiologique du Trieux comparée au Scorff. Estimation de la production naturelle en juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.). *Mémoire fin d'études, Soi. Tech. Prod. Anim., ESITPA, INRA, Lab. Eco/. Hydrobio.*, 31 p.
- Fournel F., Euzenat G. et Fagard J.-L., 1987. Rivières à truites de mer et à saumons de Haute-Normandie. Réalités et perspectives. Le cas de la Bresle, p. 315-325. In Thibault M. et Billard R. (Eds) *La restauration des rivières à saumon*. Hydrobiologie et aquaculture, INRA, Paris.
- Hilborn R. et Walters C.J., 1992. *Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty*. Chapman et Hall, New York et Londres, 570 p.
- Kennedy G.J.A. et Crozier W.W., 1995. Factors affecting recruitment success in salmonids, p. 349-362. In Harper D.M. et Ferguson A.J.D. (Eds) *The ecological basis for river management*. John Wiley and Sons, Londres.
- Mace Laurence, 1988. Potentialités et propositions d'actions coordonnées pour la restauration de la population de saumon atlantique sur la Sienne. *Mémoire M.S.T Aménagement et mise en valeur des régions, Univ. Rennes I, Cons. Sup. Pêche, Fédération de pêche de la Manche, AAPP la Sienne*, 23p.

- Naevdal G. 1983. Genetic factors in connection with age at maturation. *Aquaculture*, 33 : 97-106.
- Neuschwander M. et Nivesse X., 1993. Description de l'habitat piscicole et estimation du potentiel de production de smolts de saumon du Jaudy (Côtes d'Armor). *Rapport de pré-stage ENSA Rennes, Cons. Sup. Pêche*, 16 p.
- Prévost E., Baglinière J.-L., Maisse G. et Nihouarn A., en préparation. Premiers éléments d'une relation stock/recrutement chez le Saumon atlantique (*Salmo salar*) en France. (Soumis pour publication).
- Prouzet P. et Gaignon J.-L., 1982. Fécondité de saumons atlantiques adultes capturés sur le bassin versant de l'Elorn (rivière de Bretagne-nord) et caractéristiques de leurs pontes. *Bull. Fr. Pisc.*, 285 : 233-243.
- Prouzet P. et Gaignon J.-L., 1985. Caractéristiques du stock de Saumon atlantique d'un hiver de mer (*Salmo salar* L.) capturé sur l'Elorn de 1974 à 1984. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 47(3 et 4) : 167-178.
- Prouzet P. et Jezequel M., 1983. Caractéristiques des populations de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) capturées à la ligne sur l'Elorn (rivière de Bretagne-nord) durant la période 1974-1981. *Bull. Fr. Pisc.*, 289 : 94-111.
- Séac'h P., 1989. Estimation de la production de juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar*) sur l'Elorn (Finistère). *Mémoire fin d'études, Biol. Végét. et Génét. - Biol. Pop. et Ecosys.*, EN/TA Dijon, INRA, Lab. Ecol. Hydrobio., 50 p.
- Thibault M., 1987. Éléments de la problématique du saumon en France, p. 413-425. In Thibault M. et Billard R. (Eds) *La restauration des rivières à saumon*. Hydrobiologie et aquaculture, INRA, Paris.

Tableau 1 : Comparaison des densités (ind./m2) de juvéniles de Saumon atlantique (toutes classes d'âge confondues) sur les habitats de types "plats" et "radier/rapide".

Rivière Scorff (1)				Oir (2)			Trieux (1)				
Site	Année	Densité de juvéniles		Année	Densité de juvéniles		Site	Année	Densité de juvéniles		
		Plat	Rad/rap		Plat	Rad/rap			Plat	Rad/rap	
Lomenar	1976	0.018	0.065	1985	0.039	0.139	Chateaulin	1984	0.010	0.019	
	1977	0.006	0.067	1986	0.016	0.062		1985	0.002	0.019	
Gourdeau	1976	0.001	0.004	1987	0.006	0.054	1986	0.012	0.046		
	1977	0.010	0.052	1988	0.030	0.132	1987	0.000	0.100		
1978	0.016	0.057	1989	0.035	0.172	1988	0.003	0.071			
	1979	0.016	0.054	<i>moyenne</i>	0.025	0.112	1989	0.005	0.142		
1980	0.009	0.074			<i>rapport</i>	4.437	1990	0.002	0.007		
1981	0.022	0.113			<i>(rad/rap)/plat</i>		Roudedou	1984	0.020	0.040	
1982	0.030	0.077						1985	0.015	0.029	
1983	0.016	0.058					1986	0.011	0.012		
	1976	0.007	0.038					1987	0.008	0.013	
Locorion	1977	0.007	0.049					1989	0.000	0.006	
	1978	0.057	0.115					1991	0.005	0.080	
1983	0.013	0.100					Kerhaloc	1984	0.010	0.040	
	1977	0.007	0.076						1990	0.028	0.046
Herveno	1976	0.013	0.085					Keraufret	1984	0.005	0.044
	1977	0.022	0.107						<i>moyenne</i>	0.009	0.045
Stume1	1978	0.013	0.164							<i>rapport</i>	
	1979	0.002	0.027							<i>(rad/rap)/plat</i>	
1980	0.004	0.011									
	1981	0.018	0.240								
1982	0.018	0.084									
	1983	0.007	0.105								
Stume2	1976	0.000	0.014								
	1977	0.008	0.068								
1978	0.021	0.074									
	1982	0.000	0.056								
Bois de Kervec	1980	0.009	0.040								
	1981	0.004	0.010								
Pervern	1982	0.037	0.075								
	1983	0.000	0.064								
<i>moyenne</i>		0.013	0.072							5.249	
										<i>rapport</i>	
										<i>(rad/rap)/plat</i>	

Sources :
 (1) Baglinière, données non publiées
 (2) Baglinière et al., 1993

Tableau 2 : Surfaces de bassin versant et de production de juvéniles de saumon pour quelques cours d'eau du Massif Armoricain. Seuls sont considérés des systèmes pour lesquels une quantification des surfaces de production a été menée sur le terrain.

Rivière	Surface bassin versant (km2)	Surface production (m2 d'équivalent radier/rapide) (1)	Source
Jaudy (2)	255	50333	Neuschwander et Nivresse, 1993
Trieux (3)	506	155904	Dudon, 1984
Léguer	496	192438	Conseil supérieur de la pêche, données non publiées
Elorn (4)	290	113858	Séac'h, 1989
Scorff (5)	480	246767	Claude, 1995
Oir (6)	87	35561	Baglinière et al., 1993
Aer	96	59583	Conseil supérieur de la pêche, données non publiées
Sée (7)	374	112111	Conseil supérieur de la pêche, données non publiées
Sienne (8)	296	137210	Mace, 1988
Airou	125	55668	Mace, 1988

(1) Conformément aux indications fournies dans le texte au paragraphe II.1.
 (2) La quantification des surfaces de production a porté sur le cours principal et l'extrémité aval des 2 principaux affluents ; 10% a été rajouté pour les affluents non prospectés.
 (3) La quantification des surfaces de production a porté sur le cours principal et les 2 principaux affluents ; 5% a été rajouté pour les affluents non prospectés.
 (4) Sur le cours principal, la quantification des surfaces de production s'est arrêtée au barrage du Drennec ; 15% a été rajouté pour tenir compte du potentiel en amont de ce dernier.
 (5) La quantification des surfaces de production a porté sur le cours principal et certains affluents ; 10% a été rajouté pour les affluents non prospectés.
 (6) La quantification des surfaces de production a porté :
 - pour le cours principal, sur le tronçon allant du Moulin de Cerisel au Moulin du Buet ; 25% a été rajouté pour tenir compte du potentiel des zones non prospectées.
 - pour les affluents, sur le principal d'entre eux, les autres étant considérées comme représentant 5% du potentiel total.
 (7) La quantification des surfaces de production a porté sur le cours principal et s'est arrêtée à l'amont de Chérencé le Roussel ; 15% a été rajouté pour tenir compte du potentiel situé en amont, plus 20% supplémentaires pour les affluents.
 (8) La quantification des surfaces de production a porté sur le cours principal en amont de la confluence avec l'Airou ; 5% a été rajouté pour les affluents. La surface de bassin versant a été calculée en conséquence.

Tableau 3 : Paramètres des modèles de Beverton/Holt et de Ricker ajustés sur les données stock(oeufs)/recrutement(smolts) de l'Oir (voir Fig. 4).

Modèle	Beverton/Holt	Ricker
	$\text{Smolts} = a \cdot \text{Oeufs} / (b + \text{Oeufs})$	$\text{Smolts} = a \cdot \text{Oeufs} \cdot \exp(-b \cdot \text{Oeufs})$
<i>Ec.type résiduel (1)</i>	339	356
Paramètre		
<i>a</i>	722	0.0078
<i>b</i>	36164	3.73E-06
<i>pente à l'origine</i>	0.01996	0.0078
<i>asymptote</i>	722	-
<i>maximum</i>	-	765
<i>stock au point de recrutement max.</i>	-	267930

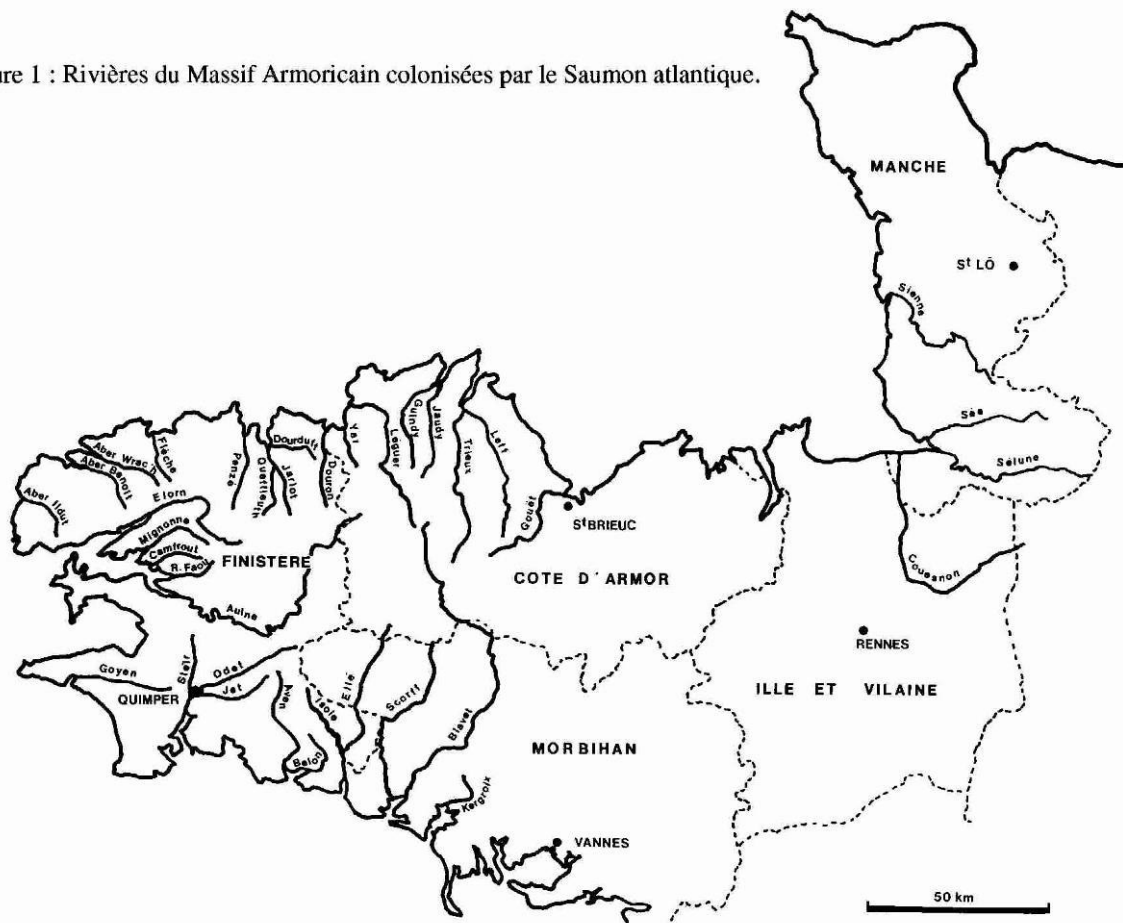
(1) Ecart type résiduel = racine carrée de la variance résiduelle

Tableau 4 : Proportion de femelles chez le Saumon atlantique pour différents échantillons collectés dans le Massif Armoricain. Les données concernant des bécardes ou des poissons morts après le frai ont été abandonnées, la mortalité après la reproduction étant dépendante du sexe.

Rivière	Années	Effectif	% femelle	Source
<i>Saumons de printemps (1)</i>				
Elom	1986-89	222	85%	Prévost, Nihouarn et Porcher, données non publiées
	1979-84	468	78%	Prouzet et Jezequel, 1983
Oir	1984-94	229	67%	Prévost et al., en prép.
Blavet/Scorff/Ellé	1973-1983	190	65%	Baglinière et al., 1987
<i>Castillons</i>				
Elom	1986-89	322	43%	Prévost, Nihouarn et Porcher, données non publiées
	1979-84	123	56%	Prouzet et Gaignon, 1983
Oir	1984-94	1023	32%	Prévost et al., en prép.
Blavet/Scorff/Ellé	1973-1983	118	42%	Baglinière et al., 1987

(1) On regroupe dans cette catégorie les individus de première remontée âgés de 2 et 3 ans de mer, et les poissons à frai(s) antérieur(s).

Figure 1 : Rivières du Massif Armoricaïn colonisées par le Saumon atlantique.



Surface production (m² équiv. radier/rapide)

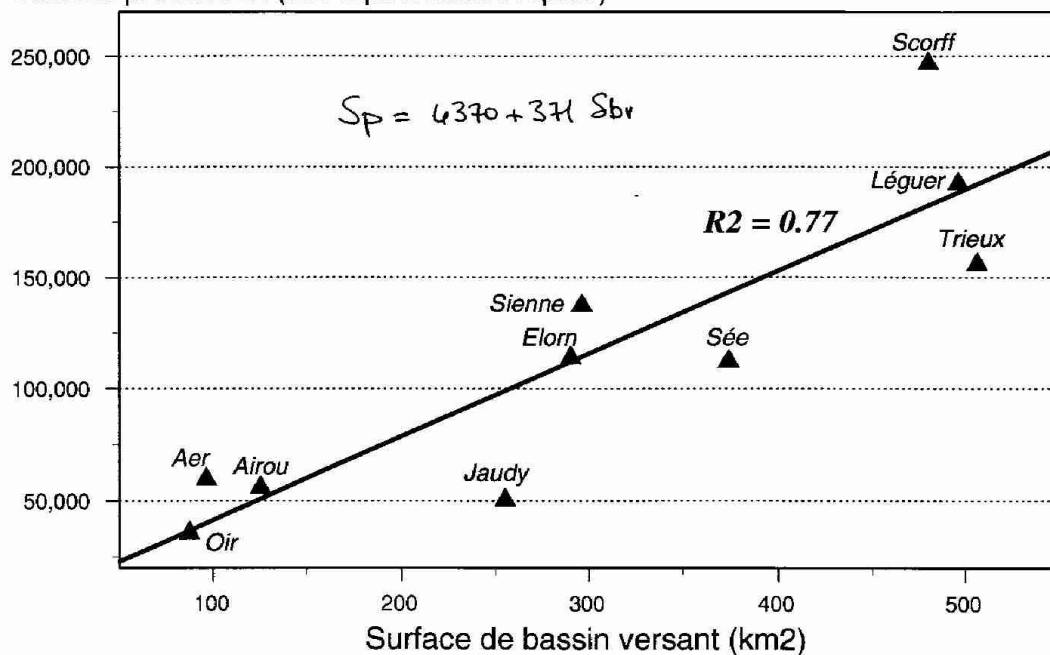


Figure 2 : Relation taille du bassin versant et surface de production de juvéniles de saumon atlantique pour différents cours d'eau du Massif Armoricaïn. (Voir Tableau 1 et paragraphe II.1)

Survie oeuf->smolt

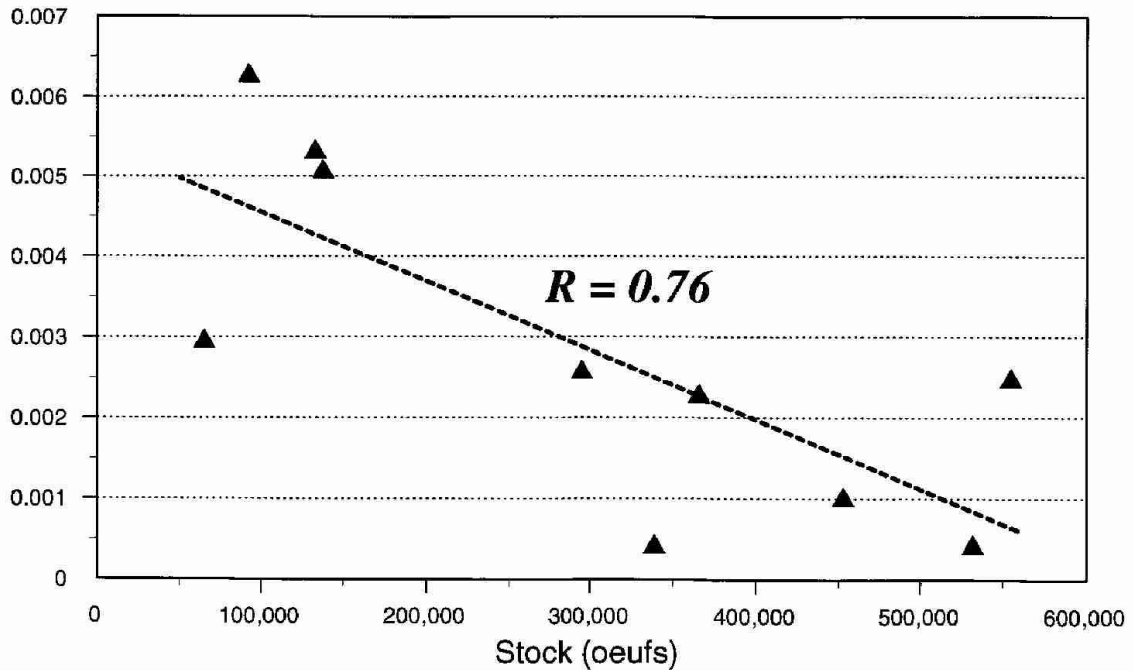


Figure 3 : Relation entre la dépose d'oeufs initiale et la survie jusqu'au stade smolt sur l'Oir (saumon atlantique). Chaque point représente une cohorte de 1985 à 1994. La droite de régression met en évidence l'effet densité dépendant sur la survie.

Recrutement (smolts)

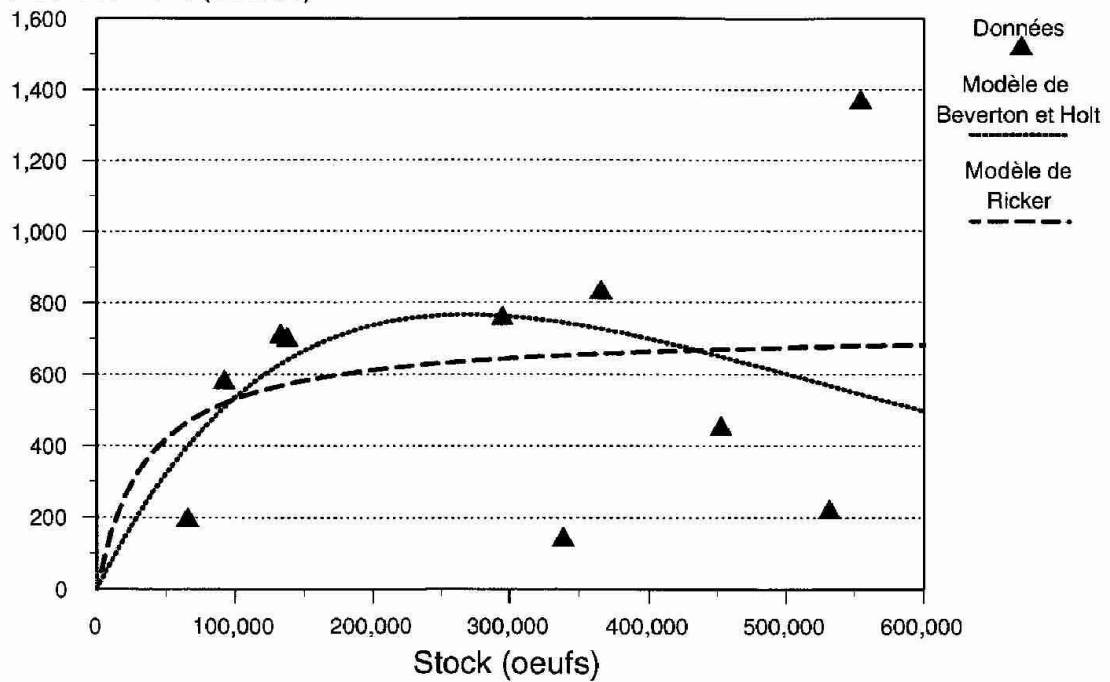


Figure 4 : Relation stock/recrutement sur l'Oir (Saumon atlantique). Chaque point représente une cohorte (1985-1994).

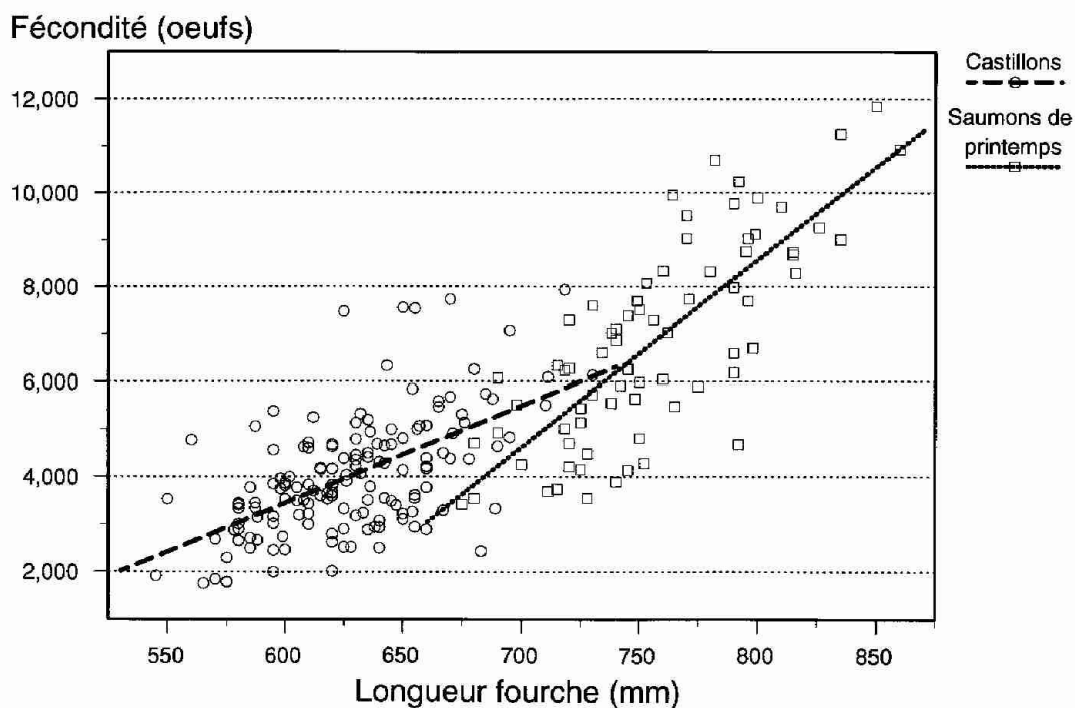


Figure 5 : Relation taille/fécondité chez le Saumon atlantique dans le Massif Armoricain, suivant l'âge de mer. Sous le terme "saumon de printemps" on regroupe les poissons de première remontée âgés de 2 ou 3 ans de mer et les individus à frai(s) antérieur(s).

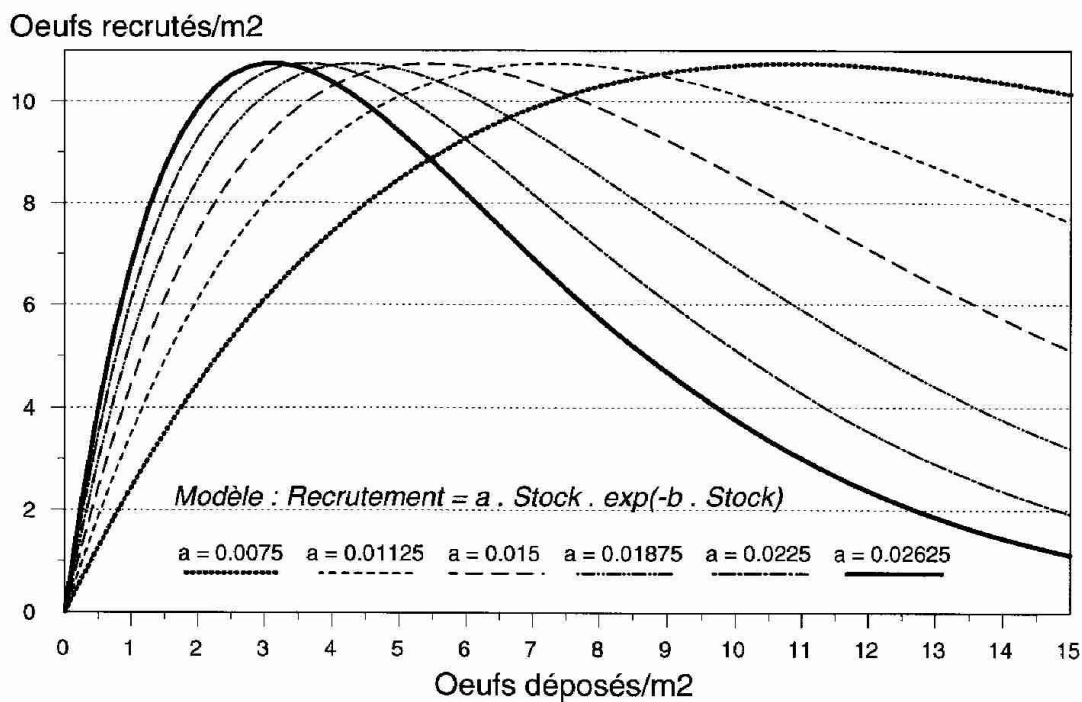


Figure 6 : Courbes stock/recrutement selon le modèle de Ricker pour différents niveaux de productivité (voir paragraphe II.3.2). Stock et recrutement sont exprimés en oeufs et ramenés à 1 m² d'équivalent radier/rapide. Le recrutement moyen maximum est limité par la capacité d'accueil à 10.74 oeufs/m² d'équivalent radier/rapide.

Gain (Oeufs/m²)

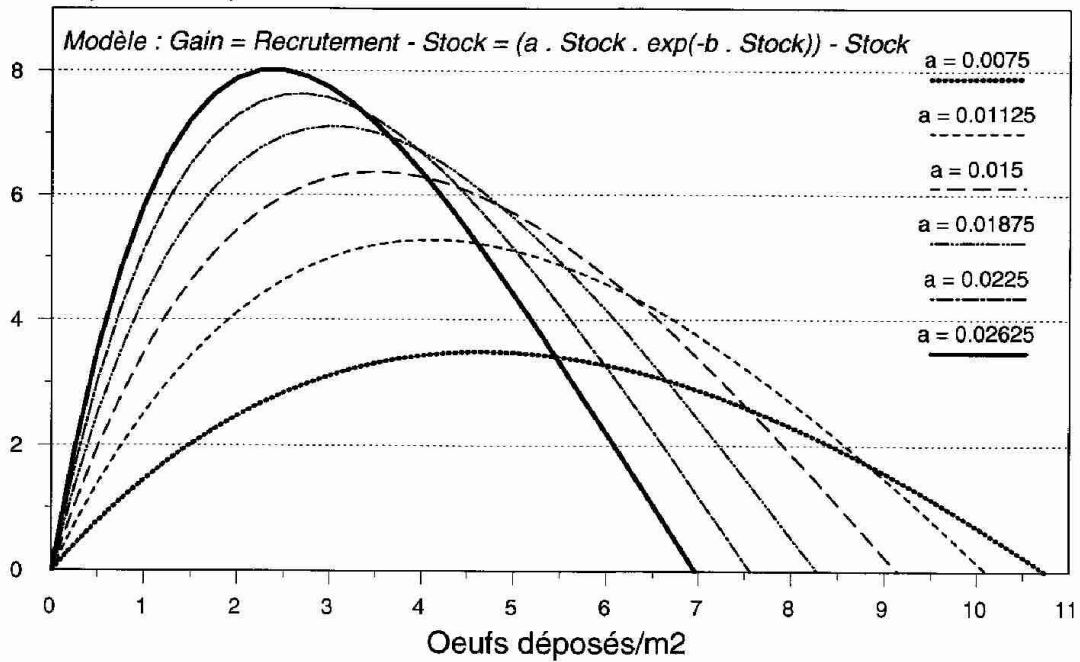


Figure 7 : Courbes de gain selon le modèle de Ricker pour différents niveaux de productivité (voir paragraphe II.3.2). Stock et gain sont exprimés en oeufs et ramenés à 1m² d'équivalent radier/rapide.

Oeufs recrutés/m²

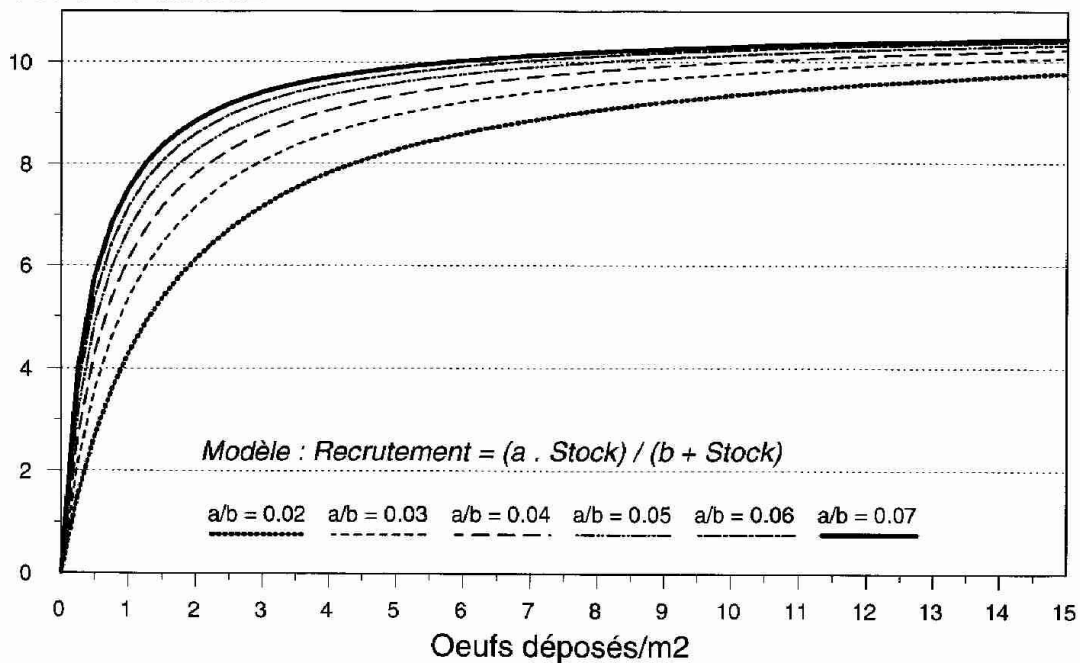


Figure 8 : Courbes stock/recrutement selon le modèle de Beverton/Holt pour différents niveaux de productivité (voir paragraphe II.3.2). Stock et recrutement sont exprimés en oeufs et ramenés à 1 m² d'équivalent radier/rapide. Le recrutement moyen maximum est limité par la capacité d'accueil à 10.74 oeufs/m² d'équivalent radier/rapide.

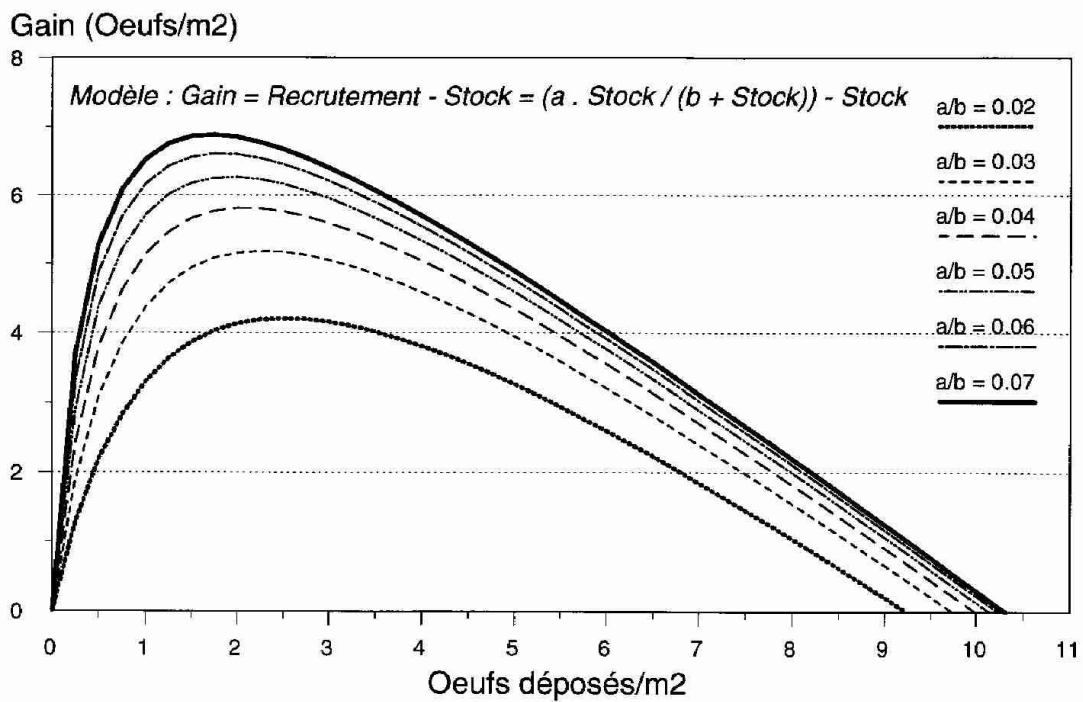


Figure 9 : Courbes de gain selon le modèle de Beverton/Holt pour différents niveaux de productivité (voir paragraphe II.3.2). Stock et gain sont exprimés en oeufs et ramenés à 1m² d'équivalent radier/rapide.