

# LE CONTROLE DE LA REPRODUCTION CHEZ LES POISSONS

## II. Reproduction différée et stérilité

B. CHEVASSUS\*, J.M. BLANC\*\*, D. CHOURROUT\*

---

Nous avons passé en revue dans un article précédent les techniques permettant de contrôler la reproduction en produisant des populations d'élevage « monosexes ». Nous examinerons maintenant les techniques qui permettent d'agir directement sur la maturation sexuelle en la retardant ou en l'inhibant temporairement ou définitivement. Ces techniques se révèlent utiles lorsque, comme dans le cas des Salmonidés, c'est la maturation elle-même des individus, et non la prolifération de la population, qui pose problème à l'éleveur, du fait des mortalités et des retards de croissance qu'elle engendre.

L'utilisation de populations « monosexes » peut dans certains cas résoudre partiellement ce problème dans la mesure où la maturation des femelles survient chez certaines espèces plus tardivement que celle des mâles et permet de ce fait une durée d'élevage plus longue.

---

*Institut National de la Recherche Agronomique*

\* *Laboratoire de Physiologie des Poissons, 78350 JOUY-EN-JOSAS*

\*\* *Laboratoire d'Ecologie des Poissons, St-Pée-sur-Nivelle, 64310 ASCAIN*

Nous n'évoquerons pas ici les techniques basées sur l'administration de diverses substances stérilisantes (méthallibure, stéroïdes à forte dose), ces techniques, encore expérimentales, apparaissant difficiles à mettre en œuvre sur des animaux destinés à la consommation.

Nous distinguerons :

- les techniques visant à retarder la maturité sexuelle ;
- les techniques conduisant à une stérilisation définitive des animaux.

## I - LA REPRODUCTION DIFFEREE

### 1) Les longues photopériodes

Chez les poissons à reproduction saisonnière, le rôle des facteurs du milieu, principalement lumière et température, dans le déclenchement de cette reproduction a été depuis longtemps mis en évidence. Ainsi chez les Salmonidés, la reproduction hivernale coïncide sensiblement avec la fin de décroissance de la durée du jour et la réalisation accélérée d'une telle décroissance permet d'obtenir des reproductions plus précoces (HOOVER, 1937).

On peut également chercher à tirer parti de ce phénomène pour inhiber la reproduction en maintenant artificiellement les animaux en jours longs (= longues photopériodes). Depuis les travaux d'ALLISON (1951) diverses expériences ont été réalisées qui semblent montrer (Fig. 1) que les différents régimes lumineux possibles sont sensiblement équivalents, le plus simple à réaliser pratiquement étant sans doute l'éclairage permanent (24 L). Un tel traitement, appliqué à partir de la fin du printemps, permet d'obtenir des reproductions décalées en moyenne de plusieurs semaines. Corrélativement, les animaux conservent plus longtemps leur aspect immature et la mortalité, qui affecte souvent les mâles matures (blessures compliquées de mycoses), survient plus tardivement. On peut espérer, en appliquant ces traitements plus précocement, obtenir un retard de maturation plus important et des expériences dans ce sens sont actuellement en cours.

Il faut cependant savoir qu'un certain « programme interne » semble exister chez les animaux, programme qui, en l'absence de rythme lumineux, aboutit à déclencher la reproduction sensiblement à la même époque. C'est ainsi que l'élevage à l'obscurité totale ou en éclairage constant depuis le stade œuf ou alevin aboutit 2 à 3 ans plus tard chez la truite arc-en-ciel (BIENIARZ, 1973) et le saumon de fontaine (PYLE, 1969) à une reproduction en automne, synchrone de celle du témoin. L'application trop précoce de jours longs constants pourrait donc aboutir au même résultat.

### 2) La sélection

Un certain nombre d'études ont montré qu'une sélection pour la précocité sexuelle semblait rapidement opérante chez les Salmonidés (LEWIS, 1944 ; Mac INTYRE, 1975). Par ailleurs, les études norvégiennes (GJEDREM, 1976 ; NAEVDAL et al., 1976) ont montré que différentes souches de saumon atlantique élevées dans un même milieu présentaient une grande variabilité pour le taux de maturation sexuelle précoce. La comparaison de différentes fratries (1 mâle x 1 femelle) de truite arc-en-ciel conduit à un résultat analogue (NAEVDAL et al., 1975) (Fig. 2).

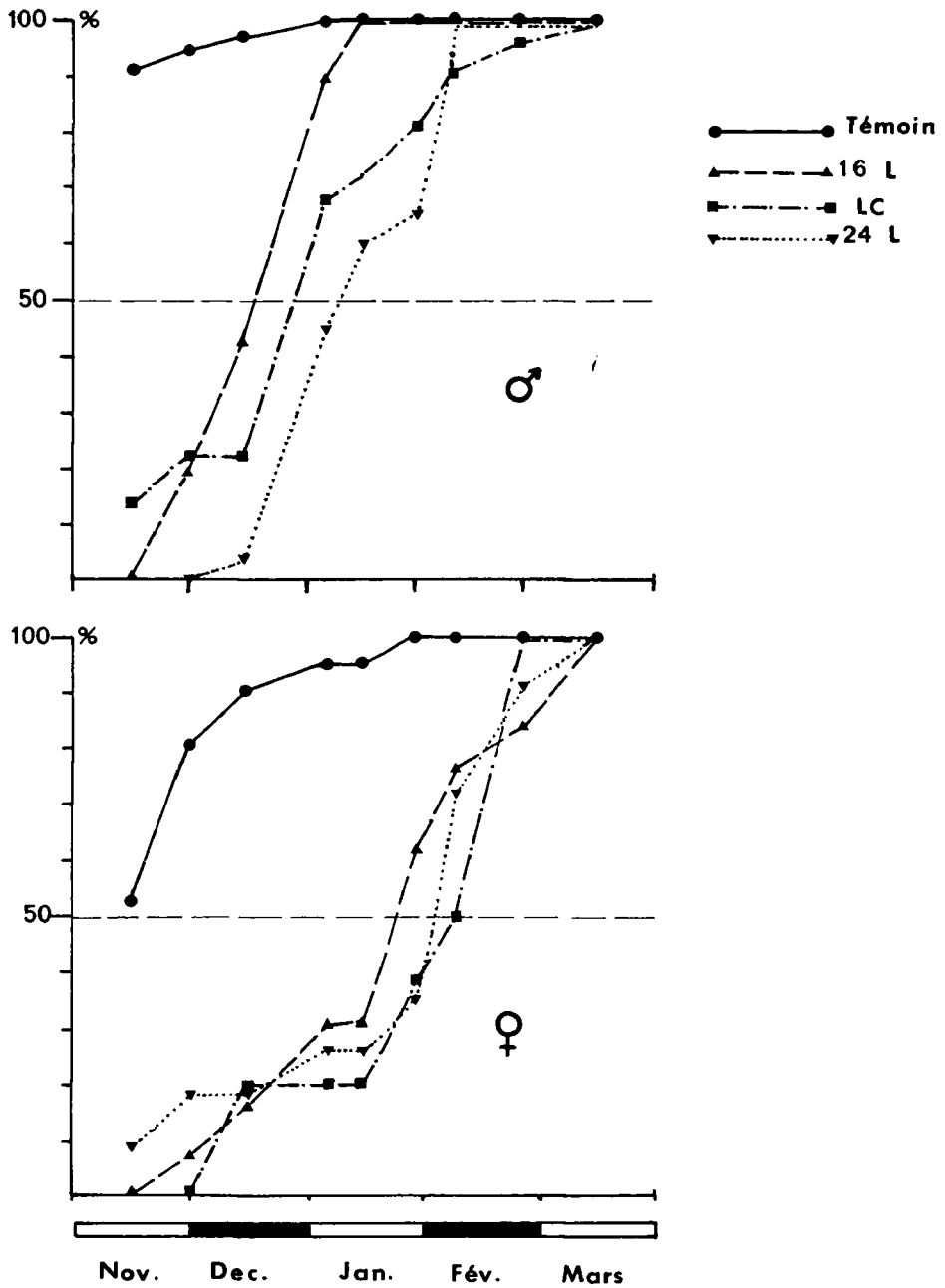
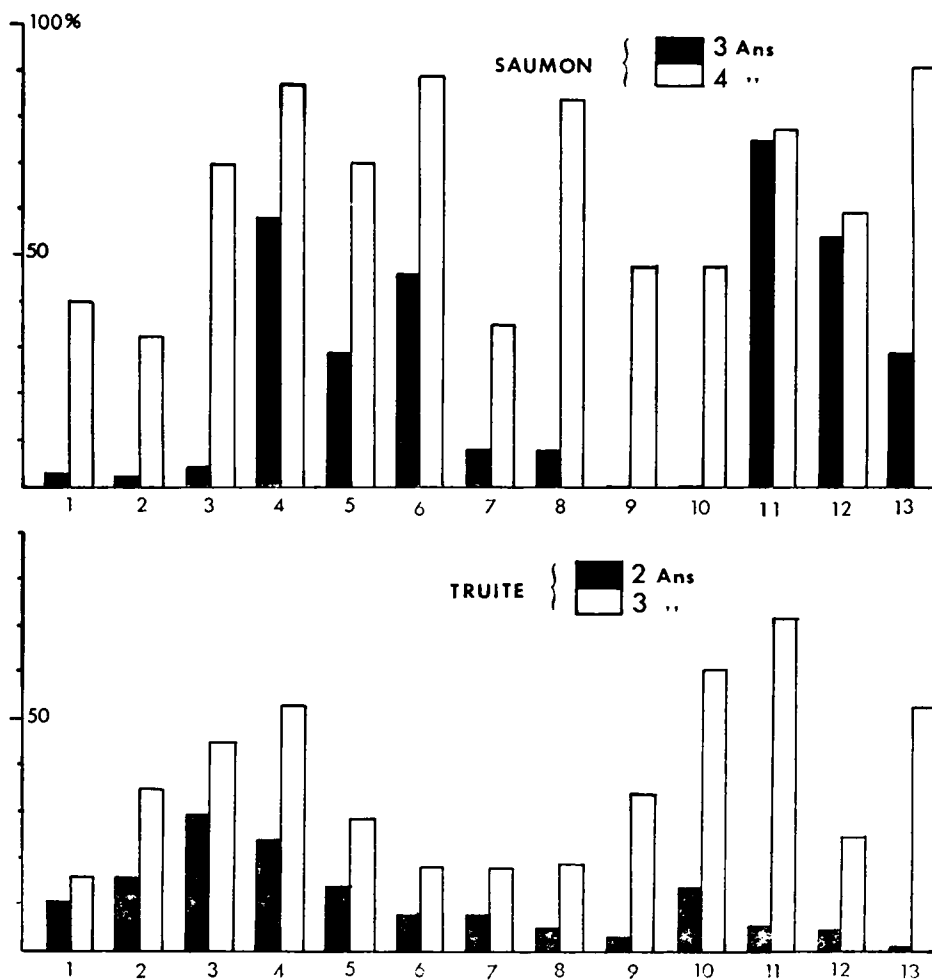


Figure 1 : Effet des longues photopériodes sur la date de reproduction chez la truite Arc-en-ciel

♂ = mâles spermants  
 ♀ = femelles ovulées } en % du nombre total d'animaux matures observés au cours de la période de reproduction

- 16L : 16 heures de lumière par jour à partir du 21 juin
- 24L : 24 heures de lumière par jour à partir du 21 juin
- LC : éclairage croissant de 16 heures à 24 heures de lumière par jour du 21 juin au 21 février



**Fig. 2 : Variabilité du taux de maturation (pourcentage d'animaux matures à un âge donné) chez le Saumon atlantique et la Truite arc-en-ciel élevés en mer. (D'après NAEVDAL et al., 1975 et 1976)**

Ces différents résultats sont en faveur d'une importante variabilité génétique de l'âge de première maturation sexuelle. Cette variabilité, exploitée généralement pour améliorer la précocité sexuelle, pourrait l'être également par une sélection, pour une maturation sexuelle tardive, visant à décaler d'au moins un an (mâles matures à 3 ans et femelles à 4 ans) la date de première maturation, en maintenant les aptitudes à la croissance de la souche. Les femelles issues d'une telle sélection pourraient d'ailleurs être utilisées pour réaliser des descendance monosexes et combiner ainsi l'avantage des deux opérations

## II - LA STÉRILITÉ

La stérilité est au sens propre l'impossibilité pour un individu d'avoir une descendance. Il faut cependant distinguer deux types de stérilité :

- Celle caractérisée par une gonade peu ou pas développée, ne fournissant pas de gamètes ;
- Celle (appelée parfois infertilité) dans laquelle les gonades se développent normalement, mais fournissent des gamètes morphologiquement normaux, mais inviables, les développements embryonnaires obtenus à partir de tels gamètes avortant très rapidement.

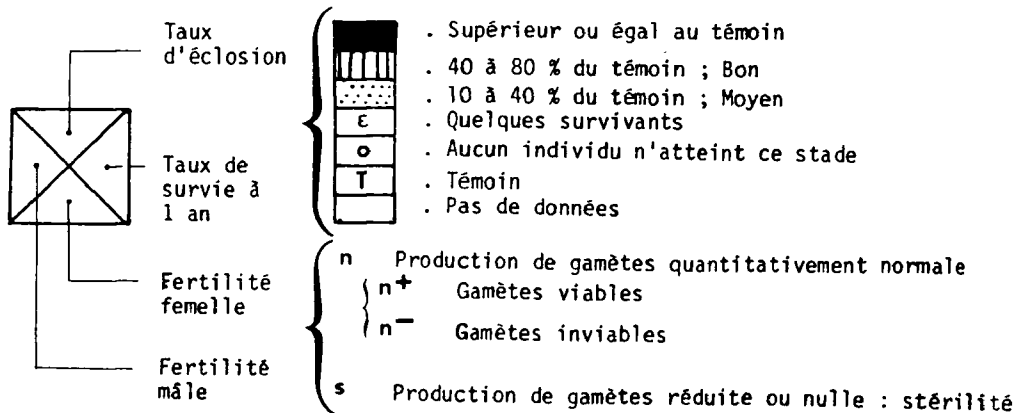
L'utilisation de ces deux types de stérilité est en effet assez différente. Elles permettent toutes deux de contrôler efficacement des peuplements en milieu naturel ou en aquiculture extensive, mais seul le premier type (faible développement de la gonade) conduit éventuellement à un gain économique en aquiculture intensive en favorisant une croissance plus régulière, un meilleur indice de carcasse (tableau 1) (poids de l'animal éviscéré/poids total) et une plus grande souplesse de gestion, les animaux pouvant être commercialisés à n'importe quelle taille et période en fonction de la demande du marché.

Pour obtenir la stérilité, la castration chirurgicale, classique chez certains mammifères, n'est bien sûr pas envisageable en dehors du laboratoire. Nous n'insisterons pas non plus sur certaines techniques, encore à leurs débuts, comme auto-immunisation (LAIRD et al., 1978). Trois techniques apparaissent envisageables :

### 1. L'hybridation interspécifique

La stérilité des hybrides, classique chez les vertébrés supérieurs, n'apparaît pas une règle générale chez les poissons et doit faire l'objet d'une recherche systématique (Fig. 3). D'autre part, on peut trouver chez les hybrides les deux types de stérilité précédemment décrits. Ainsi l'hybride carpe commune ♀ (*Cyprinus carpio*) x carpe argentée ♂ (*Hypophthalmichthys molitrix*) fournit des descendants viables et fertiles, tous de sexe femelle ou hermaphrodite. Cependant, les gamètes obtenus ne donnent lieu à aucun développement viable, même en croisement avec l'une des espèces parentales. L'absence de croissance de la gonade s'observe par contre chez certains hybrides de Salmonidés (Fig. 4). Il en résulte, surtout chez les femelles, une amélioration notable de l'indice de carcasse (Tableau 1). Ces hybrides doivent cependant présenter une viabilité et une croissance voisine de celle des espèces parentales pour être économiquement exploitables (CHEVASSUS, 1979).

♀ \ ♂	OMBLE CHEVALIER	OMBLE DE FONTAINE	TRUITE FARIO	SAUMON ATLANTIQUE	TRUITE ARC-EN-CIEL	SAUMON CHINOOK	SAUMON COHO
OMBLE CHEVALIER ( <i>Salvelinus alpinus</i> )	T	n <sup>+</sup> n <sup>+</sup>	s s	ε ε	o		
OMBLE DE FONTAINE ( <i>Salvelinus fontinalis</i> )	n <sup>+</sup> n <sup>+</sup>	T	ε ε	o	o		
TRUITE FARIO ( <i>Salmo trutta</i> )	s s	s s	T	n <sup>-</sup> n <sup>-</sup>	o		o
SAUMON ATLANTIQUE ( <i>Salmo salar</i> )	ε ε	ε ε	n <sup>-</sup> n <sup>-</sup>	T	o		o
TRUITE ARC-EN-CIEL ( <i>Salmo gairdneri</i> )	o	ε ε	ε ε	ε ε	T		ε
SAUMON CHINOOK ( <i>Oncorhynchus tsawyscha</i> )						T	n <sup>+</sup> ε
SAUMON COHO ( <i>Oncorhynchus kisutch</i> )		o	o	o	o		T



**Fig. 3 : Viabilité et fertilité chez quelques hybrides de Salmonidés**  
(D'après CHEVASSUS, 1979)

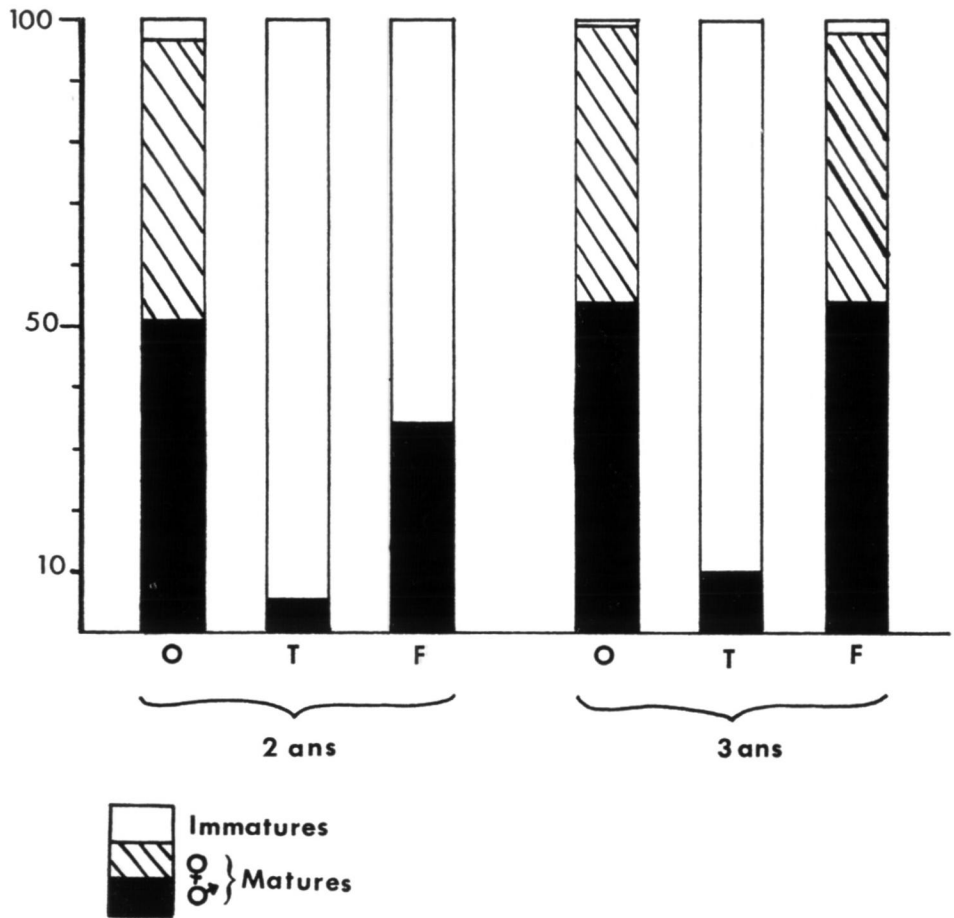


Fig. 4 : Taux d'animaux matures à 2 et 3 ans chez les hybrides « Tiger » comparativement aux espèces parentales (d'après SUSUKI et FUKUDA, 1973).  
O : Ombre de fontaine, T = Tiger ; F = Truite fario.

Poids du corps éviscéré  
 Tableau 1 - Indice de carcasse ( $\frac{\text{Poids du corps éviscéré}}{\text{Poids total}}$ ) chez les hybrides  
 Tiger et les espèces parentales à 3 ans (d'après SUSUKI et  
 FUKUDA, 1973).

Sexe	Groupe	Poids moyen (g)	Poids moyen des gonades (g)	Index de carcasse (%)
Femelles	Ombles de fontaine	814	160	76,9
	Tiger	505	0,5	93,2
	Truite fario	435	76	79,5
Mâles	Ombles de fontaine	864	19	92,8
	Tiger	509	3,5	93,5
	Truite fario	490	13	94,0

Un certain nombre de ces hybrides de Salmonidés sont actuellement étudiés en eau douce et en mer, notamment au Canada (SUTTERLIN et *al.*, 1977), en Norvège (REFSTIE et GJEDREM, 1975) et en France (BLANC et CHEVASSUS, 1979). Dès maintenant, il semble que les croisements suivants puissent donner des résultats intéressants:

— Truite fario (*Salmo trutta*) ♀ x Omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) ♂, hybride commercialisé par les norvégiens sous le nom de « Broding » ;

— Truite fario ♀ x Omble de fontaine ♂ (*Salvelinus fontinalis*), connu sous le nom de « Tiger » (Fig. 5) ;

— Saumon atlantique (*salmo salar*) x Omble chevalier, hybride qu'il semble possible d'obtenir en utilisant le saumon atlantique comme mâle ou comme femelle.

Ces différents hybrides semblent présenter à partir du stade alevin une survie et une croissance égale ou même supérieure à la moyenne des espèces parentales (Fig. 6). Il semble par contre qu'une mortalité assez importante



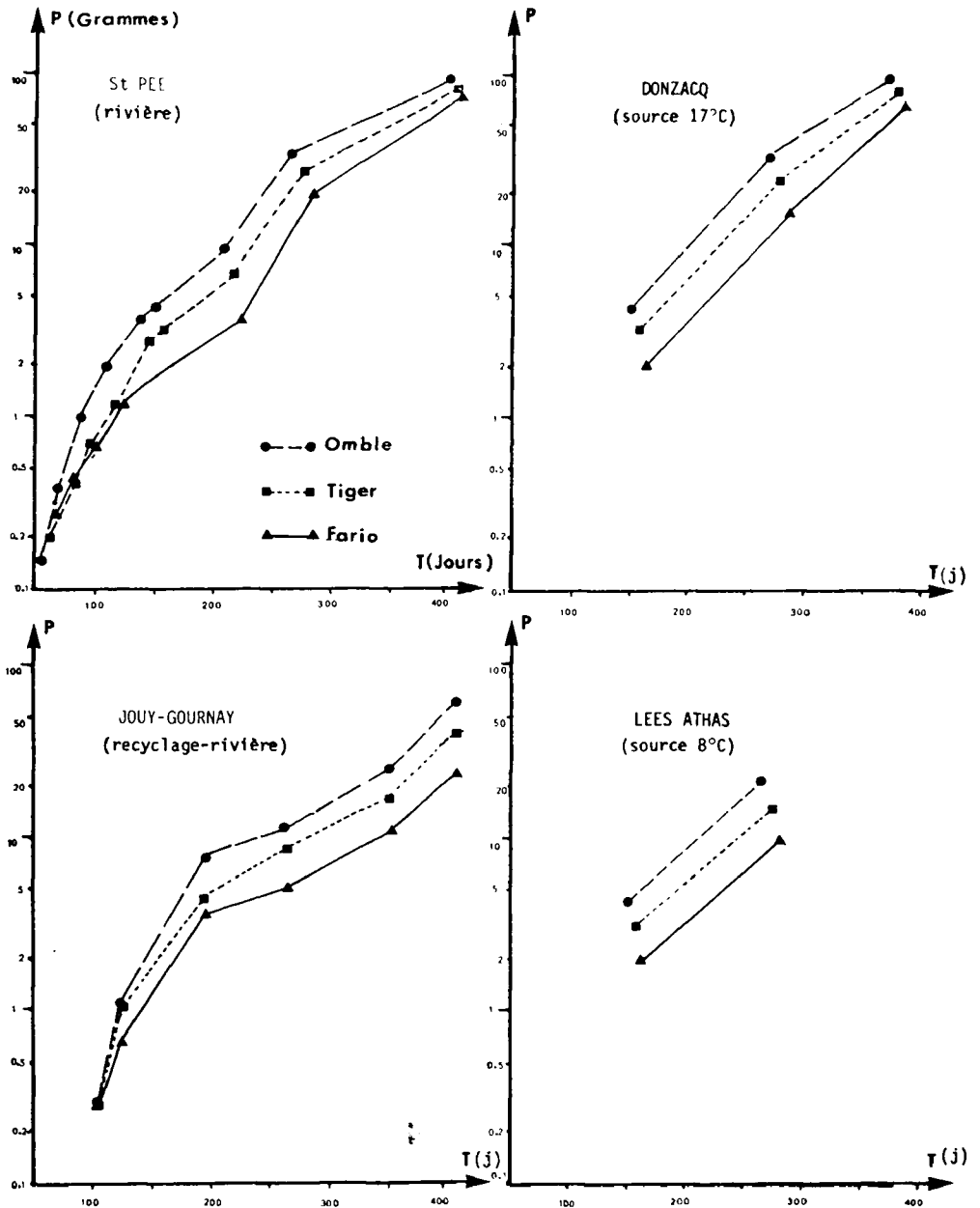


Fig. 5 : Croissance des hybrides et des témoins

existe à l'éclosion et jusqu'au début de l'alimentation (tableau 2), mortalité qui représente sans doute une perte économique assez faible, mais qui nécessite un travail plus important pendant cette période. Ces hybrides peuvent en outre se heurter à des difficultés de commercialisation, liées notamment à leur absence de dénomination et de cotation sur le marché. Leur intérêt pour la production d'animaux de grande taille doit donc être précisé.

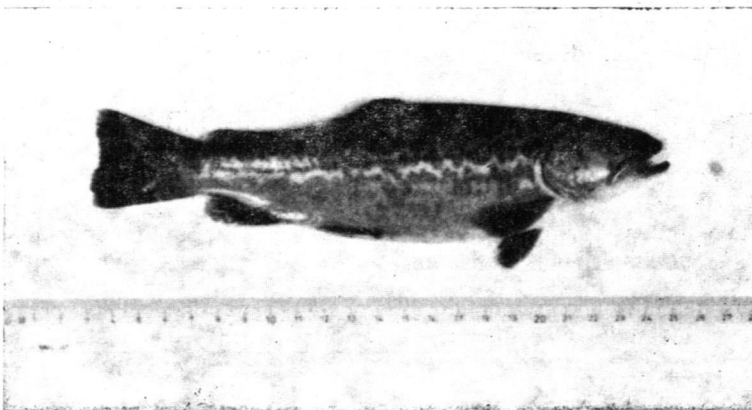


Fig. 6 : L'hybride « Tiger » (malgré des mortalités notables au cours du premier alevinage) peut représenter, du fait de sa stérilité, une solution intéressante pour la production d'animaux de grande taille (Courtoisie de G. CHOUBERT, INRA)

Tableau 2 - Pourcentage de survie de l'hybride Tiger (♀ truite fario x ♂ saumon de fontaine) au cours de la première année, comparativement aux espèces parentales (BLANC et CHEVASSUS, non publié). L'hybride est affecté par une forte mortalité au cours de l'éclosion et pendant la résorption embryonnaire. Ultérieurement, sa survie, testée dans 3 piscicultures, est intermédiaire ou supérieure aux espèces parentales.

Période Groupe	de la fécondation au stade œillé	du stade œillé à 100 jours	de 100 jours à 1 an		
			DON- ZACQ (1)	ST PEE (2)	LEES ATHAS (3)
Omble de fontaine	87,1	68,3	44,6	63,1	91,2
Hybride	78,0	8,8	72,3	41,2	88,3
Truite fario	95,5	65,5	50,1	19,8	60,5

(1) pisciculture sur sources 17°C constants

(2) pisciculture sur rivière 8-23°C

(3) pisciculture sur source 8°C constants

## 2. L'irradiation

La destruction précoce des cellules germinales par une exposition aux rayonnements  $\gamma$  a été utilisée chez divers poissons (PURDOM, 1973), la difficulté étant de trouver des doses d'irradiation efficaces n'affectant pas la croissance et la survie des individus.

Chez les Salmonidés, une étude japonaise (TASHIRO, 1972) semble définir un tel compromis : pour des doses de 500 rad appliqués sur les œufs au stade œillé, le taux d'individus immatures à 2 ans est considérablement augmenté, sans que la survie et la croissance des individus n'apparaissent perturbées (tableau 3). Une telle étude serait à confirmer, l'irradiation à grande échelle d'œufs au stade œillé étant aisément réalisable.

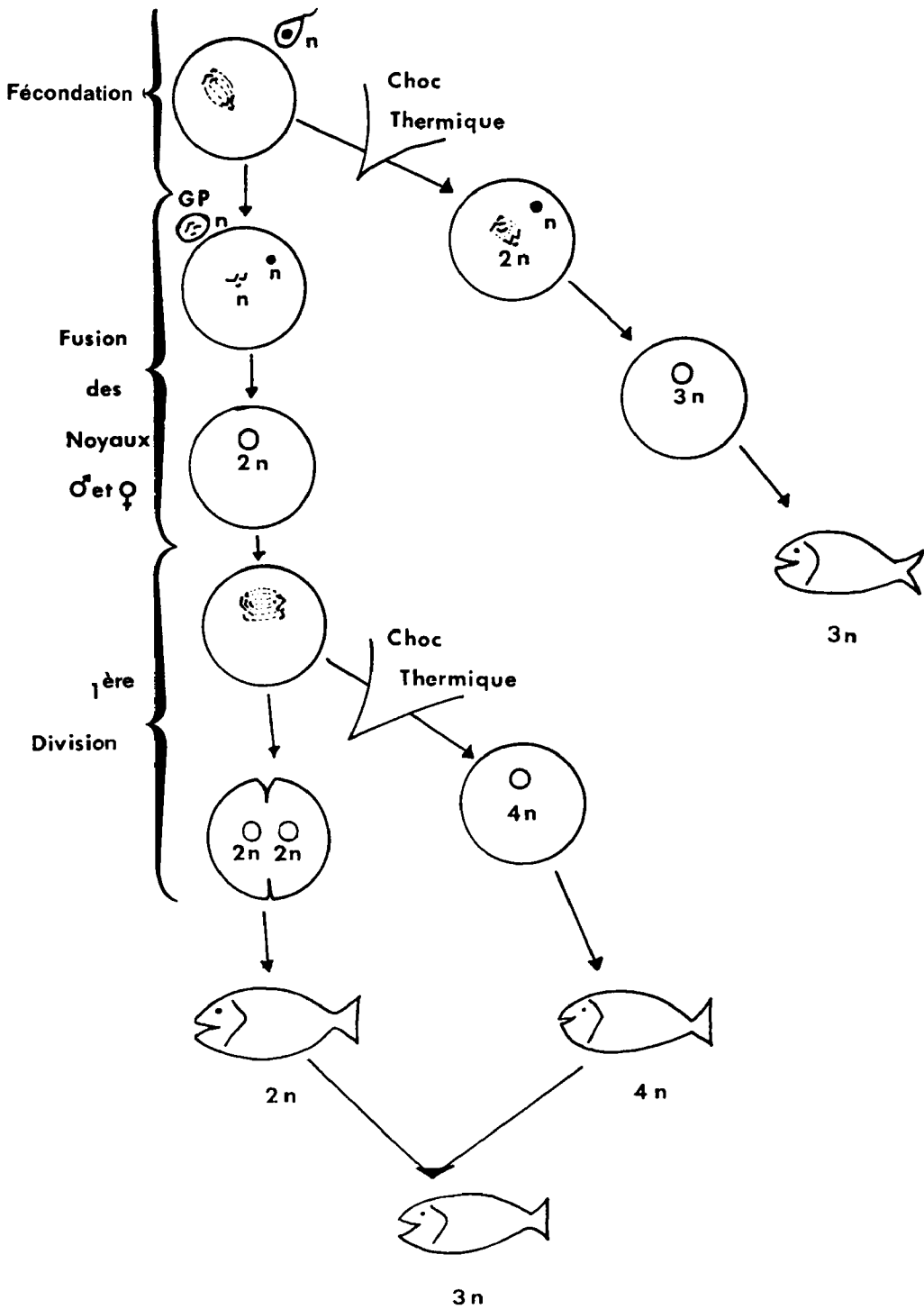
Tableau 3 - Taux d'animaux maturants à deux ans dans des lots ayant reçu au stade œillé une irradiation aux rayons  $\gamma$ .

Dose reçue, (Rad)	Répartition des animaux de 2 ans			Poids moyen (en % d'écart au témoin)
	♂ matures	♀ matures	immatures	
0 (témoin)	43,7	33,3	23,0	--
100	37,3	24,1	38,6	- 35 %
200	48,5	29,3	22,2	+ 15 %
400	25,6	15,3	59,1	+ 27 %
500	13,4	7,5	79,1	- 16 %
600	12,4	3,6	84,0	+ 11 %

## 3. La triploïdie

Nous avons vu que, dans le cas de la gynogenèse, un choc thermique appliqué après stimulation de l'ovule par un spermatozoïde inactivé permettait de restaurer l'état normal diploïde (présence de chaque chromosome en double exemplaire). De tels traitements, appliqués cette fois-ci sur des ovules normalement fécondés, ont permis d'obtenir selon les cas, soit des triploïdes, soit des tétraploïdes (présence de chaque chromosome à 3 ou 4 exemplaires).

Ces interventions réalisées initialement chez les amphibiens l'ont été pour la première fois chez les poissons par SWARUP (1956). Les triploïdes pouvaient notamment fournir des individus stériles, du fait de la constitution chromosomique anormale de leurs cellules sexuelles. PURDOM (1972) a en effet obtenu chez la Plie de tels triploïdes dont la gonade était extrêmement réduite et ne contenait que quelques gamètes anormaux. Par contre, l'induction de la triploïdie chez la carpe, réalisée récemment en Hongrie, ne semble pas conduire à une inhibition aussi notable. D'autre part, l'induction directe de la triploïdie par chocs thermiques semble souvent délicate, notamment chez les Salmonidés. Une autre voie développée en Norvège (REFSTIE *et al.*, 1977) vise à obtenir d'abord des individus tétraploïdes qui seraient recroisés ensuite sur des diploïdes normaux pour fournir des triploïdes (Fig. 7) Les premiers résultats ne fournissent pas d'individus tétraploïdes, mais seulement des embryons « mosaïques » présentant un mélange de cellules diploïdes et tétraploïdes. L'observation récente (ALLEN et STANLEY, 1978) d'une stérilité des individus mosaïques de saumon de fontaine a ravivé l'intérêt pour ce type d'approche.



**Fig. 7 : Induction de la triploïdie chez les Poissons**  
L'application d'un choc thermique (ou d'un traitement chimique approprié) immédiatement après la fécondation ou avant la première division peut permettre d'obtenir soit des triploïdes soit des tétraploïdes (GP : globule polaire, émis par l'ovule après la fécondation et correspondant à l'achèvement de la méiose).

Le caractère relativement simple des méthodes utilisées pour induire la polyploidie semble compatible avec une utilisation éventuelle à grande échelle et permet d'envisager une transposition à différentes espèces.

Le type de stérilité liée à l'état triploïde ou mosaïque reste cependant à définir très précisément.

## CONCLUSIONS

Nous avons examiné un certain nombre de méthodes permettant un contrôle de la reproduction chez les Salmonidés. Certaines, techniquement opérationnelles (inversion sexuelle, longues photopériodes, hybridation) se heurtent à un certain nombre de limitations biologiques ou économiques. D'autres, plus prometteuses (sexage génétique, sélection, triploidie) seraient donc à développer pour fournir à l'aquiculture une technique simple et efficace qui peut représenter dans certains cas une des clés de la rentabilité économique.

## RESUME

Lorsque la maturation sexuelle s'accompagne d'une baisse de la rentabilité économique, l'application de méthodes visant à retarder ou à inhiber définitivement la gamétogenèse peut constituer une solution intéressante :

- La production d'animaux à maturation tardive peut être attendue de techniques modifiant les facteurs environnementaux (photopériodes artificielles) ou la structure génétique (sélection).
- Trois méthodes conduisant à la stérilité sont actuellement à l'étude : dans certains cas, les hybrides interspécifiques sont stériles, mais leurs performances commerciales doivent être satisfaisantes ; la destruction des cellules germinales par les rayons ionisants et la polyploidie induite auraient sans doute une portée plus générale si toutefois leur efficacité était démontrée.

## SUMMARY

When sexual maturation provokes a decrease in profitability, the applying of methods, that delay or definitely inhibit gametogenesis, may constitute an interesting solution :

- Production of late maturing animals may be attempted from technics that modify environmental factors (artificial photoperiod) or genetical structure (selection).
- Three methods leading to sterility are studied for the moment : in some cases interspecific hybrids are sterile but their commercial performances must be proved satisfying ; the destroying of germinal cells by ionizing radiations or the induced polyploidy could be efficient in more general situations.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN S.K., STANLEY J., 1978. Reproductive sterility in polyploid brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 473-478.
- ALLISON L.N., 1951. Delay of spawning in eastern brook trout by means of artificially prolonged light intervals. *Progve Fish Cult.*, 13, 111-116.
- BIENIARZ K., 1973. Effect of light and darkness on incubation of eggs, length, weight and sexual maturity of sea trout (*Salmo trutta* L.), brown trout (*Salmo trutta* fario L.) and rainbow trout (*Salmo irideus* Gibbons). *Aquaculture*, 2, 299-315.
- BLANC J.M., CHEVASSUS B., 1979. Interspecific hybridization of salmonid fishes. I - Hatching and survival up to the 15th day after hatching in F<sub>1</sub> generation hybrids. *Aquaculture*,
- CHEVASSUS B., 1979. Hybridization in Salmonids : Results and perspectives. *Aquaculture*, 17, 113-128.
- GJEDREM T., 1976. Possibilities for genetic improvements in salmonids. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33, 1094-1099.
- HOOVER E.E., 1937. Experimental modification of the sexual cycle in trout by control of light. *Science N.Y.*, 86, 425-426.
- LAIRD L.M., ELLIS A.E., WILSON A.R., HOLLIDAY F.G.T., 1978. The development of the gonadal and immune systems in the atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and a consideration of the possibility of inducing autoimmune destruction of the testis. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18, 1101-1106.
- LEWIS R.C., 1944. Selective breeding of rainbow trout at Hot Creek Hatchery. *California Fish and Game*, 30, 95-97.
- MC INTYRE J.D., 1975. Heritability of body length, early maturity, and yield for big creek coho salmon, 13th Pacific Science Congress, Record of proceeding, 1, 59-60.
- NAEVDAL G., HOLM M., LEROY R., MOLLER D., 1975. Variation in age at sexual maturity in rainbow trout. *ICES, C.M. 1975/M 23*, 1-7.
- NAEVDAL G., HOLM M., MOLLER D., OSTHUS O.D., 1976. Variation in growth rate and age at sexual maturity in atlantic salmon. *ICES C.M. 1976/E 40*, 1-10.
- PURDOM C.E., 1972. Induced polyploidy in plaice (*Pleuronectes platessa*) and its hybrid with the flounder (*Platichthys flesus*). *Heredity*, 29, 11-24.
- PURDOM C.E., WOODHEAD D.S., 1973. Radiation damage in fish. In : *Genetics and Mutagenesis of fish*. Springer Verlag Ed., Berlin.
- PYLE E.A., 1969. The effect of constant light or constant darkness on the growth and sexual maturity of brook trout. *Fish Res. Bull. N.Y.*, 31, 13-19.
- REFSTIE T., GJEDREM T., 1975. Hybrids between salmonidae species hatchability and growth rate in the freshwater period. *Aquaculture*, 6, 333-342.
- REFSTIE T., VASSVIK V., GJEDREM T., 1977. Induction of polyploidy in salmonids by cytochalasin B. *Aquaculture*, 10, 65-74.

- SUSUKI R., FUKUDA Y., 1973. Sexual maturity of F1 hybrids among salmonid fishes. Bull. Fresh. Fish Lab. Tokyo, 23, 57-74.
- SUTTERLIN A.M., PETERSON R.H., SREEDHARAN A., 1977. Growth, physiology and behaviour of salmonid hybrids. ICES C.M. 1977/M 24, 1-19.
- SWARUP H., 1956. Production of heteroploidy in the three spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) Nature, 178, 1124-1125.
- TASHIRO F., 1972. Effects of irradiation 60 Co gamma-ray on the maturation of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 38, 793-797.

— Publication d'un fascicule « Compte rendu des exposés du Cycle d'Enseignement Hydrobiologie Appliquée », organisé à l'Ecole Vétérinaire de Lyon en 1977-78.

Fascicule édité par le Cercle des Etudiants ENV LYON et G. KECK, Maître-Assistant ENV LYON.

Sommaire :

Ecologie des eaux douces	Prof. E. PATTEE Université Cl. Bernard, LYON 1.
Pollution des eaux	G. KECK, Maître-Assistant ENV LYON
Océanographie et pêches maritimes	Docteur Vétérinaire R. MOAL SCET International
Aquaculture Pathologie des animaux marins	Docteur Vétérinaire G. TIXERANT C.O.B. BREST
Pathologie des Salmonidés en élevage	Docteur Vétérinaire P. DE KINKELIN I.N.R.A.
Technologie et surveillance sanitaire des produits de la pêche	Docteur Vétérinaire Y. LAGOIN Direction de la Qualité

Ce fascicule est disponible pour une somme de 30 francs. (chèque bancaire)

Demandes à adresser à : Cercle des Etudiants ENV LYON

Monsieur MULLER  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON  
MARCY L'ETOILE  
69260 CHARBONNIERES LES BAINS