



HAL
open science

Influence de quelques facteurs de l'environnement sur la fonction de reproduction chez les poissons

Roland Billard, Christian Gillet

► **To cite this version:**

Roland Billard, Christian Gillet. Influence de quelques facteurs de l'environnement sur la fonction de reproduction chez les poissons. Cahiers du Laboratoire d'Hydrobiologie de Montereau, 1984, 15, pp.45-54. hal-01600610

HAL Id: hal-01600610

<https://hal.science/hal-01600610>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

Influence de quelques facteurs de l'environnement sur la fonction de reproduction chez les poissons

Influence of some environmental factors on the reproduction of fish

R. Billard * et C. Gillet **

Les poissons, comme la plupart des êtres vivants qu'ils soient animaux ou végétaux sont soumis à des facteurs environnementaux extrêmement variés et variables. Tout d'abord, l'eau constitue un milieu original tant par ses composantes physiques (turbidité, courant, vagues, substrat comme la présence de gravier), chimiques (gaz dissous, salinité, pH) que biologique (présence de végétation, environnement social, disponibilités alimentaires, agents pathogènes). Les facteurs climatiques communs à tous les êtres vivants affectent profondément la vie des poissons; il s'agit essentiellement de la température (niveau et fluctuation) et de la lumière (changement de photopériode, intensité, longueur d'onde) mais d'autres facteurs comme la pression atmosphérique, les marées, le vent, (qui interfèrent avec la végétation et la formation de vagues) ont aussi leur importance. Les poissons sont également soumis à l'influence de l'homme qui est devenu une des composantes essentielles de l'environnement; son action sur le poisson s'exerce directement dans le cas de la domestication et même dans le cas de la gestion de populations dans le milieu naturel ou bien indirectement dans le cas des pollutions ou des modifications de l'environnement.

Nous allons examiner dans cette revue quelques-unes des exigences environnementales que requiert la fonction de reproduction des poissons. Les éléments sont en grande partie repris d'une revue par Billard *et al.* (1981).

1 — Photopériode et température

Ces deux facteurs de l'environnement sont parmi les plus importants et ont déjà été débattus (de Vlaming, 1974; Billard et Breton, 1977, 1978 —

Gillet *et al.*, 1977a). Ils ne seront que sommairement développés ici et feront l'objet d'une analyse plus approfondie ultérieurement en relation avec les possibilités de contrôle du cycle reproducteur.

Le facteur thermique est naturellement le plus important car les poissons ne vivent que dans des limites bien précises de température lesquelles vont varier selon les espèces. Hokasson (1977) a divisé les poissons vivant en zones tempérées en trois groupes selon leurs exigences thermiques. (Tableau 1). La distinction est basée sur la température léthale et l'optimum physiologique. Les exigences thermiques concernant la reproduction sont susceptibles de varier selon les espèces et même les populations. Les exigences générales sont données pour diverses étapes de la reproduction dans le tableau 1. Pour le groupe des sténothermes, essentiellement représenté par les salmonidés, la gamétogénèse se déroule en été à une température qui n'excède généralement pas 20 °C; la phase finale du cycle, c'est-à-dire la maturation ovocytaire et la libération des gamètes (ovulation, spermiation) a lieu en automne ou au printemps.

Il semble que la truite arc-en-ciel, au moins certains écotypes, présente des exigences minimales pour l'ovulation. C'est ainsi que des populations européennes ou américaines importées en Pologne ne présentent plus d'ovulation lorsque la température descend au-dessous de 5 °C; l'ovulation ne se produit alors que lorsque la température se trouve supérieure à 5-8 °C au printemps. La fécondation se produit dans une large gamme de températures (0 à 20-25 °C) (Billard et Gillet, 1976) mais à 0 °C le pourcentage de fécondation est sensiblement plus faible. Les exigences thermiques du développement embryonnaire sont plus strictes entre 5 et 15 °C au moins au début de l'embryogénèse (jusqu'à la gastru-

Tableau 1 — Classification de différents groupes de poissons d'eau douce, en fonction de leurs exigences thermiques. Effets de la température et de la photopériode sur leur gamétogénèse et la fraie.

Classification	Température léthale	Optimum physiologique	Gamétogénèse			Fraie		Espèces
			saison	tempér.	Photop.	saison	tempér.	
Sténothermes	26 °C	20 °C	été	20 °C	∖	fin du printemps	5-15 °C	Salmonidés
Mésothermes	28-34 °C	20-28 °C	été à hiver	12 °C	∖	printemps	2-23 °C	Percidés, Brochet
Eurythermes	34 °C	28 °C	été et printemps	10-12 °C	∕	printemps et été	15-18 °C	Cyprinidés

* INRA, Laboratoire de Physiologie des Poissons 78350 Jouy-en-Josas, France.

** Station d'Hydrobiologie Lacustre 74203 Thonon-les-Bains, France.

lation). D'autres espèces ont des exigences thermiques voisines comme la morue ou le bar.

Dans le groupe des mésothermes, les exigences thermiques pour la gamétogénèse sont sensiblement plus faibles, 12-15 °C mais la libération des gamètes, et la fraie va varier selon les espèces jusqu'à 2 °C pour le brochet (Diana et Mackay, 1979) à 20 °C et plus pour la perche. La fécondation du brochet peut se dérouler dans un éventail de température allant de 5 à 13 °C. Chez les eurythermes parmi lesquels on trouve les cyprinidés, un certain niveau thermique est nécessaire pour la gamétogénèse (> 10-12 °C) et la fraie (> 15-18 °C).

Les exigences photopériodiques sont moins strictes. Dans les conditions naturelles la gamétogénèse des sténothermes et des eurythermes se déroule en photopériode décroissante mais cette condition n'est pas toujours impérative car pour certains écotypes de salmonidés, des individus apparaissent matures en juin (Nomura et Takashima, comm. personnelle).

De même pour des nombreux cyprinidés la photopériode croissante sous laquelle se produit normalement la gamétogénèse n'apparaît que facilitante mais n'est pas absolument indispensable.

En conclusion, la température et la photopériode sont les éléments déterminants pour la reproduction des poissons des zones tempérées. Les changements circannuels de photopériode interviennent principalement sur les processus à long terme, tel le déroulement de la gamétogénèse, tandis que les fluctuations de température influencent à court terme les étapes finales du cycle reproducteur, comme la spermiation, la maturation ovocytaire, l'ovulation et l'oviposition. Une interaction température-photopériode intervient lors de l'ovulation chez le poisson rouge (Stacey *et al.*, 1979a et b).

2 — La qualité de l'eau

La qualité physico-chimique de l'eau, qui comprend des facteurs tels : le pH, la quantité d'oxygène dissous, la salinité, est un élément primordial dans la survie des animaux aquatiques. Certains de ces facteurs peuvent avoir un effet critique sur la reproduction.

Le pH : les effets des eaux acides sur la physiologie du poisson sont maintenant bien connus (revue de Fromm, 1980). Les pH faibles diminuent la fécondité et la fertilité des œufs chez *Pimephales promelas* (Mount, 1973), *Jordanella floridae* (Ruby *et al.*, 1977, Craig and Baski, 1977) (Fig. 1-2), l'omble de fontaine *Salvelinus fontinalis* (Menendez, 1976), et perturbent la phase finale du cycle reproducteur : Beamish (1976) note que le déclenchement de la ponte n'intervient pas dans les eaux acides chez *Catostomus commersoni*. Les effets de pH bas sont enregistrés également sur les stades ultérieurs de la reproduction : fertilisation des œufs (Billard, 1980) embryogénèse (Daye et Garside, 1980) et l'éclosion (Johansson *et al.*, 1973, Mount, 1973; Peterson *et al.*, 1980). Egalement chez *Catostomus*, les eaux acides provoquent une réponse

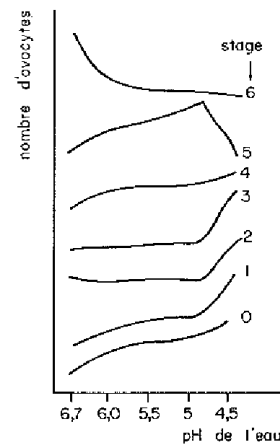


Figure 1. — Influence du pH de l'eau sur l'ovogénèse de *Jordanella floridae* (d'après Ruby *et al.*, 1977).

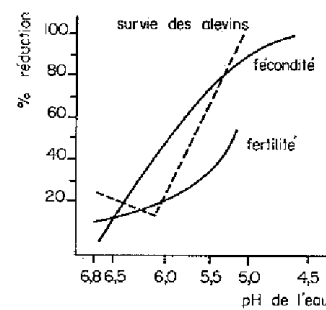


Figure 2. — Effet du pH de l'eau d'élevage des parents sur leur fécondité et la qualité des produits sexuels (fertilité et survie) (d'après Craig et Baski, 1977).

alimentaire réduite, et des pertes de poids qui peuvent interférer avec la reproduction (Beamish, 1972).

Oxygène dissous

Peu d'informations sont disponibles sur les effets directs de faibles taux d'oxygène dissous sur la reproduction. Cependant, on note une diminution du poids des gonades chez le poisson rouge (Gillet *et al.*, 1980) (Fig. 3) et un blocage de la fraie chez *Pimephales promelas* à des taux d'oxygène dissous inférieurs à 1 mg O₂/l (Brungs, 1971) et chez *Pomoxis nigromaculatus* à des taux d'oxygène dissous de 2 à 4 mg d'O₂/l (Siefert and Herman, 1977; Carlson and Herman, 1978).

Salinité

Chez les espèces euryhalines, plusieurs stades du processus reproducteur sont inhibés en eau douce. Ainsi en Israël, le mulot *Mugil cephalus* ne se reproduit pas s'il est stocké en eau douce. Le développement ovarien est inhibé chez la femelle gardée en étang et l'ovulation est bloquée dans le lac Kinnereth (Abraham et Blanc, 1966; Blanc et Abraham, 1968; Eckstein, 1975). Stequert (1972) rapporte que *Mugil labrosus* fraie normalement en eaux douces dans le bassin d'Arcachon. Le même

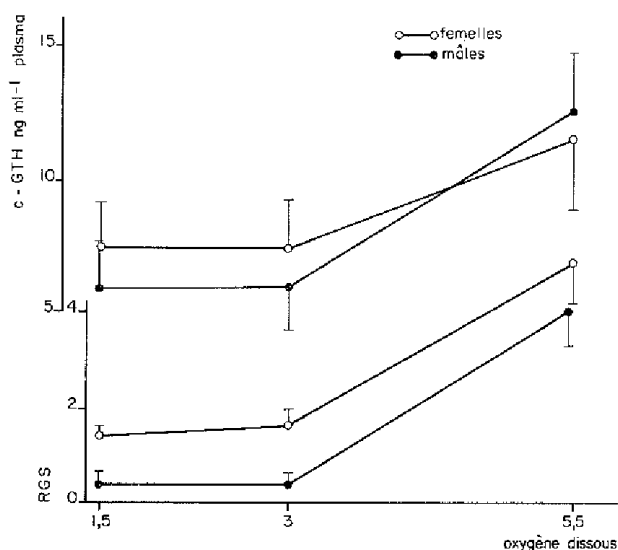


Figure 3. — Evolution du poids des gonades (RGS) et de la gonadostimuline plasmatique (GTH) en relation avec le taux d'oxygène dissous chez le carassin (mg/l).

auteur indique que chez le loup *Dicentrarchus labrax* confiné en eau douce à ce même endroit, la maturation ovocytaire et l'ovulation ne se produisent pas. Cependant, il semble qu'une spermatogénèse complète suivie de la spermiation aient lieu chez le loup mâle placé à un très faible taux de salinité (1 à 2 ‰, Roblin 1980).

3 — La végétation aquatique

Des travaux récents sur l'ovulation du poisson rouge ont permis de mettre en évidence l'influence d'un autre facteur du milieu aquatique sur la reproduction : il s'agit de la végétation. Stacey *et al.*, (1979a) ont montré que chez *Carassius auratus* l'ovulation intervient spontanément lorsque les femelles sont placées en eaux stagnante ou courante, mais avec présence de végétation aquatique (Tableau 2). Les résultats sont à rapprocher de ceux obtenus en Chine (Lecomte, communication personnelle) dans la pratique de l'induction de ponte chez les poissons herbivores par injection d'HCG ou d'un analogue LRH. Au cours de ces opérations, les géniteurs femelles sont replacés en étang après l'injection, et la ponte survient naturellement dans ce milieu. Par ce même procédé d'induction de ponte, des pourcen-

tages d'ovulation élevés sont rapportés en Yougoslavie chez la carpe commune, avec des doses extrêmement faibles d'extraits hypophysaires injectées (Marcel, 1980).

4 — Quelques effets des polluants

Les nombreux polluants présents maintenant dans l'environnement sont extrêmement nocifs sur le déroulement de la gamétogénèse et la reproduction des poissons. Des études globales montrent que la fécondité des poissons est réduite dans un environnement pollué (Zalewski, 1979). Parfois, la dépression de reproduction observée dans des eaux polluées ne peut être attribuée à un facteur particulier, mais plutôt à une synergie entre plusieurs sources de pollution (Dean et Bailey, 1979).

Les métaux pouvant altérer ou inhiber les différentes phases du cycle reproducteur sont nombreux et variés : sélénium (Cumbie et Van Horn, 1979), cuivre (Benoît, 1975) mercure (Kihlstrom *et al.*, 1971) de même que des huiles de vidange (Hedtke et Puglisi, 1980) et des pesticides : PCB (Nebeker *et al.*, 1974; Bengtsson, 1980), parathion (Billard et de Kinkelin, 1970), DDT (Fig. 4) (Macek, 1968a et b; Saxena et Garg, 1978). De plus, les pesticides accumulés dans les ovules ont un effet néfaste sur les stades ultérieurs de leur développement, comme l'embryogénèse, l'éclosion et l'élevage larvaire (Burdick *et al.*, 1964, 1972). Les géniteurs truite alimentés à une concentration subléthale de DDT se montrent plus sensibles aux phénomènes de stress, et les mortalités enregistrées chez des poissons exposés au DDT sont dues à une interaction entre les résidus

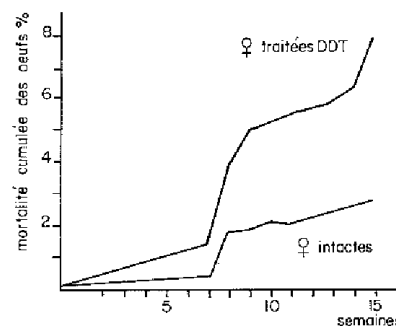


Figure 4. — Influence du DDT administré aux femelles en vitellogénèse sur la mortalité de la descendance au cours du début du développement (d'après Macek, 1968a).

Tableau 2 — Influence de différents paramètres environnementaux sur l'ovulation du poisson rouge placé sous une photopériode de 12L-12N (température initiale pour tous les groupes expérimentaux : 12 °C) (d'après Stacey *et al.*, 1979a)

Groupe	Température	Eau courante	Eau stagnante	Végétation aquatique	Présence ⁽¹⁾ de mâles	% de femelles ovulées
1	12 °C	—	+	+	+	0
2	21 °C	—	+	+	+	100
3	21 °C	+	—	+	+	100
4	21 °C	+	—	—	—	30
5	21 °C	+	—	+	—	100
6	21 °C	+	—	—	+	12

⁽¹⁾ présence de mâles présentant un comportement de reproduction.

de DDT et des facteurs variés comme le « stress physiologique » associé à la période de fraie.

Les métaux et pesticides sont particulièrement toxiques pour les gamètes qui sont libérés directement dans le milieu aqueux lors de la fécondation (Fig. 5). Cet aspect de la pollution n'a pas reçu jusqu'ici l'attention qu'il mérite et un effort de recherche reste nécessaire portant non seulement sur les micropolluants, mais aussi sur des produits couramment employés dans la pratique piscicole comme le vert malachite, le zinc, le cuivre, les anesthésiques, etc.

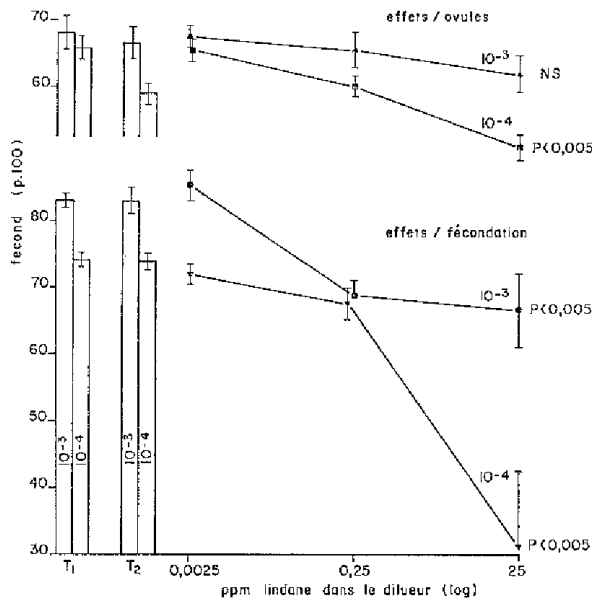


Figure 5. — Effet du lindane mélangé au dilueur d'insémination sur la survie des ovules et le pourcentage de fécondation (Billard, non publié).

5 — Les niveaux alimentaires

La nourriture disponible dans le milieu est un autre facteur important pouvant intervenir dans la reproduction des poissons. Ainsi un manque de nourriture conduit à une diminution de la fécondité chez la plie (Bagenal, 1966), les salmonidés (Scott, 1962, Bagenal, 1969), le gardon (Kuznetsov et Khalitov, 1978) et le guppy (Dahlgren, 1979) (Fig. 6). Une sous-alimentation des femelles a généralement pour conséquence une diminution du nombre d'œufs mais pas une réduction de leur taille. Cependant, une diminution du diamètre des œufs de truites fario sous-alimentées s'accompagne d'une diminution de la fécondité absolue, mais d'une augmentation de la fécondité relative (Fig. 7). Le problème des disponibilités alimentaires lié à la surface du territoire, peut être différent chez le mâle et la femelle. Une diminution de la fécondité de la truite arc-en-ciel peut aussi être attribuée à une infestation de copépodes (Gall *et al.*, 1972). D'autre part la qualité des aliments peut interférer avec la qualité des gamètes; par exemple des travaux japonais montrent que la survie embryonnaire et le pourcentage d'éclosion

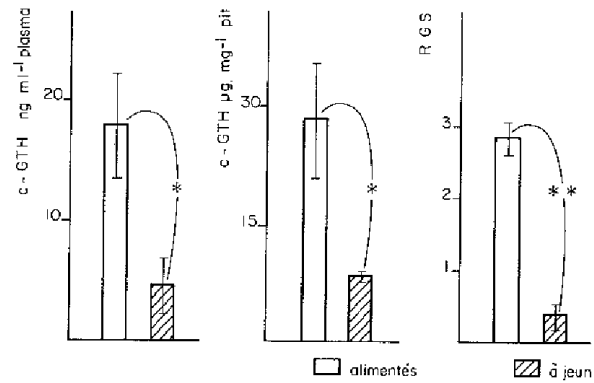


Figure 6. — Une réduction de l'alimentation pendant 3 mois se traduit aussi chez le carassin par une diminution significative des gonadostimulines hypophysaire et plasmatique, ainsi que du poids des gonades (Gillet, non publié).

sont plus élevés lorsque des géniteurs carpes ont reçu une alimentation enrichie en acides gras essentiels (Shimma *et al.*, 1977).

6 — Les effets des manipulations

L'homme est générateur de nombreux facteurs de « stress » spécialement chez les poissons élevés en captivité. Les poissons sont confinés, capturés à l'aide de filet, pêche électrique et parfois poison. Ils subissent des transports, transferts, manipulations, traitements pharmaceutiques, des changements dans la qualité et le débit de l'eau, toutes ces opérations provoquant des dommages physiques et des réponses variées du métabolisme et du contrôle endocrinien des grandes fonctions.

Nous n'avons pas d'informations détaillées sur les effets de ces manipulations sur la reproduction. Dans une étude réalisée en 1960, Vincent note que l'omble domestiqué (prélevé en pisciculture depuis 90 ans) est moins sensible, en terme de mortalité, à des concentrations de métabolites accumulés dans l'eau et aux températures élevées que l'omble sauvage, lequel présente de son côté plus d'endurance à la nage. La population « domestiquée » présente une meilleure croissance en pisciculture mais des mortalités plus fortes en rivières en comparaison avec des populations résidentes. Une conséquence typique de manipulation est donnée par de Montalembert *et al.*, (1978) qui montrent une inhibition de l'ovulation suivie d'atrésie folliculaire après quelques jours de captivité chez le brochet (Fig. 8).

D'autres effets de la manipulation sur la reproduction ont été rapportés. L'exemple du mulot *Mugil cephalus* (Abraham et Blanc, 1966) est intéressant : l'ovogénèse ne se déroule pas en étang en eau douce, probablement à cause du confinement, mais elle est normale dans les lacs. Si les poissons sont gardés en eau douce, ils n'ovulent pas; par contre, l'ovogénèse et l'ovulation s'accomplissent normalement chez les poissons élevés en eau salée, excepté chez les individus placés en étang, ce qui souligne l'effet négatif du confinement. Scott, (1979) mentionne que le transfert de *Phoxinus* femelle d'un environnement

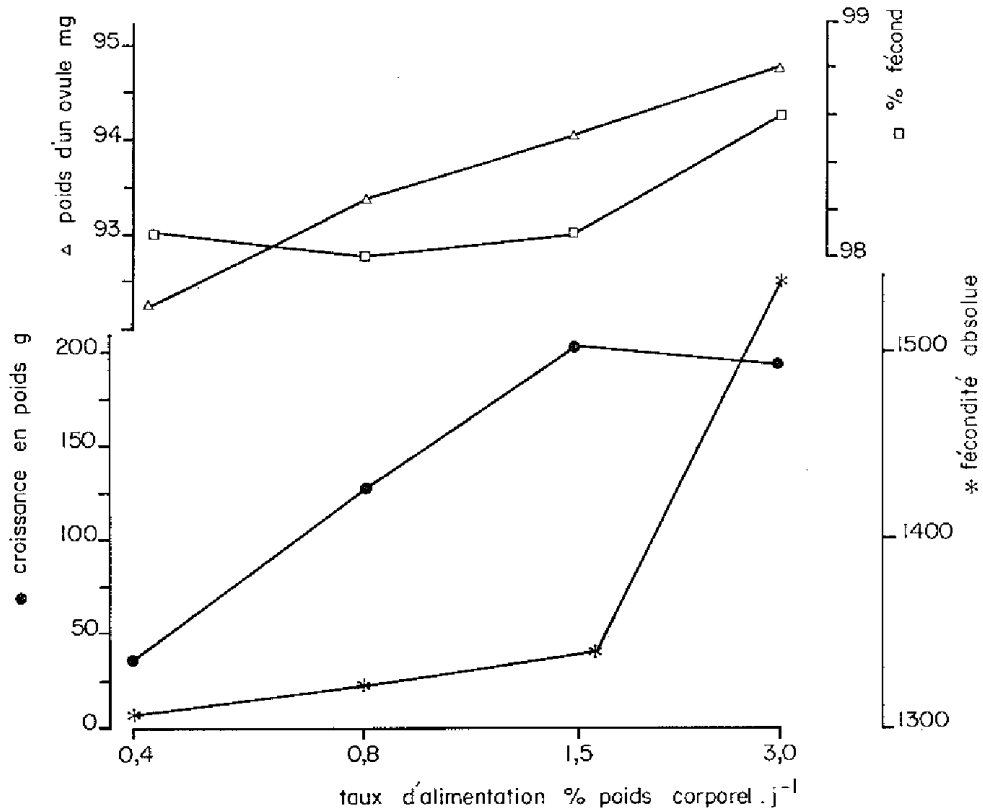


Figure 7. — Influence du taux d'alimentation sur la croissance corporelle, la fécondité et fertilité chez la truite fario.

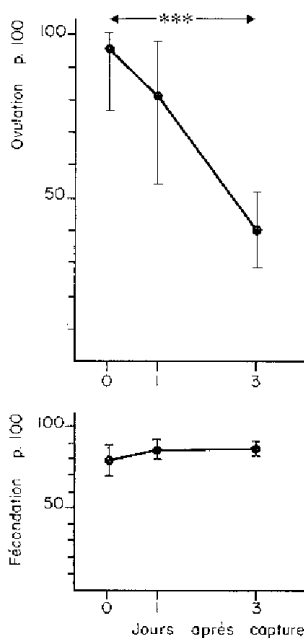


Figure 8. — Réduction du taux d'ovulation (nombre de femelles ovulées) et de la fertilité des ovules de femelles brochet « hypophysées » après des temps croissants suivant la capture.

naturel dans un aquarium provoque en quelques jours une atresie massive des ovocytes en vitellogénèse.

Une diminution des pourcentages de fécondation (Marriot, 1973) ou d'embryons viables (Godfrey, 1957; Marriot, 1973) est rapportée chez des femelles

ayant subi un choc électrique. Pourtant la fécondité n'est pas affectée chez la truite arc-en-ciel immature soumise à un courant pulsatif (Maxfield *et al.*, 1971).

7 — Interaction entre les différents facteurs

Plusieurs des facteurs mentionnés ci-dessus ont été testés indépendamment. Des études récentes ont essayé de montrer les interactions pouvant exister entre ces différents facteurs, en affectant le poisson dans la nature et influençant la reproduction. Un exemple de ces interactions est donné par Scott (1979) qui, reprenant l'expérience de Bullough (1939, 1942), chez *Phoxinus phoxinus* montre que le stade final de la vitellogénèse peut être stimulé par allongement de la photopériode à la fin du printemps. Scott (1979) observe également une augmentation du RGS sous une photopériode croissante, seulement lorsque la température d'élevage est élevée. Le RGS atteint alors 10 % et 10 % des ovocytes sont en vitellogénèse. Les valeurs relevées dans la nature sont cependant plus hautes : 12 à 14 % et 20 % respectivement. Une augmentation similaire a été obtenue après un passage de 8 h à 15 h de lumière, étalé sur une semaine en février-mars.

Des observations écologiques montrent que, lorsque la température est inférieure à 8 °C, l'espèce *Phoxinus* reste dans une obscurité relative, cachée sous les pierres, durant la journée. A une température supérieure, il nage en eau libre et se trouve ainsi brusquement exposé à une photopériode plus longue.

Dans la nature, les changements de comportement de *Phoxinus* à l'égard de la température influencent donc directement le développement de la vitellogénèse. Ce processus ne peut être obtenu dans des expérimentations conventionnelles de laboratoire où les changements de l'environnement imposés sont sans rapport avec ceux survenant dans la nature. D'autres exemples montrant l'interaction de plusieurs facteurs environnementaux sur la reproduction des poissons ont été rapportés par Stacey *et al.*, (1979a et b) qui expérimentent sur l'ovulation et l'oviposition du poisson rouge. Dans un premier temps, ces auteurs observent qu'un choc chaud induit l'ovulation, laquelle est synchronisée avec la photopériode : sous un régime lumineux de 16 L-8 N, l'ovulation intervient toujours dans la dernière moitié de la période sombre, quel que soit le moment du jour où le passage des animaux à 20 °C est réalisé (Stacey *et al.*, 1979a). Il est également montré que l'ovulation est influencée par la température et la végétation aquatique (paragraphe 3; tableau 2). Les variations nyctémérales de sécrétion d'hormone gonadotrope (c-GTH) présentent un pic en début du nyctémère, ce pic dépend à la fois de la photopériode et du niveau d'alimentation chez le carassin : en jours courts et à jeun le pic est fortement atténué (Fig. 9). Une complémentarité de deux stimuli, l'un visuel, l'autre chimique a été démontrée chez *Pterophyllum scalare* (Chien, 1973). Un autre type de stimuli a été identifié dans le cas du *Tilapia* chez lequel la vitesse du courant de l'eau influence les activités de fraie (Maruyama et Nagashima, 1978).

8 — Environnement social

La surpopulation est susceptible de modifier la fécondité des poissons indépendamment du problème des disponibilités alimentaires. C'est ainsi que Ball (1960) fait état d'atrésie folliculaire et d'inhibition de vitellogénèse chez les Poecilidés. La pression

sociale peut être directe (agression) ou indirecte via phéromone. Différents facteurs chimiques sont en effet capables de réduire la fécondité (Rose, 1959), d'inhiber la fraie (Swingle, 1953; Greene, 1964; Whiteside et Richan, 1969; Yv et Perlemuter, 1970, Chew, 1972), de réduire la croissance, l'activité cardiaque et la durée de vie et d'augmenter les mortalités embryonnaires (Yv et Permuter, 1970). Les phéromones interviennent aussi de façon positive sur la reproduction : par exemple un facteur émis par le mâle de *Brachydanio* stimule l'ovulation et limite les effets répressifs des métabolites (Chen et Martinich, 1975). Des phéromones sont impliquées dans la migration (revues par Solomon, 1977 et Saglio, 1979a) et dans l'attraction de sexes (Newcome et Hartman, 1973, Emanuel et Dodson, 1979; Saglio, 1979b pour revue).

9 — Le problème des maladies

Les poissons élevés en captivité, ainsi que ceux soumis à des facteurs environnementaux stressants sont plus sensibles aux maladies. Bejerano *et al.* (1979) rapportent une mortalité importante dans un élevage de « silvercarp » après manipulations et stockage en étang de fraie (Meyer, 1979). Les poissons peuvent également être plus sensibles aux manipulations et changements de l'environnement à différentes phases de leur vie. Ainsi, les salmonidés mâles sont plus vulnérables aux mycoses pendant la période de reproduction. En condition d'élevage intensif, beaucoup de changements physiologiques interviennent chez le poisson : on peut noter une hypersensibilité immunitaire chez le *Tilapia* (Henderson-Arzapalo *et al.*, 1980) et souvent des altérations anatomiques et biochimiques dans la composition corporelle (Love pour revue, 1970).

Les traitements appliqués pour lutter contre les maladies peuvent en soi interférer avec la fonction de reproduction; par exemple, la distribution d'anti-

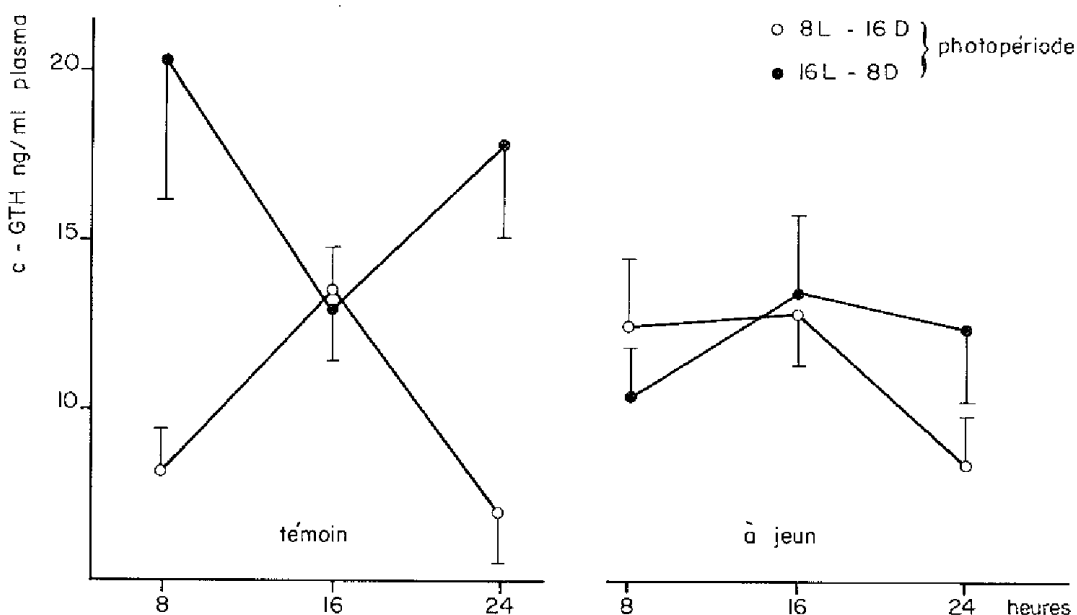


Figure 9. — Un autre exemple d'interaction entre divers facteurs environnementaux est donné par une expérience de Gillet *et al.*, 1981 montrant que les variations des niveaux circulants de GTH observés sur le carassin intact sont modifiées après jeûne.

biotiques dans l'alimentation des géniteurs est de nature à altérer la vitellogenèse et la qualité des ovules (Decew, 1972).

Conclusions

Il apparaît donc que de nombreux facteurs de l'environnement vont influencer positivement ou négativement les diverses étapes de la reproduction (Tabl. 3). Les espèces qui se reproduisent au printemps ayant des œufs de petite taille et de courte durée d'incubation voient leur période de ponte mise en phase avec une augmentation de la richesse alimentaire du milieu, liée à des changements climatiques comme la température ou la saison des pluies. La dépendance aux facteurs environnementaux n'est probablement pas très stricte. Des facteurs endogènes ont aussi leur importance et peuvent aboutir à des reproductions à contre saison (cas de la truite qui devient mature en été); dans ces conditions la descendance a peu de chance de survivre (température trop élevée pour le développement embryonnaire, nourriture insuffisante à l'éclosion), mais la reproduction suivante, si elle intervient en hiver, aura plus de chance d'être couronnée de succès.

Les effets des divers facteurs de l'environnement vont donc dépendre de l'état physiologique et sanitaire de l'animal, de l'époque de l'année ou même de la journée, du degré de domestication, et vont interférer avec des facteurs endogènes. Quelques facteurs de l'environnement examinés ont des effets franchement négatifs sur la reproduction, mais ils sont d'identification relativement facile et par conséquent faciles à prévenir (exemple des manipulations excessives dans le cas du Brochet). Souvent l'addition de facteurs défavorables, qui pris individuellement n'auraient pas de conséquences graves, peut conduire à une inhibition partielle ou totale de la fonction de reproduction (notion de syndrome environnemental).

Les actions à entreprendre dans le futur devraient conduire à mieux définir les conditions optimales pour la reproduction en relation avec les autres fonctions et à adapter les conditions d'élevage ou de

gestion aux différents rythmes physiologiques des poissons. Il faut enfin envisager d'isoler, voire de créer, des populations ou des souches adaptées aux différents usages que l'homme souhaite faire du poisson, par exemple pour l'élevage (intensif, extensif), ou le repeuplement.

Remerciements

Cette revue a été réalisée dans le cadre d'une convention de recherches avec l'Electricité de France.

Références

- ABRAHAM M., BLANC N., 1966. — Oogenesis in five species of grey mullets (Teleostei, Mugilidae) from natural and landlocked habitats. *Israel J. Zool.*, 15, 155-172.
- BAGENAL T.B., 1966. — The ecological and geographical aspects of the fecundity of the plaice. *J. mar. biol. Ass. UK*, 46, 161-186.
- BAGENAL T.B., 1969. — The relationship between food supply and fecundity in brown trout *Salmo trutta* L. *J. Fish Biol.*, 1, 167-182.
- BEAMISH R.J., 1972. — Lethal pH for the white sucker *Carostomus commersoni* (Lacépède). *Trans. Am. Fish Soc.*, 355-358.
- BEAMISH R.J., 1976. — Acidification of lakes in Canada by acid precipitation and resulting effects on fishes. *Water Air and Soil Poll.*, 6, 501-514.
- BEJERANO Y., SARIG S., HORNE M.T., ROBERTS R.J., 1979. — *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) associated with bacterial infection following handling. *J. Fish Dis.*, 2, 49-56.
- BENGTSSON B.E., 1980. — Long-term effects of PCB (clophen A 50) on growth, reproduction and swimming performance in the minnow, *Phoxinus phoxinus*. *Water Research*, 14, 681-687.
- BENOIT D.A., 1975. — Chronic effects of copper on survival, growth, and reproduction of the bluegill (*Lepomis macrochirus*). *Trans. Am. Fish Soc.*, 104, 353-358.
- BILLARD R., 1980. — Reproduction and artificial insemination in teleost fish. 9th Int. Congr. Anim. Reprod. Madrid. Vol. II, 327-337.
- BILLARD R., de KINKELIN P., 1970. — Stérilisation des testicules de guppies par des doses non léthales de parathion. *Ann. Hydrobiol.*, 1, 91-99.
- BILLARD R., GILLET C., 1976. — Effets de la température sur la fécondation et la survie des gamètes chez la truite Arc-en-ciel *Salmo gairdneri*. *Bull. Fr. Pisc.*, 259, 53-65.

Tableau 3 — Conséquences de modifications de quelques facteurs environnementaux sur différentes phases de la reproduction

Facteurs de l'environnement et leur variation	GTH	Stéroïdes	gamétogénèse	Maturation ovocytaire ovulation	Fécondité	Fertilité (survie post-embryonnaire)
pH de l'eau ✓			✓		✓	✓
Végétation aquatique (suppression)				✓		
Disponibilités alimentaires ✓	✓		✓			✓
O ₂ dissous ✓	✓		✓			
Environnement social (surpopulation)			✓	✓	✓	✓
Capture manipulation	→	→ E ₂	✓	✓		✓
polluants		✓ T	✓			✓

- BILLARD R., BRETON B., 1977. — Sensibilité à la température des différentes étapes de la reproduction chez la truite arc-en-ciel. *Cahiers Lab. Montereau*, 5, 5-24.
- BILLARD R., BRETON B., 1978. — Rhythms of reproduction in teleost fish. 31-53. In THORPE J.E., Rhythmic activity of fishes, Academy Press, London, New York, San Francisco.
- BILLARD R., de FREMONT M., 1980. — Taux d'alimentation pendant la gamétogenèse et performance de reproduction chez la Truite fario. *Bull. Fr. Pisc.*, 279, 49-56.
- BILLARD R., BRY C., GILLET C., 1981. — Stress, Environment and Reproduction in teleost fish. 185-208, In Stress in Fish (Ed. A.D. Pickering), Academic Press London, New York).
- BLANC N., ABRAHAM M., 1968. — Evaluation du pouvoir gonadotrope dans l'hypophyse de *Cyprinus carpio* et *Mugil cephalus*. *C.R. Acad. Sci. Paris, Série D*, 267, 958-961.
- BRUNGS W.A., 1971. — Chronic effects of low dissolved oxygen concentrations on the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 20, 1119-1123.
- BULLOUGH W.S., 1939. — A study of the reproduction cycle of the minnow in relation to the environment. *Proc. zool. Soc. Lond.*, 109 A, 79-102.
- BULLOUGH W.S., 1942. — Gametogenesis and some endocrine factors affecting it in the adult minnow (*Phoxinus laevis* L.). *J. Endocr.*, 3, 211-219.
- BURDICK G.E., HARRIS E.J., DEAN H.J., WALKER T.M., SKEA J., COLBY D., 1964. — The accumulation of DDT in lake trout and the effect on reproduction. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 93, 127-136.
- BURDICK G.E., DEAN H.J., HARRIS E.J., SKEA J., KARCHER R., FRISA C., 1972. — Effect of rate and duration of feeding DDT on the reproduction of salmonid fishes reared and held under controlled conditions. *N.Y. Fish Game J.*, 19, 99-115.
- CARLSON A.R., HERMAN L.J., 1978. — Effect of long-term reduction and diel fluctuation in dissolved oxygen on spawning of black crappie, *Pomoxis nigromaculatus*. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 742-746.
- CHEW R.L., 1972. — The failure of largemouth bass, *Micropterus salmoides floridanus* (LE SUEUR), to spawn in eutrophic, over-crowded environments. Proc. 26th Ann. Cong. South Ass. Game Fish Comm., 1-28.
- CHEN L.C., MARTINICH R.L., 1975. — Pheromonal stimulation and metabolite inhibition of ovulation in the zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Fish Bull.*, 73, 889-894.
- CHIEN A.K., 1973. — Reproductive behaviour of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Pisces: Cichlidae) II. Influence of male stimuli upon the spawning rate of females. *Anim. Behav.*, 21, 457-463.
- CRAIG G.R., BAKSI W.F., 1977. — The effects of depressed pH on flagfish reproduction, growth and survival. *Water Research*, 11, 621-626.
- CUMMBIE P.M., VAN HORN S.L., 1979. — Selenium accumulation associated with fish mortality and reproductive failure. Proc. Ann. Conf. S.E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies, 32, 612-624.
- DAHLGREN B.T., 1979. — The effects of population density on fecundity and fertility in the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). *J. Fish Biol.* 15, 71-91.
- DAYE P.G., GARSIDE E.T., 1980. — Structural alterations in embryos and alevins of the Atlantic salmon, *Salmon salar* L., induced by continuous or short-term exposure to acidic levels of pH. *Can. J. Zool.*, 58, 27-43.
- DEAN J., BAILEY H., 1979. — Reproductive repression of largemouth bass in a heated reservoir. Proc. Annual Conf. S.E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies, 31, 463-470.
- DECEW M.G., 1972. — Antibiotic toxicity, efficacy and theratogenicity in adult spring chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *J. Fish. Res. Biol. Board Can.*, 29, 1513-1517.
- DIANA J.S., MACKAY W.C., 1979. — Timing and magnitude of energy deposition and loss in the body, liver, and gonads of northern pike (*Esox lucius*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 36, 481-487.
- ECKSTEIN B., 1975. — Possible reasons for the infertility of grey mullets confined to fresh water. *Aquaculture*, 5, 9-17.
- EMANUEL M.E., DODSON J.J., 1979. — Modification of the rheotropic behavior of male rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by ovarian fluid. *J. Fish Res. Board Can.*, 36, 63-68.
- FROMM P.O., 1980. — A review of some physiological and toxicological responses of freshwater fish to acid stress. *Env. Biol. Fish.* 5, 79-93.
- GALL G.A.E., Mc CLENDON E.L., SCHAFER W.E., 1972. — Evidence on the influence of the copepod (*Salmincola californiensis*) on the reproductive performance of a domesticated strain of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, 2, 345-346.
- GILLET C., BILLARD R., BRETON B., 1977a. — Influence de la température sur la reproduction du poisson rouge (*Carassius auratus* L.) *Cahiers Lab. Montereau*, 5, 25-42.
- GILLET C., BILLARD R., BRETON B., 1981. — La reproduction du poisson rouge *Carassius auratus* élevé à 30 °C. *Cahiers Lab. Montereau*, 11, 49-56.
- GODFREY H., 1957. — Mortalities among developing trout and salmon ova following shock by direct current electrical fishing gear. *J. Fish Res. Board Can.*, 14, 153-164.
- GREENE N., 1964. — A reproduction control factor in fishes. Auburn university. Ph. D. Zoology, 58 pp.
- HEDTKE S.F., PUGLISI F.A., 1980. — Effects of waste oil on the survival and reproduction of the American flagfish, *Jordanella floridae* Can. *J. Fish Aquat. Sci.* 37, 757-764.
- HENDERSON-ARZAPALO A., STICKNEY R.R., LEWIS D.H., 1980. — Immune hypersensitivity in intensively cultured *Tilapia* species. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 109, 244-247.
- HOKANSON K.E.F., 1977. — Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. *J. Fish Res. Board Can.*, 10, 1524-1550.
- JOHANSSON N., KIHLMSTROM J.E., WAHLBERG, 1973. — Low pH values shown to affect developing fish eggs *Brachydanio rerio* (Hasanbuch). *Ambio*, 2, 1-2.
- KIHLMSTROM J.E., LANDERY C., HULTH L., 1971. — Number of eggs and young produced by zebrafishes (*Brachydanio rerio*, Ham-Buch). Spawning in water containing small amounts of Phenylmercuric acetate. *Env. Res.*, 4, 355-359.
- KUZNETSOV V.A., KHALITOV N.Kh., 1978. — Alterations in the fecundity and egg quality of the roach, *Rutilus rutilus* in connection with different feeding conditions. *J. Ichtyol.*, 18, 63-70.
- LOVE R.M., 1970. — The chemical biology of fishes. Academic press London and New York.
- MACEK K.J., 1968a. — Reproduction in brook trout (*Salvelinus fontinalis*) Fed Sublethal concentration of DDT. *J. Fish. Res. Board Can.*, 25, 1787-1796.
- MACEK K.J., 1968b. — Growth and resistance to stress in brook trout fed sublethal levels of DDT. *J. Fish Res. Board Can.*, 25, 2243-2451.
- MARCEL J., 1980. — La pisciculture d'étang en Yougoslavie. *Pisc. Fr.*, 60, 13-19.
- MARRIOTT R.A., 1973. — Effects of electric shocking on fertility of mature pink salmon. *Progr. Fish Cult.*, 35, 191-194.
- MARUYAMA T., NAGASHIMA K., 1978. — Effect of water current on growth and spawning activity of *Tilapia nilotica*. *Bull. Freshwat. Fish Res. Lab., Tokyo*, 28, 210-210.
- MAXFIELD G.H., LANDER R.H., LISCOM K.L., 1971. — Survival, growth, and fecundity of hatchery-reared rainbow trout after exposure to pulsating direct current. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 3, 546-552.
- MENENDEZ R., 1976. — Chronic effects of reduced pH on brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, 118-123.
- MEYER F.P., 1979. — The role of stress in fish diseases. *South Coop. Ser.*, 225, 7-9.
- DE MONTALEMBERT G., BRY C., BILLARD R., 1978. — Control of reproduction in northern pike. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.*, 11, 217-225.
- MOUNT D.I., 1973. — Chronic effect of low pH on fathead minnow survival growth and reproduction. *Water Research*, 7, 987-993.
- NEBEKER A.V., PUBLISI F.A., DEFOE D.L., 1974. — Effect of polychlorinated biphenyl compounds on survival and reproduction of the fathead minnow and flagfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 103, 562-568.
- NEWCOMBE C., HARTMAN G., 1973. — Some chemical signals in the spawning behaviour of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish Res. Board Can.*, 30, 995-997.
- ROBLIN C., 1980. — Etude comparée de la biologie du développement (gonadogenèse, croissance, nutrition) du loup (*Dicen-*

- trarchus labrax*) en milieu naturel et en élevage contrôlé. Acad. de Montpellier 272 pp. Thèse 3^e cycle, Univ. Sci. Techn. Languedoc.
- PETERSON R.H., DAYE P.G., METCALFE J.L., 1980. — Inhibition of atlantic salmon (*Salmo salar*) hatching at low pH. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 770-774.
- ROSE S.M., 1959. — Population control in guppies. *Amer. Midl. Nat.*, 62, 474-481.
- RUBY S.M., ACZEL J., CRAIG G.R., 1977. — The effects of depressed pH on oogenesis in flagfish *Jordanella floridae*. *Water Research*, 11, 757-762.
- SAGLIO P., 1979a. — Communication chimique et migration reproductrice chez les salmonidés. *Bull. Fr. Pisc.*, 275, 72-82.
- SAGLIO P., 1979b. — Interactions sociales chez les poissons : les phéromones. *Bull. Fr. Pisc.*, 273, 173-184.
- SAXENA P.K., GARG M., 1978. — Effect of insecticidal pollution on ovarian recrudescence in the fresh water teleost *Channa punctatus*. *Ind. J. Exp. Biol.*, 16, 689-691.
- SCOTT D.P., 1962. — Effect of food quantity on fecundity of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. Fish. Res. Board Can.*, 19, 715-730.
- SCOTT D.B.C., 1979. — Environmental timing and the control of reproduction in teleost fish. *Symp. Zool. Soc. London*, 44, 105-132.
- SHIMMA Y., SUZUKI R., YAMAGUCHI M., AKIYAMA T., 1977. — On the lipids of adult carps raised on fish meal and SCP feeds, and hatchabilities of their eggs. *Bull. Fresh Fish Res. Lab.*, 27, 35-48.
- SOLOMON D.J., 1977. — A review of chemical communication in freshwater fish. *J. Fish Biol.*, 11, 369-376.
- STACEY N.E., COOK A.F., PETER R.E., 1979a. — Spontaneous and gonadotropin induced ovulation in the goldfish, *Carassius auratus* L. effects of external factors. *J. Fish Biol.*, 15, 349-361.
- STACEY N.E., COOK A.F., PETER R.E., 1979b. — Ovulatory surge of gonadotropin in the goldfish, *Carassius auratus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 37, 246-249.
- STEUERT B., 1972. — Contribution à l'étude de la biologie du bar (*Dicentrarchus labrax* L.) des réservoirs à poissons de la région d'Arcachon. Thèse 3^e cycle Univ. Bordeaux.
- SWINGLE H.S., 1953. — A repressive factor controlling reproduction in fishes. *Proc. Pacific. Sci. Congr.*, 38, 865-871.
- VINCENT R.E., 1960. — Some influences of domestication upon three stocks of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell). *Trans. Am. Fish Soc.*, 89, 35-52.
- DE VLAMING V.L., 1974. — Environmental and endocrine control of teleost reproduction 13-83, in C.B. SCHRECK, Control of sex in fishes.
- WHITESIDE B.G., RICHAN F.J., 1969. — Repressive factors controlling reproduction in Goldfish. *The Progr. Fish Cult.*, 31-165.
- YU M.L., PERLMUTTER A., 1970. — Growth inhibiting factors in the zebrafish (*Brachydanio rerio*) and the blue gourami (*Trichogaster trichopterus*). *Growth*, 34, 153-175.
- ZALEWSKI M., 1979. — The effect of pollution on the fecundity of roach *Rutilus rutilus* L. from river of berbel regions. 3rd Europ. Ichtyol. Cong. Warszawa.