



**HAL**  
open science

# Effets de la température de la photopériode et des niveaux alimentaires sur la gonadotropine plasmatique et hypophysaire et la gamétogenèse du poisson rouge

Christian Gillet, Roland Billard

## ► To cite this version:

Christian Gillet, Roland Billard. Effets de la température de la photopériode et des niveaux alimentaires sur la gonadotropine plasmatique et hypophysaire et la gamétogenèse du poisson rouge. Cahiers du Laboratoire d'Hydrobiologie de Montereau, 1981, 11, pp.41-48. <hal-01601086>

**HAL Id: hal-01601086**

**<https://hal.science/hal-01601086v1>**

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 CC BY-SA 4.0 - Attribution - ShareAlike - International License

# Effets de la température, de la photopériode et des niveaux alimentaires sur la gonadotropine plasmatique et hypophysaire et la gamétogenèse du Poisson Rouge

*Effects of temperature, photoperiod and food on the plasma and pituitary gonadotropic hormones and on the gametogenesis in the Gold Fish*

G. Gillet \* et R. Billard \*

## Introduction

Chez les Cyprinidés la reproduction a lieu au printemps et se trouve généralement associée à un réchauffement des eaux lequel stimule d'autre part la production de plancton, mettant ainsi en phase l'apparition des larves avec la présence de nourriture dans le milieu. Un réchauffement précoce avance la date de fraie chez la Tanche (*Tinca tinca*, Breton et al. 1975) et chez le Gardon (*Rutilus rutilus*, Mattheeuws, 1977) mais chez plusieurs cyprinidés, comme *Couesius plumbeus* (Ahsan, 1966) et *Carassius auratus* (Gillet et al., 1977a) maintenus en captivité, un réchauffement rapide de la température de l'eau pratiqué en hiver inhibe la gamétogenèse bien que la teneur en c-GTH plasmatique soit stimulée (Gillet et Billard, 1977). La température apparaît donc comme un élément important dans le déterminisme du cycle reproducteur, mais son action va différer selon le stade physiologique du poisson. D'autres facteurs exercent aussi un rôle important dans la nature, et sont susceptibles d'interagir avec la température pour le contrôle de ce cycle. Par exemple, l'allongement de la photopériode en hiver stimule le développement des gonades chez *Lepomis cyanellus* (Kaya et Hasler, 1972) et l'absence de nourriture bloque la spermatogenèse chez *Carassius auratus* (Clemens et Reed, 1967).

Il apparaît donc que de nombreux facteurs de l'environnement interviennent dans le déterminisme du cycle reproducteur et le présent travail étudie l'action de plusieurs facteurs de l'environnement comme la température, la photopériode et les niveaux alimentaires sur la sécrétion gonadotrope et la gamétogenèse d'une espèce de cyprinidé, le poisson rouge *Carassius auratus*. Une partie de ce travail a fait l'objet d'une présentation au Symposium de Paimpont (Gillet et al., 1978).

(\*) Laboratoire de Physiologie des Poissons, I.N.R.A., 78350 Jouy en Josas, France

## Matériel et méthodes

### A - Protocole expérimental

1) Effet de plusieurs régimes thermiques et photopériodiques appliqués à différentes saisons sur diverses phases de la gamétogenèse.

Des poissons rouges femelles, provenant de plusieurs étangs sont élevés aux températures constantes suivantes :

- en automne (19 septembre-15 janvier) à 12 et 20°C
- en hiver (5 janvier-5 mars) à 10 et 20°C
- au printemps (15 mars-15 juin) à 12, 20 et 30°C.

Les températures les plus basses (10, 12 et 17°C) correspondent à celles des étangs d'où proviennent les animaux, aux saisons considérées. 20°C représente la température de l'eau de l'époque de la reproduction de ces animaux et 30°C une valeur élevée proche du maximum thermique toléré par cette espèce. Dans tous les cas, les animaux reçoivent deux régimes photopériodiques 16L-8N et 8L-16N (voir tableau 1 récapitulatif).

Tableau 1 - Résumé du protocole expérimental sur le Carassin (*Carassius Auratus*)

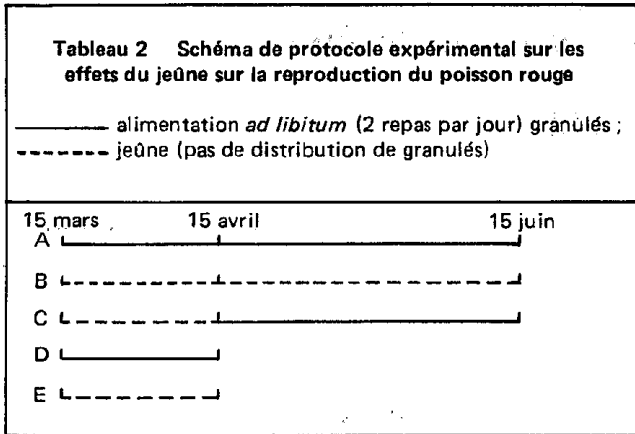
19 SEPTEMBRE	ALTOUME 15 JANVIER	5 JANVIER	HIVER 3 MARS	15 MARS	PR. INTemps	15 JUIN
12°C	16L-8N	10°C	16L-8N	12°C	16L-8N	ALIMENTÉ
	8L-16N		8L-16N		8L-16N	JEUNANT
20°C	16L-8N	20°C	16L-8N	20°C	16L-8N	ALIMENTÉ
	8L-16N		8L-16N		8L-16N	JEUNANT
				30°C	16L-8N	ALIMENTÉ
					8L-16N	JEUNANT

2) Etude du cycle reproducteur en environnement constant :

De septembre jusqu'en juin, des poissons rouges, mâles et femelles sont élevés à 30°C (16L-8N) ou à 12°C (8L-16N).

3) Importance du facteur alimentaire sur le cycle reproducteur de poissons rouges maintenus sous divers régimes thermiques et photopériodiques.

Au printemps (15 mars-15 juin) deux régimes alimentaires sont testés. Des animaux sont nourris *ad libitum*, deux fois par jour et d'autres totalement privés de nourriture, pendant 3 mois (lots A et B) ou pendant 1 mois (lots D et E) (Tableau 2). Un groupe (C) est mis au jeûne pendant un mois puis réalimenté pendant



deux mois afin de tester la réversibilité des effets d'un bas niveau alimentaire. L'expérience est répétée à trois températures (12, 20 et 30°C) et à deux régimes photopériodiques (16L-8N et 8L-16N) (Tableau 1).

### B - Conditions d'élevage

Les bassins d'élevage ont une capacité de 150 litres. L'eau est constamment renouvelée, avec un débit de 0,5 l/mn. Trente animaux d'un poids moyen d'environ 50 g composent chaque lot expérimental. La nourriture est à base de granulés "Aqualim" pour poissons d'étang. Elle est distribuée aux animaux deux fois par jour *ad libitum*.

L'acclimatation aux températures élevées se fait par palliers successifs de 1,5°C/jour. La température est contrôlée avec une précision de 1°C. La photopériode est réglée par des horloges électriques.

### C - Paramètres étudiés

1) L'hormone gonadotrope (équivalent c-GTH).

L'hormone gonadotrope est mesurée par radioimmunologie selon la méthode de Breton et al. (1971). La c-GTH plasmatique est dosée au début et à la fin de chaque expérience en automne et en hiver. Au cours de la période d'acclimation au printemps, des échantillons sanguins sont prélevés tous les trois jours, puis une fois par mois ensuite. Les variations nyctémérales de la c-GTH plasmatique ont été étudiées à l'automne et au printemps. Des prélèvements sanguins ont été réalisés toutes les 8 heures (automne) ou toutes les 4 heures (printemps) au cours d'une même journée. A l'exception des cycles nyctéméraux, les prises de sang sont toujours effectuées le matin, au début de la

période d'éclaircissement. A l'issue des sacrifices réalisés au début et à la fin de chaque expérience, l'hypophyse des animaux est recueillie, puis pesée à  $\pm 0,01$  mg sur une balance Mettler ME 22. Elle est ensuite broyée et diluée dans un tampon véronal-HSA. La charge gonadotrope hypophysaire est ensuite mesurée par radioimmunologie.

2) Le rapport gonadosomatique (RGS : poids des gonades X 100/poids du corps) est établi en fin d'expérience après sacrifice des animaux.

### D - Statistique

Les différentes moyennes sont comparées en analyse de variance à 1 ou 2 facteurs.

## Résultats

### 1 - Effets des divers régimes thermiques et photopériodiques appliqués à différentes saisons sur les niveaux en c-GTH et sur la gamétogenèse

#### A - Evolution de la sécrétion gonadotrope

En automne, la concentration plasmatique en c-GTH reste plus faible chez les animaux élevés à 12°C ( $P < 0,05$ ) par rapport à ceux maintenus à 20°C. Aucun effet de la photopériode n'a pu être décelé aux deux températures testées. Dans tous les cas où les prélèvements ont été réalisés à diverses heures de la journée, le niveau plasmatique en c-GTH reste sensiblement constant au cours du nyctémère (Fig. 1).

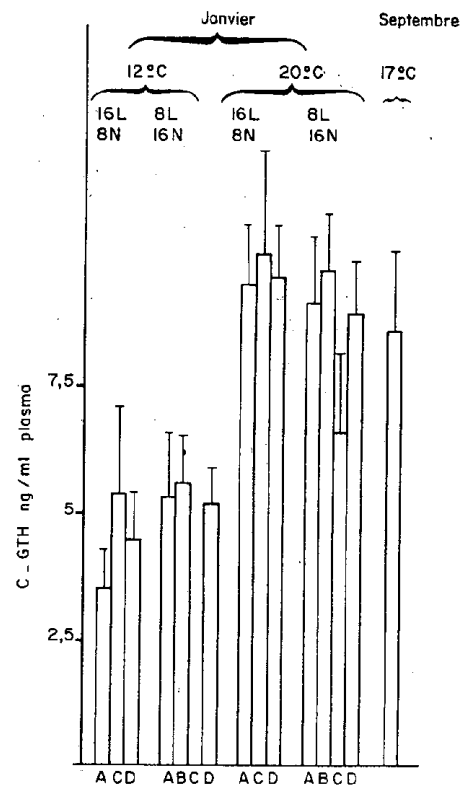


Figure 1. - Teneurs plasmatiques en équivalent c-GTH chez le carassin femelle après exposition à 12 et 20°C et sous deux régimes photopériodiques en septembre (témoins départ) et janvier. Les prélèvements ont été pratiqués à différentes heures après le début de la période claire : 1<sup>ère</sup> heure (A), 8<sup>e</sup> heure (B) 16<sup>e</sup> heure (C). D = moyenne des prélèvements.

En hiver, ni la température ni la photopériode ne provoquent de variations significatives des niveaux gonadotropes plasmatiques (Fig. 2).

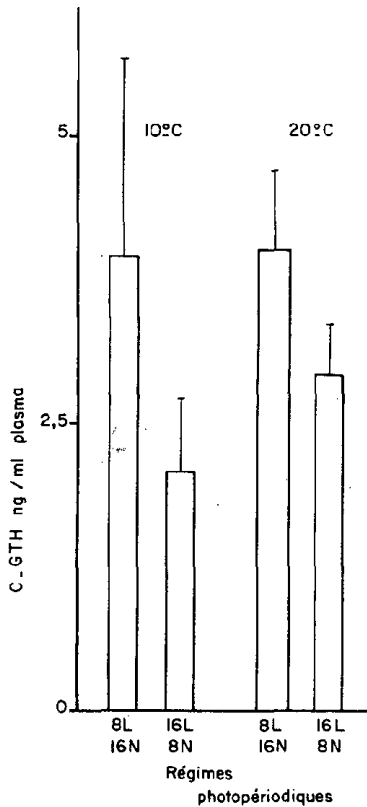


Figure 2. — GTH plasmatique chez le poisson rouge femelle après exposition à 10 et 20°C et sous 8L-16N et 16L-8N entre le 5 janvier et le 5 mars.

Au cours de la période d'acclimatation, au printemps, la concentration plasmatique en c-GTH s'élève avec la température ( $P < 0.05$ ). Aucun effet de la photopériode ne peut être décelé (Fig. 3). Jusqu'à la fin de

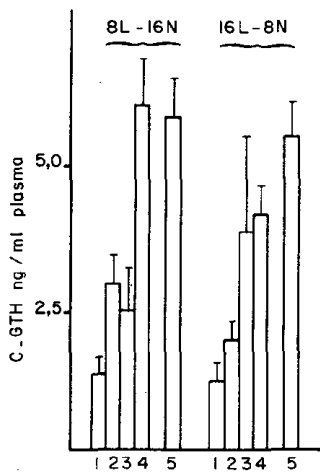


Figure 3. — Evolution de la GTH plasmatique de poissons rouges femelles après élévation progressive de la température d'élevage (1,5°C/jour) au printemps (période d'acclimatation) sous 2 régimes photopériodiques. 1 : 15°C, 18 mars ; 2 : 20°C, 21 mars ; 3 : 25°C, 24 mars ; 4 : 30°C, 27 mars ; 5 : 30°C, 15 avril.

l'expérience, en juin, les niveaux hormonaux restent constamment et significativement plus élevés à 30 et 20°C qu'à 12°C ( $P < 0.05$ ), quel que soit le régime photopériodique (Fig. 4). Une autre différence réside

dans le fait que la montée de GTH est plus rapide à 30 qu'à 20°C (Fig. 4).

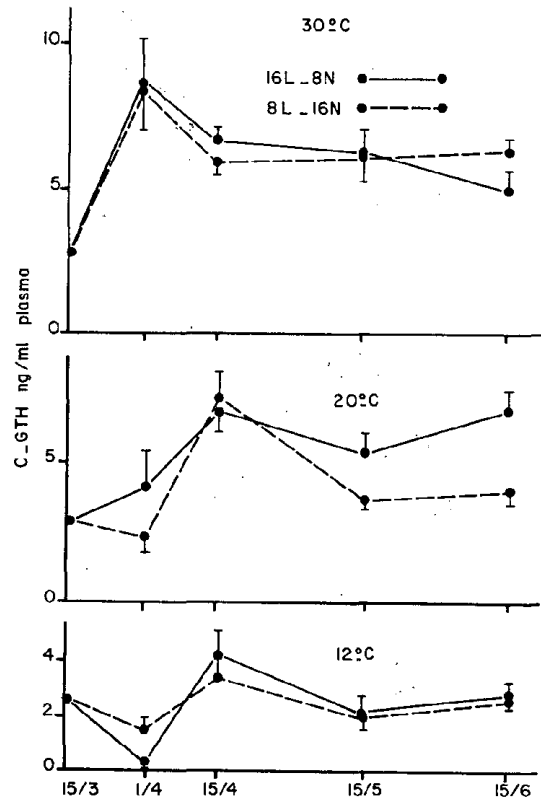


Figure 4. — Evolution de la GTH plasmatique de poissons rouges femelles élevés sous des régimes thermiques et photopériodiques différents au printemps.

Au printemps, les concentrations en c-GTH plasmatiques mesurées pendant un cycle circadien varient avec les conditions thermiques et la photopériode (Fig. 5). A 30°C, le niveau gonadotrope plasmatique décroît significativement au cours de la période d'éclaircissement et augmente pendant la période sombre dans le cas de jours courts. Il n'y a pas de différences significatives dans les niveaux plasmatiques en GTH au cours du nyctémère dans le cas de jours longs, aussi bien à 13 qu'à 30°C. Sous 14L-10N, on observe un pic significatif à 18°C dans la deuxième partie de la période claire (Fig. 5).

En automne et en hiver, la charge gonadotrope hypophysaire ne varie ni avec la température, ni avec la photopériode. Au printemps, après trois mois d'expérimentation, la charge gonadotrope hypophysaire est plus élevée à la température la plus basse. On observe une décroissance significative de c-GTH ( $P < 0.05$ ) entre 12 et 30°C (Fig. 6). L'influence de la photopériode sur la charge hypophysaire ne se manifeste, et de façon discrète, seulement à 12°C (Fig. 6).

#### B — Evolution du poids des gonades

Au cours de l'automne, les ovaires des femelles maintenues en eau froide se développent ( $P < 0.05$ ) tandis que ceux des poissons élevés à 20°C demeurent régressés (Fig. 7). Il existe à cette époque de l'année une interaction significative entre la photopériode de la température ( $P < 0.05$ ) : à 12°C, le régime photopériodique de 8L-16N stimule le plus la croissance

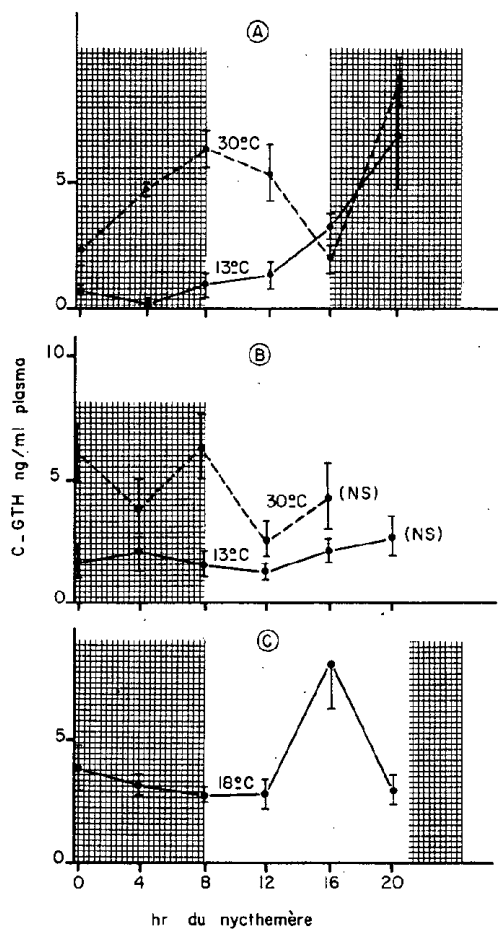


Figure 5. — Fluctuation nycthémerale de la GTH plasmatique de carassins femelles élevés sous différents régimes photopériodiques et thermiques au printemps. A le 7/5, 8L-16N; B le 7/5, 16L-8N; C le 25/5, 14L-10N.

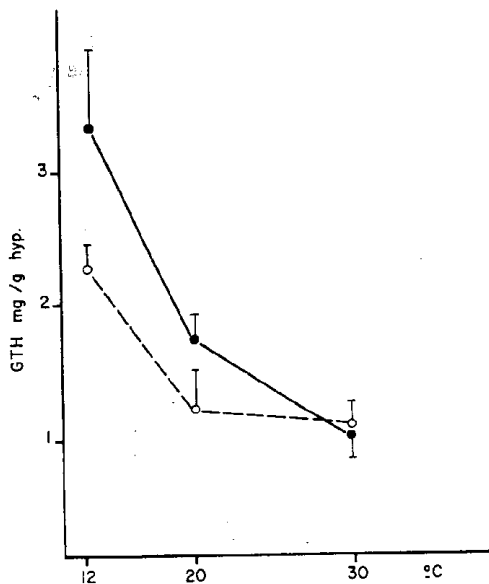


Figure 6. — Charge hypophysaire en GTH (ng/g de glande fraîche) de carassins femelles après élevage pendant 3 mois (printemps) à 12, 20 et 30°C, et sous longue (—) et courte (-----) photopériodes.

des ovaires et à 20°C c'est le régime 16L-8N qui est le plus favorable (Fig. 7). En hiver, l'association de la température la plus basse (10°C) avec la photopériode

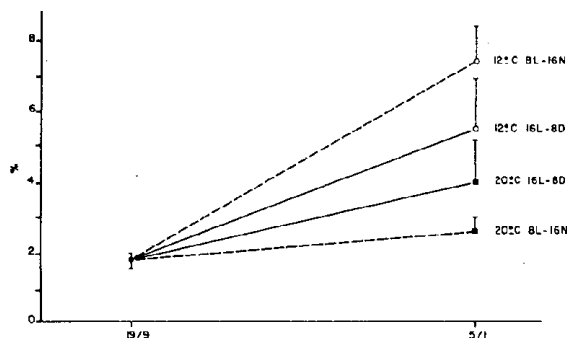


Figure 7. — Evolution du RGS de carassins femelles élevés sous diverses conditions expérimentales pendant la période automnale.

la plus longue (16L-8N) stimule le mieux le développement des gonades ( $P < 0.01$ ) (Fig. 8). Au printemps, les femelles maintenues à la température la plus basse (12°C) conservent des ovaires développés, tandis que

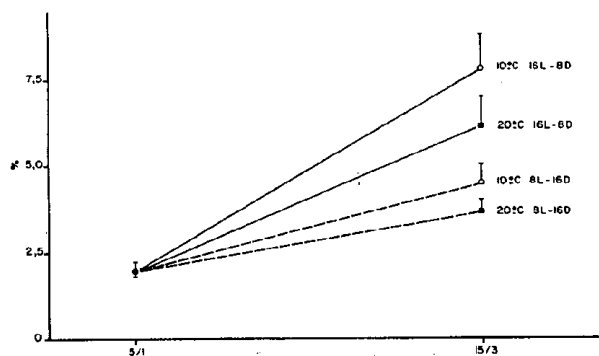


Figure 8. — Evolution du RGS de carassins femelles élevés sous diverses conditions expérimentales pendant la période hivernale.

ceux des animaux acclimatés à des températures plus chaudes 20°C et 30°C, régressent spectaculairement en un mois ( $P < 0.05$ ). Une photopériode courte (8L-16N) accélère cette régression (Fig. 9).

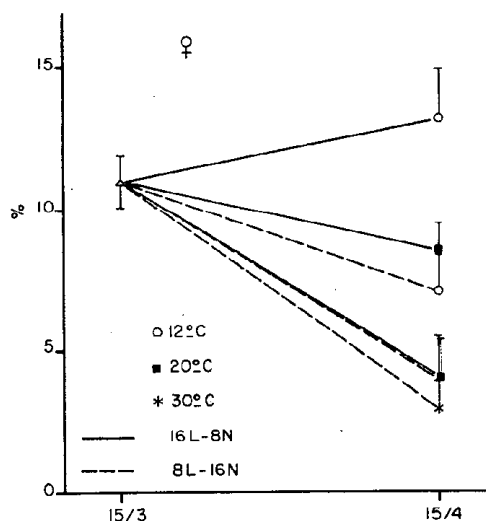


Figure 9. — Evolution du RGS de carassins femelles élevés sous diverses conditions expérimentales pendant la période printanière.

## 2 - Etude du cycle reproducteur en environnement constant 16L-30°C, ou 8L-12°C

### A - Evolution des gonades

Les animaux maintenus à 12°C voient leurs gonades atteindre leur taille maximum dès le mois de janvier (Fig. 10). Il ne se produit ni ovulation ni spermiation spontanée à cette température. Les animaux acclimatés

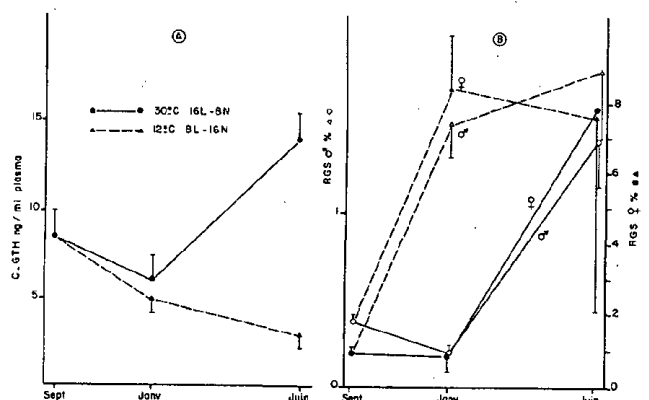


Figure 10. - Evolution de la GTH plasmatique (A) et du RGS (B) de carassins mâles et femelles maintenus à 12 et 30° jours courts (8L-16N) et jours longs (16L-8N) entre septembre et juin.

à 30°C en septembre possèdent encore des gonades totalement régressées en janvier. Par contre, en juin, les animaux des deux sexes ont effectué une gamétogenèse complète. Les mâles spermient et les femelles possèdent des ovocytes en fin de vitellogenèse (Fig. 10B).

### B - Etude de la sécrétion gonadotrope

A 12°C, de septembre à juin, les niveaux de c-GTH plasmatique restent constamment très bas (5 ng/ml environ), même lorsque les gonades des animaux sont développées. A 30°C au contraire, la concentration en c-GTH de plasma s'accroît jusqu'à 15 ng/ml, lorsque les gonades arrivent à maturité en juin ( $P < 0.05$ ) (Fig. 10A).

## 3 - Importance du facteur alimentaire sur les fonctions de reproduction sous divers régimes thermiques et photopériodiques

### A - Evolution des teneurs plasmatiques et hypophysaires en gonadotropine

En général, la privation de nourriture exogène pendant trois mois ne modifie pas le taux de c-GTH plasmatique, quelle que soit la photopériode ou la température auxquelles les animaux sont soumis. Il existe toutefois une exception, à 20°C le 15 mai, après 2 mois de traitement, le taux de c-GTH plasmatique est plus élevé chez les animaux privés de nourriture que chez les témoins ( $P < 0.05$ ). Cet effet s'observe chez les mâles et les femelles, aux deux photopériodes étudiées (Fig. 11). Le contenu en c-GTH de l'hypophyse des animaux privés de granulés est significativement augmenté à 20°C, quel que soit le régime photopériodique étudié (Fig. 12) par rapport aux témoins recevant une ration *ad libitum* de granulés (cf. Fig. 6).

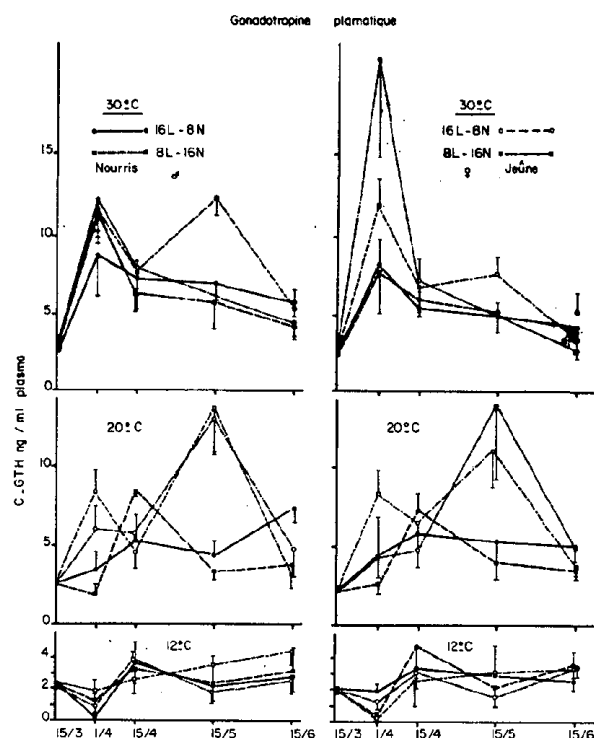


Figure 11. - Evolution de la GTH plasmatique chez le carassin mâle et femelle élevé entre mars et juin sous diverses combinaisons expérimentales.

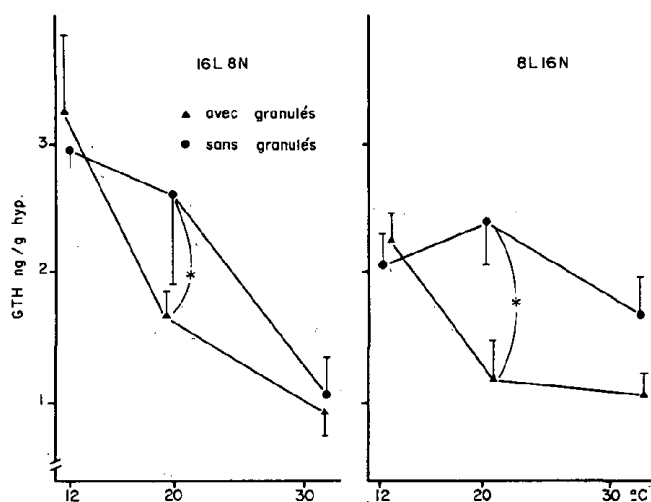


Figure 12. - Variations dans la charge hypophysaire en GTH (en ng/g de glande fraîche) chez des carassins femelles recevant (▲) ou non (●) des granulés et élevés entre mars et juin à 12, 20 et 30°C, sous longue (16L-8N) et courte (8L-16N) photopériodes ( $P < 0.005$ ).

### B - Evolution des gonades chez les animaux mâles

Après un mois d'expérimentation en environnement contrôlé, les testicules des poissons acclimatés à la température la plus haute (30°C) ont spectaculairement régressés (Fig. 13). A 12 et 20°C, les gonades se maintiennent dans le même état de développement qu'au début de l'expérimentation, un mois plus tôt, quel que soit le régime alimentaire.

Deux mois plus tard, le 15 juin, les testicules des animaux alimentés *ad libitum* demeurent pratiquement dans le même état de développement, c'est-à-dire régressés à 30°C, normalement développés à 20 et 12°C,

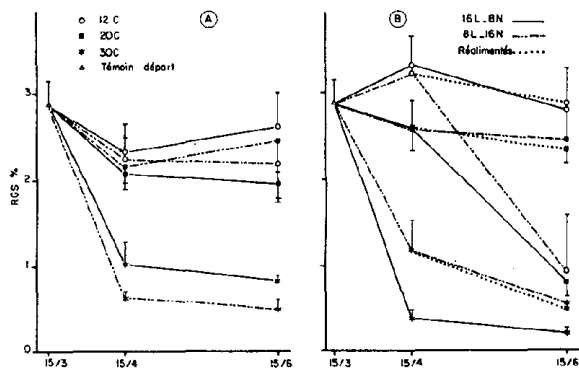


Figure 13. — Evolution de RGS de carassins mâles recevant (A) ou non (B) de la nourriture (granulés) et élevés sous différents régimes thermiques et photopériodiques entre le 15 mars et le 15 juin.

quelle que soit la photopériode. La privation de nourriture pendant trois mois entraîne la régression des testicules à 12°C 8L-16N et 20°C 16L-8N. Dans les deux cas, la réalimentation après un mois de jeûne prévient cette régression testiculaire.

## Discussion

### Action des facteurs de l'environnement sur la sécrétion gonadotrope

Chez les poissons, l'élévation de la température de l'eau stimule la sécrétion gonadotrope. Dans la présente expérience, ce résultat est particulièrement net au printemps, au cours de la période d'acclimation progressive des animaux à des températures plus élevées (Fig. 3). Il se retrouve en hiver (Fig. 1) mais pas en septembre (Fig. 10). Cette indépendance entre la montée gonadotrope plasmatique et le non développement des gonades n'est cependant pas générale puisque dans cette expérience d'exposition à long terme à 30°C de la figure 10, l'évolution des gonadotropines circulantes est parallèle à celle du RGS. La montée gonadotrope faisant suite à une augmentation de température a déjà été rapportée chez le carassin (Gillet et al., 1977a; Gillet et Billard, 1977) et chez d'autres espèces comme la tanche *Tinca tinca* (Breton et al., 1975), le gardon *Rutilus rutilus* (Gillet, données non publiées) et même chez la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri*, bien que cette dernière espèce se reproduise en eau froide (Billard et Breton, 1977). Des expériences portant sur la stimulation de la sécrétion gonadotrope hypophysaire par administration de LHRH exogène ont montré un rôle favorable de la température et en particulier une augmentation de la sensibilité hypophysaire au traitement au printemps, lorsque l'eau se réchauffe, chez la carpe *Cyprinus carpio* (Weil et al., 1975). Il est possible que la stimulation de la sécrétion gonadotrope sous l'effet des augmentations de température pratiquées dans les présentes expériences soit due à un phénomène similaire de sensibilisation de l'hypophyse mais une action facilitante de la température à des niveaux supérieurs n'est pas à exclure et reste à tester. Mais l'effet inhibiteur de températures élevées observé sur les go-

nades pourrait correspondre à une sorte de castration supprimant un feed-back négatif sur le système hypothalamo-hypophysaire et conduisant à une augmentation de la c-GTH circulante. Cependant, l'effet des températures relativement élevées nécessaires à l'induction de l'ovulation du poisson rouge (minimum de 20°C selon Yamazaki, 1965; Breton et al., 1971) passe bien par un effet facilitant au niveau du complexe hypothalamo-hypophysaire puisque l'injection de c-GTH exogène induit l'ovulation à des températures plus basses, de même que la 17 $\alpha$ -hydroxy-20 $\beta$ -dihydroprogesterone (Gillet et al., 1977b). Chez la carpe, l'administration d'hormones exogènes permet aussi d'obtenir l'ovulation à des températures inférieures à celles requises pour l'ovulation spontanée (Jalabert et al., 1977).

Contrairement à la température, la photopériode n'a pas entraîné de changements notables dans les niveaux de c-GTH plasmatique, mais l'existence de variations nyctémérales plus marquées sous jours courts et aux températures les plus élevées (18 et 30°C, Fig. 5) est à souligner. L'existence de telles fluctuations au cours d'une période de 24 heures a été démontrée également par Peter et Crim, 1978, Peter (communication personnelle) et Gillet et al. (non publié) chez le carassin. Ces cycles nyctéméraux n'apparaissent chez la femelle que lorsque les ovaires ont atteint un stade de développement suffisant et varient avec les températures et les régimes photopériodiques auxquels les animaux sont exposés.

La suppression de distribution exogènes de granulés, même pendant trois mois, n'a pas altéré les niveaux circulants de c-GTH mais en réalité, du fait de l'existence d'algues dans les aquariums les animaux n'ont pas été soumis à un jeûne total. Il peut être conclu seulement que de fortes différences dans les niveaux alimentaires n'altèrent pas les niveaux gonadotropes. Par contre, les animaux à 12 et 20°C soumis au jeûne voient leurs testicules régresser après 3 mois.

### Facteurs de l'environnement et gamétogenèse

L'accroissement de la sécrétion gonadotrope consécutif à une élévation de la température n'est pas toujours suivie d'une stimulation de la gamétogenèse. Le réchauffement de l'eau inhibe la croissance des ovaires, lorsqu'il est appliqué en automne et en hiver et provoque leur régression lorsqu'il est appliqué au printemps dans les deux sexes. L'inhibition de la gamétogenèse, consécutif à un réchauffement précoce de l'eau a déjà été rapporté chez le poisson rouge (Gillet et al., 1977). Chez *Couesius plumbeus* l'acclimatation à 20°C en hiver bloque le développement des gonades, quelle que soit la photopériode (Ahsan, 1966). Le même phénomène s'observe chez le gardon *Rutilus rutilus* (Gillet, données non publiées) et chez la perche *Perca flavescens* (Hokanson, 1977). Cette inhibition du développement des gonades est observée sur une durée de quelques mois. Une étude prolongée montre que le blocage de la gamétogenèse sous l'effet d'une élévation de la température n'est qu'un phénomène temporaire et qu'il est réversible. En effet, après 9 mois d'élevage à 30°C sous une photopériode de 16L-8N, les poissons rouges effectuent une gamétogenèse complète apparemment normale. Ces résultats sont

à rapprocher des données obtenues chez la carpe (*Cyprinus carpio*); les animaux acclimatés à 20°C et plus, dès l'éclosion accomplissent un cycle reproducteur complet en eau chaude après une puberté précoce et une croissance rapide (Gupta et al., 1975). Dans les conditions de la présente expérience, la photopériode est demeurée constante à 16L-8N alors que des variations dans l'environnement photopériodique peuvent modifier la réponse des gonades au traitement thermique. Bien qu'il soit admis que la photopériode semble jouer un rôle moins important que la température dans le déterminisme du cycle reproducteur chez les cyprinidés (De Vlaming, 1972), nos expériences sur le carassin montrent que des photopériodes longues appliquées en hiver stimulent très fortement la gamétogenèse. Ceci concorde avec les observations de Fenwick (1971) sur la même espèce.

### Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au concours de E.D.F., (contrat n° 8375).

### Références

- AHSAN S.N., 1966. — Effects of temperature and light on the cyclical changes in the spermatogenic activity of the lake chub *Couesius plumbeus*. *Can. J. Zool.*, 44, 161-171.
- BILLARD R., BRETON B., 1977. — Sensibilité à la température des différentes étapes de la reproduction chez la truite arc-en-ciel. *Cah. Lab. Montereau*, 5, 5-24.
- BRETON B., KANN G., BURZAWA-GERARD E., BILLARD R., 1971. — Dosage radioimmunologique d'une hormone gonadotrope de carpe. *C.R. Acad. Sci. Paris, Série D*, 272, 1515-1517.
- BRETON B., JALABERT B., FOSTIER A., BILLARD R., 1975. — Etude sur le cycle reproducteur de la truite arc-en-ciel et de la tanche. *J. Physiol.*, 70, 561-564.
- CLEMENS H.P., REED C.A., 1967. — Testicular characteristics of goldfish *Carassius auratus* in nature and under diet limitations. *J. Morph.*, 122, 131-138.
- FENWICK J.S., 1970. — The pineal organ; photoperiod and reproductive cycles in the goldfish. *J. Endocrinol.*, 46, 101-111.
- GILLET C., BILLARD R., 1977. — Stimulation of gonadotropin secretion in goldfish by elevation of rearing temperature. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 17, 673-678.
- GILLET C., BILLARD R., BRETON B., 1977a. — Effets de la température sur le taux de gonadotropine plasmatique et la spermiogenèse du poisson rouge *Carassius auratus*. *Can. J. Zool.*, 55, 242-245.
- GILLET C., BILLARD R., BRETON B., 1977b. — Influence de la température sur la reproduction du poisson rouge (*Carassius auratus*). *Cah. Lab. Montereau*, 5, 25-42.
- GILLET C., BRETON B., BILLARD R., 1978. — Seasonal effects of exposure to temperature and photoperiod regimes on gonad growth and plasma gonadotropin in goldfish (*Carassius auratus*). *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18, 1045-1049.
- GUPTA S., 1975. — The development of carp gonads in warm water aquaria. *J. Fish. Biol.*, 7, 775-782.
- HOKANSON K.E.F., 1977. — Temperature requirements of some Peneids and adaptation to the seasonal temperature cycle. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 34, 1524-1550.
- JALABERT B., BRETON B., BRZUSKA E., FOSTIER A., WIENIAWSKI J., 1977. — A new tool for induced spawning: the use of 17 $\alpha$ -hydroxy-20 $\beta$ -dihydroprogesterone to spawn carp at low temperature. *Aquaculture*, 10, 353-364.
- KAYA M.C., HASLER A.D., 1972. — Photoperiod and temperature effects on the gonads of green sunfish, *Lepomis cyanellus* (Rafinesque) during the quiescent winter phase of its annual sexual cycle. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 101, 270-275.
- MATTHEUWS A., 1977. — Etude de la reproduction du gardon (*Rutilus rutilus*) en amont et en aval de la centrale nucléaire de Tihange. *Mem. Licence Sci. Zool.*, Namur, 86 pp.
- PETER R.E., CRIM L.W., 1978. — Hypothalamic lesions of goldfish; effects on gonadal recrudescence and gonadotropin secretion. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18, 819-823.
- de VLAMING V.L., 1972. — Environmental control of teleost reproductive cycle; a brief review. *J. Fish. Biol.*, 4, 131-140.
- WEIL C., BRETON B., REINAUD P., 1975. — Etude de la réponse hypophysaire à l'administration de Gn-RH exogène au cours du cycle reproducteur annuel chez la carpe *Cyprinus carpio* L. *C.R. Acad. Sci. Paris, série D*, 280, 2469-1472.
- YAMAZAKI F., 1965. — Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish (*Carassius auratus*) with special reference to the function of the pituitary gland. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 13, 1-64.