



**WATER QUALITY CRITERIA  
FOR EUROPEAN FRESHWATER FISH**

**CRITÈRES DE QUALITÉ DES EAUX  
POUR LES POISSONS D'EAU DOUCE EUROPÉENS**

**Report on Water Temperature and Inland Fisheries  
based mainly on Slavonic Literature**

**Rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures  
basé essentiellement sur la documentation slave**

**prepared by/préparé par**

**EIFAC Working Party on Water Quality Criteria  
for European Freshwater Fish**

**Le Groupe de travail de la CECPI sur les critères de qualité  
des eaux pour les poissons d'eau douce européens**



**EUROPEAN INLAND FISHERIES ADVISORY COMMISSION  
FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**

**COMMISSION EUROPÉENNE CONSULTATIVE POUR LES PÊCHES DANS LES EAUX INTÉRIEURES  
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE**

**Rome, 1968**

## PREPARATION OF THIS PAPER

The background for the preparation of this paper is described in the Foreword of the report.

The paper was prepared by the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) Working Party on Water Quality Criteria for European Freshwater Fish and finalized at the sixth and seventh meetings of the Working Party in Rome on 17 and 20 May 1968.

The report is being issued in this series where the first two reports of the Working Party were published: Report on finely divided solids and inland fisheries, EIFAC tech. Pap. (1): 21 p., 1964; and Report on extreme pH values and inland fisheries, EIFAC tech. Pap. (4): 24 p., 1968.

## PRÉPARATION DE CE DOCUMENT

L'historique de ce document est décrit dans l'Avant-propos du rapport. Ce document a été préparé par le Groupe de travail sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens de la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures (CECPI) et complété lors des sixième et septième réunions du Groupe de travail à Rome, les 17 et 20 mai 1968.

Le rapport est publié dans cette série où ont été publiés également les deux premiers rapports du Groupe de travail: Rapport sur les solides finement divisés et les pêches intérieures, EIFAC tech. Pap. (Fr.) (1): 27 p., 1964; et Rapport sur les valeurs extrêmes du pH et les pêches intérieures, EIFAC tech. Pap. (4): 26 p., 1968.

## Bibliographic Citation and Abstract

EIFAC Working Party on Water Quality Criteria for European Freshwater Fish (1968), Water Quality Criteria for European Freshwater Fish. Report on water temperature and inland fisheries based mainly on Slavonic literature. EIFAC tech. Pap. (6): 30 p., 1968.

Third in a series of reports on water quality criteria for European freshwater fish prepared for the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) by the Working Party on Water Quality Criteria. The background of the project is described and reasons for establishing water quality criteria for fish explained. This is followed by a literature survey on effects of water temperature on fish in inland waters. Tentative water quality criteria are suggested as well as the scope for further research.

## Références bibliographiques et résumé

Groupe de travail de la CECPI sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens (1968), Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures basé essentiellement sur la documentation slave. EIFAC tech. Pap. (6): 30 p., 1968.

Ce document est le troisième d'une série de rapports sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens préparés pour la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures (CECPI) par le Groupe de travail sur les critères de qualité des eaux. L'historique de ce projet est décrit et les raisons motivant l'établissement de critères de qualité des eaux pour les poissons sont expliquées. Vient ensuite un examen des publications sur les effets de la température de l'eau sur les pêches dans les eaux intérieures. Des critères provisoires de qualité des eaux sont suggérés, ainsi que l'objet des recherches ultérieures.

WATER QUALITY CRITERIA FOR EUROPEAN FRESHWATER FISH  
CRITÈRES DE QUALITÉ DES EAUX POUR LES POISSONS D'EAU DOUCE EUROPÉENS

Report on Water Temperature and Inland Fisheries  
based mainly on Slavonic Literature

Rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures  
basé essentiellement sur la documentation slave

Prepared by/préparé par

European Inland Fisheries Advisory Commission  
Working Party on Water Quality Criteria  
for European Freshwater Fish

Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures  
Le Groupe de travail sur les critères de qualité des eaux  
pour les poissons d'eau douce européens

CONTENTSSOMMAIRE

	<u>Page</u>	
	(E)	(F)
FOREWORD	iii	
AVANT-PROPOS		9
SUMMARY	v	
RESUME		12
1. INTRODUCTION	1	
INTRODUCTION		13
2. GENERAL CONSIDERATIONS	1	
CONSIDERATIONS GENERALES		13
2.1 Temperature and Metabolism		
Température et métabolisme		
2.2 Thermal Acclimation	2	
Acclimatation thermique		14
3. FISH EMBRYOS	2	
EMBRYONS DE POISSONS		14
3.1 Development Time		
Période de croissance		
3.2 Acclimation		
Acclimatation		15
4. FISH FRY AND ADULTS	3	
ALEVINS ET ADULTES		15
4.1 Lethal and "Disturbing" Temperature		
Températures mortelles et "perturbatrices"		
4.2 Reduction of Feeding	4	
Réduction du rythme alimentaire		16
4.3 "Preferred" Temperatures		
Températures "préférées"		
5. TEMPERATURE AND POLLUTION	5	
TEMPERATURE ET POLLUTION		17
6. TEMPERATURE AND OTHER AQUATIC ORGANISMS	5	
LA TEMPERATURE ET LES AUTRES ORGANISMES AQUATIQUES		18
6.1 Invertebrate Food Organisms		
Organismes alimentaires invertébrés		

	<u>Page</u>	
	(E)	(F)
6.2 Parasites and Diseases Parasites et maladies	6	19
6.3 Plants Plantes	7	
7. HEATED EFFLUENTS AND FISHERIES EFFLUENTS CHAUDS ET PECHEs	7	19
8. TENTATIVE TEMPERATURE CRITERIA CRITERES PROVISOIRES DE TEMPERATURE	7	20
8.1 Winter Hiver	8	
8.2 Spring Printemps		21
8.3 Summer Ete		
TABLES TABLEAUX		23
REFERENCES REFERENCES		27

FOREWORD

This is the third of a series of reports on water quality criteria for European freshwater fish prepared for the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) - an intergovernmental organization with a membership of 21 countries. EIFAC, at its Second Session, Paris, 1962, took note of a recommendation of the Conference on Water Pollution Problems in Europe, 1961, that EIFAC take the initiative in drawing up water quality requirements with respect to fisheries<sup>1/</sup>.

As was stated in its first two reports<sup>2/</sup> the Commission "agreed that the proper management of a river system demands that water of suitable quality be provided for each use that is made or intended to be made of it and that the attainment and maintenance of such quality is normally to be sought through the control of pollution. It was necessary therefore to know the standards of quality required for each particular use in order to determine the degree of pollution control necessary and to forecast the probable effect of augmented or new discharges of effluents. It was pointed out that water quality standards for drinking water had been well defined by the World Health Organization (WHO) and that standards for certain agricultural and industrial uses are also well defined. However, water quality criteria for fish have not received the attention that they deserve. All too often, water has been considered quite adequate for fish as long as there has been no obvious mortality which can be ascribed to known pollutants. Degradation of the aquatic habitat through pollution and decrease in the annual production and subsequent harvest of fish have often passed unnoted.

With such reasoning in mind, it was then agreed that the establishment of water quality criteria for European freshwater fish be undertaken by the Commission. This was to be accomplished by a critical examination of the literature, and very possibly experimentation to clear up contradictions and fill in gaps of knowledge, followed by recommendations as to desirable requirements for various aquatic organisms or groups of aquatic organisms with respect to the various qualities of water. The final criteria were to be published and given wide dissemination."

To accomplish this task, the Second Session of the Commission appointed a Working Party of experts selected on the basis of their knowledge of physical, chemical and biological requirements of European freshwater fish in relation to the topics to be studied. This Working Party prepared its first report on finely divided solids and inland fisheries, referred to above, which was submitted to the Commission at its Third Session, Scharfling am Mondsee, 1964, where it was unanimously approved. Its report on extreme pH values and inland fisheries (see footnote 2) was published early in 1968, in time for presentation at the Fifth Session of EIFAC (Rome, May 1968) where again it was unanimously approved.

<sup>1/</sup>See, respectively: EIFAC Report, Second Session, 1962, p.21-2.  
UN (1961) Conference on Water Pollution Problems in Europe, held in Geneva from 22 February to 3 March 1961.  
Documents submitted to the Conference. Vols. I-III, United Nations, Geneva, 600 p.

<sup>2/</sup>Report on Finely Divided Solids and Inland Fisheries, EIFAC tech.Pap., (1):21 p., 1964.  
Report on Extreme pH Values and Inland Fisheries, EIFAC tech.Pap., (4):24 p., 1968.

In addition to the review of literature on water temperature and pH, the Commission had decided at its Fourth Session<sup>3/</sup>, Belgrade, 1966, to study dissolved oxygen requirements and toxic substances including heavy metals, phenols and pesticides and herbicides. After the Fourth Session, FAO also appointed a consultant to review the world literature on dissolved oxygen requirements for freshwater fish. At its Fifth Session<sup>4/</sup>, Rome, 1968, the Commission, reviewing again the priorities for future studies, decided to undertake the critical reviews of the literature on the effects of ammonia and phenols which will be the subjects of future reports. It will continue its study of water temperature and inland fisheries, and finally study in greater detail the nature and extent of water pollution problems affecting inland fisheries in Europe before undertaking further studies.

For the preparation of this report, the Working Party used the same general basis for their work on which they had agreed for the preparation of their earlier reports that:

"Water quality criteria for freshwater fish should ideally permit all stages in the life cycles to be successfully completed and, in addition, should not produce conditions in a river water which would either taint the flesh of the fish or cause them to avoid a stretch of river where they would otherwise be present, or give rise to accumulation of deleterious substances in fish to such a degree that they are potentially harmful when consumed. Indirect factors like those affecting fish-food organisms must also be considered, should these prove to be important."

In examining the literature on water temperature and inland fisheries, it became evident that particular attention should be given to Slavonic material which was not only extensive but, in contrast to that from many other sources, virtually unknown to the rest of the world. In the present report, rather more detail has been included in tabular form than would have been the case with more accessible material and, unless otherwise stated, all information refers to Eastern Europe. It is recognized that this restriction on sources must unbalance the report, but this is outweighed by the need to disseminate the information promptly. Furthermore, it is hoped to obtain a more comprehensive coverage in a later report. In the meantime, as a further interim measure, the Working Party is preparing a list of references which do not appear in recent bibliographies nor in the present report.

The preparation of the present report on Water Temperature and Inland Fisheries based mainly on Slavonic Literature was accomplished largely by Dr. T. Backiel and Dr. L. Horoszewicz (Poland) who prepared the basic manuscript which was reviewed by the following experts who were also appointed to the EIFAC Working Party on Water Quality Criteria for European Freshwater Fish:

Mr. J.S. Alabaster	(United Kingdom), <u>Convener</u>
Dr. Torsten B. Hasselrot	(Sweden)
Mr. A.V. Holden	(United Kingdom)
Mr. R. Lloyd	(United Kingdom)
Prof. R. Marchetti	(Italy)
Prof. H. Reichenbach-Klinke	(Fed.Rep. of Germany)

FAO Secretariat: Mr. William A. Dill - Secretary to EIFAC  
Mr. Jean-L. Gaudet - Assistant Secretary to EIFAC

This report has been studied in draft by the Fifth Session of EIFAC (Rome, 20-24 May 1968) which asked that, once completed, it be diffused widely, translated into other languages and published in scientific journals.

<sup>3/</sup>EIFAC Report, Fourth Session, 1966, p.12

<sup>4/</sup>EIFAC Report, Fifth Session, 1968, p.13-5

SUMMARY

In establishing water quality criteria for European inland fisheries, temperature plays an important rôle, since industry uses substantial quantities of water for cooling purposes.

There is a normal range of temperatures in the temperate region between 0 and 30°C, to which fish are adapted. Fish differ, however, in their tolerance to high temperature, depending on species, stage of development, acclimation temperature, dissolved oxygen, pollution, season and the extent to which the environment is heated. In this report, tentative temperature criteria are proposed which take no account of the effect of pollution. It was essential to make a distinction between the temperature conditions permissible at different times of the year and to assess not only maximum permissible temperatures but also maximum permissible increments of temperature.

Winter

An increase in water temperature of 2 deg.C from about 0°C in winter at the time of reproduction of burbot would destroy this species. Raising the temperature 5 to 6 deg.C in autumn and winter may affect salmonids.

Spring

A rise of 5 to 6 deg.C is detrimental to pike embryos. The majority of cyprinids tolerate an increase of temperature of 8 to 10 deg.C during the embryonic stage.

Adult fish can usually tolerate a wider range of temperature than embryos. It seems likely that if water temperature gets near the disturbing level most species would continue to feed.

Summer

For salmonids of the genus *Salmo*, 20 to 21°C should be accepted as the upper permissible temperature during the warmest season of the year.

Coregonids can withstand a rise of temperature of 5 to 6 deg.C but the maximum for the summer months should not exceed 22 to 23°C.

For many cyprinids, the permissible increase of temperature is about 6 deg.C above the natural ambient values, with an upper limit of 30°C during the warmest season.

Although these criteria would not necessarily ensure the maintenance of existing fisheries, it is reasonable to expect that an increase in temperature of 5 deg.C to a maximum no greater than 23°C would destroy salmonoid populations except for some species of *Coregonus*, and heating by 8 deg.C to a maximum no greater than 30°C would favour a preponderance of cyprinids.





## 1. INTRODUCTION

(1) The temperature of natural inland waters in the temperate regions generally varies between 0 and 30°C, the maximum values occurring particularly in shallow waters in summer (Lityński, 1952; Gošek, 1961; Mikulski, 1963) and the minimum exceptionally falling below zero in winter. Freshwater fish indigenous to these regions are adapted to such seasonal changes of temperature and they (and also introduced species) may also be capable of withstanding changes outside this range, especially those of short-term duration, though at the same time they may succumb to unnatural fluctuations within this range.

(2) Industry, primarily that producing electric power, uses substantial quantities of water for cooling purposes, amounting to about 5 cubic metres per second per 100 megawatts of installed capacity in plants based on conventional fuels and to perhaps twice as much in nuclear power plants (Mandelbrot, 1966). In Britain, rather lower quantities (3 cubic metres per second per 100 megawatts) are used in the larger plants of 2,000 megawatts (Clark and England, 1962) and as little as 2.5 cubic metres per second per 100 megawatts for plants of 2,500 megawatts. With the "open" or "direct" cooling system, the temperature of the cooling water is generally increased by between 7.5 and 11 deg.C (Rozenbejn, 1958; Stangenberg, 1958) except in winter, when the increases are frequently higher (12 to 16 deg.C)<sup>1/</sup>. In Britain, the increase in temperature is normally 6 to 9 deg.C, but direct cooling systems are sometimes used in combination with closed systems using cooling towers and then the temperature of any heated effluent discharged is normally higher than that found with direct cooling alone; the trend for the future, however, is for large plants using estuarine or seawater for cooling purposes in which temperature differentials are expected to be nearly 13 deg.C.

(3) The discharge of such considerable volumes of heated effluent can increase the temperature of the receiving waters several degrees above normal and affect aquatic organisms, including fish, both directly and indirectly (for example, by affecting the solubility of gases and the rates of oxidation). It is, therefore, necessary to know to what extent freshwater fish can survive an artificially warmed environment and what upper limits of temperature would be compatible, not merely with the survival of various species, but with the continued existence of flourishing fisheries.

## 2. GENERAL CONSIDERATIONS

### 2.1 Temperature and Metabolism

(4) The rate of metabolism in poikilothermic animals depends upon temperature; Vinberg (1956), taking the oxygen consumption of fish as an index of their metabolism, found that it was related to temperature according to the so-called "normal" curve of Krogh. However, according to Stroganov (1956, 1962), the relationship is more complex, there being a plateau, described as the zone of thermal acclimation, in which metabolism increases only slightly in response to increase in temperature. The zone is evident only in fish fully acclimated to temperature and therefore Stroganov associates it with the normal temperature range to which the species is adapted. A similar zone has also been found by Pegel and Remorov (1959) when investigating the level of sugars and nitrogen in blood together with the frequency of respiratory movements and heartbeat.

<sup>1/</sup>The abbreviation "deg.C" is used for differences or ranges of temperature; "°C" is used for actual temperatures.

(5) The metabolic rate of resting fish is, however, easily increased by the excitatory effect of extraneous stimuli, and the scope for that and any other excess activity over the basal rate has been studied and found to have an optimal value at temperatures not necessarily the same as those for the maximum for the basic rate itself (Fry, 1957).

(6) Stroganov (1956) and Shkorbatov (1964a, 1964b) consider that heat death results from a disturbed balance between various metabolic processes, and Prosser, Precht and Jankowsky (1965) suggest that this might be under nervous control.

## 2.2 Thermal Acclimation

(7) Changes in metabolism do not immediately follow changes in environmental temperature, particularly when the change occurs relatively quickly; but, once a new rate of metabolism has been established, the animal is considered acclimated. However, this is possible only over a limited range of temperature - the normal physiological range (Stroganov, 1956) - and its effect on animal tissues and on the whole organism at all ages is reflected in several ways, including an increase in thermal tolerance with increase in acclimation temperature and the converse.

(8) Shkorbatov and Kudriavtseva (1964) found that the time for which isolated muscle remained sensitive to electric stimuli increased from 68 to 140 minutes with increase in acclimation temperature from 3 to 26°C. This has been confirmed by Kusakina (1962) who also studied the activity of choline-esterase in ten species of fish inhabiting zones of different temperature in Lake Baikal. It should, however, be noted that the thermal resistance of tissues and of enzyme systems tested in vitro may be higher than that of the intact animal (Shkorbatov, 1964a).

## 3. FISH EMBRYOS

### 3.1 Development Time

(9) The consequence of temperature-dependent metabolism is change in the rate of development with temperature, particularly during the early stages; Tatarko (1965, 1966) has shown that at a temperature of 30°C the time for embryonic development in common carp (Cyprinus carpio) is approximately half that at 20°C, and somewhat similar results have been obtained at lower temperatures for Atlantic salmon (Salmo salar) (Vernidub, 1963), brown trout (S. trutta) (Kowalska, 1959), bream (Abramis brama) and pike-perch (Lucioperca lucioperca) (Vladimirov, 1955) and pike (Esox lucius) (Lecyk, 1965).

(10) However, growth may not match development, and at high extreme temperature newly hatched larvae may be smaller in size, as for example are Atlantic salmon at 10-12°C (Vernidub, 1963), trout in excess of about 7.5°C (Kowalska, 1959) and pike in excess of about 7.6°C, though development may otherwise be normal (Lecyk, 1965). Furthermore, at high temperature there may be an increase in abnormalities and mortalities. With common carp the hatch is less than 60 per cent at 22°C or higher (Tatarko, 1965), and abnormalities are more than 20 per cent at 27°C and above (Tatarko, 1965; Shuliak, 1965); with roach (Rutilus rutilus) there is some reduction in hatch at 20°C and above, and a marked increase in abnormalities above 16°C (Reznichenko et al., 1962).

### 3.2 Acclimation

(11) Short-term acclimation in the early stage of development has been investigated for various temperature regimes, the criteria most frequently used being the occurrence of abnormalities and mortalities. Persov (1950) and Korovina (1960) found

reduced resistance to high fluctuating temperature in embryos of loach (Misgurnus fossilis) from females kept at high temperature (16 - 19°C) for short periods of time (12 - 25 hours) during ovulation. On the other hand, Vernidub (1951) demonstrated that the higher the temperature at which development of whitefish (Coregonus lavaretus ludoga) proceeded within the range 0.5 to 4°C, the lower the mortality of embryos subsequently subjected for short periods to 21°C. Furthermore, non-lethal exposure of embryos to 21°C for 2 - 3 hours produced increased resistance to a subsequent exposure to 25°C, compared with embryos which had never been kept at 21°C, the effect being greatest after an initial exposure of 3 hours.

(12) Dziekonska (1958), Orska (1956) and other authors have drawn attention to differences between various developmental stages in resistance to both raised and lowered temperatures lasting for up to 5 hours; the gastrula is particularly sensitive in coregonids (Vernidub, 1951) and the sturgeon (Acipenser stellatus) (Nikiforov, 1949), but the blastula is the most sensitive stage of pike (Volodin, 1960c). However, pike endured fluctuations between 3 and 24°C, bream best survived fluctuations in the range 10 - 18°C (Volodin, 1960b), common carp best survived a change from 20 to 30°C and worst a change from 30 to 20°C (Shuliak, 1965), while fluctuations on roach spawning grounds within the range 9 to 21°C caused no mass mortalities (Zuromska, 1967).

(13) Differences in the range and level of temperature tolerated by embryos of some species are related to conditions in which natural propagation occurs (Table I); thus the range of temperature is 5 - 20°C for roach, 8 - 23°C for bream, over 17°C for common carp, whereas in coregonids it is 0 to 3°C.

(14) Thus, one concludes from paragraphs 10 to 13 above that egg incubation at temperatures above those occurring most frequently under natural conditions causes increased mortality and abnormal larvae, as well as reduced size and weight of embryos. The optimum range for cyprinids is approximately 10 deg.C and for pike an equally broad range is probably satisfactory. On the other hand, the range for the Atlantic salmon though similar is at a lower level, a reduction in the size of larvae occurring at 10 - 12°C. For burbot (Lota lota) the range is particularly narrow, with normal egg development only within the range 0.5 to 1°C and considerable losses at 1.5°C (Volodin, 1960a).

(15) It should be noted that the temperature ranges that cause no increased mortality of embryos are narrower than those for the adults (paragraph 18), but any criteria based on these ranges should apply only to the appropriate time of year.

#### 4. FISH FRY AND ADULTS

##### 4.1 Lethal and "Disturbing" Temperature

(16) Differences in the experimental methods used by different workers make an unequivocal definition of lethal temperature impossible. Generally, in the Slavonic literature, it is the temperature at which death occurs in 50 per cent of a sample of fish when the temperature is steadily raised 5 - 6 deg.C an hour. Increasing the acclimation temperature 3 deg.C usually raises the lethal temperature by about 1 deg.C until a critical value is reached above which further acclimation is not possible. Consequently, seasonal variation in environmental temperature and differences between the northern and southern extremes of the geographical range of a species can affect lethal temperatures, although other factors may also be important.

(17) The permissible upper limits of temperature are not necessarily those which individuals can tolerate but are rather those at which whole populations can thrive. One criterion that has been suggested is the "restlessness" or "disturbing" temperature, which is the value at which fish first show signs of increased activity or change

in behaviour, and presumably also of physiological disturbance, when they are exposed to increasing temperature. If determined while temperatures rise on average 6 deg.C per hour, it probably corresponds approximately to the upper limit of the zone of thermal tolerance or the upper incipient lethal temperature as defined by Fry but there are no data available to make a direct comparison.

(18) Lethal and disturbing temperatures are summarized in Tables II and III. It should be noted that, since the experimental method is liable to under-estimate the lethal effect of high temperature because temperatures continue to rise while the fish are dying, lethal values obtained when fish are transferred to constant high temperatures (for example, those by Alabaster and Downing, 1967, for roach, rudd (Scardinius erythrophthalmus), bream and trout) are lower than those given in Tables II and III and are also higher than the disturbing temperatures.

#### 4.2 Reduction of Feeding

(19) With common carp from Ukrainian waters where lethal temperatures ranged from 34 to 36°C and disturbing temperature did not exceed 31.3°C (Shkorbatov, 1954), a marked reduction of feeding intensity was recorded at 29 to 30°C. Similarly, the maximum temperature at which Coregonus lavaretus marenoides were feeding was (in July) about 3 deg.C below the lethal temperature, and close to the disturbing temperature from July to October (Shkorbatov, 1963). This suggests that fish can thrive at values close to the disturbing temperatures and that the criteria for maximum water temperature might be fixed slightly below these values. In spring however, disturbing and lethal temperatures were much closer together and almost 3 deg.C above the highest values at which the fish were feeding.

#### 4.3 "Preferred" Temperatures

(20) Another indicator of the thermal requirements of a species is the "preferred" or "selected" temperature, which is the value at which fish are most frequently found when able to move freely within a thermal gradient that is usually established experimentally. It is partly dependent on the temperature to which the fish are acclimated beforehand; if this has been relatively high, then the selected temperature is lower and vice-versa, so that there is one point when the acclimation and selected temperatures are identical - this is the final preferred temperature or final preferendum.

(21) Even a few days of prior acclimation to temperature can alter the preferred value in the direction of the change of acclimation temperature (Mantelman, 1958a and b; Lenkiewicz, 1964; Shkorbatov, 1966), but it has also been shown (Mantelman, 1958a, 1958b) that, with trout fingerlings transferred from 19°C to 6.5 - 8°C, the rapid initial fall in selected temperature is followed by a gradual increase over a period of several months, presumably as a result of further acclimation and of seasonal effects. The latter has been demonstrated by a steady fall in the selected temperature from 15 to 9°C through July and August with fish kept at 16 - 18°C over this period (Mantelman, 1958a). If long-term experiments were to be carried out in a temperature gradient, then some acclimation could take place and selected temperatures would be expected to approach the final preferendum which might change seasonally: such experiments made in Britain with roach suggest a final value for this species between 20 and 25°C (Alabaster and Downing, 1967).

(22) Generally, Slavonic data give only imprecise indication of final preferenda, because the acclimation temperatures have been relatively low, whereas Canadian experiments have provided more precise final preferenda because they have included much higher acclimation temperatures. Nevertheless, minimum estimates of the final preferred temperatures can be derived from the data in order to compare species and the results of various workers. The value for rainbow trout (Salmo gairdnerii) is between 9 and 17°C (Mantelman, 1958a, 1958b) compared with final preferendum 13.6°C found by Garside and Tait (1958); for Atlantic salmon the zone is between 9 and 17°C (Mantelman, 1958a) compared with final preferendum of 14 to 15°C found by Fisher and

Elson (1956) for newly hatched fish; for common carp the results extrapolate close to 32°C (Mantelman, 1958a) as also found by Pitt, Garside and Hepburn (1956). Estimated values for other species are even less reliable: the minimum estimate of the preferred temperatures derived from data of Lenkiewicz (1964) in a vertical temperature gradient is 17°C for Leuciscus idus, 19°C for bream and 27°C for crucian carp (Carassius carassius). For Coregonus lavaretus marenoides and C.l. ludoga the value is estimated at about 15°C (Shkorporatov, 1965, 1966), lower than this for C.l. baunti and C. autumnalis (Mantelman, 1958a) and higher than 19°C for the sturgeon (Acipenser rhutenus) (Shkorporatov, 1954).

(23) The terms "preferred" or "selected" temperature are sometimes considered synonymous with "optimum" temperature (Ivlev, 1958; Ivlev and Leizerovich, 1960). Mantelman (1958a) has drawn attention to the convergence of the zone of preferred temperatures with the range at which food intake is highest. With Atlantic salmon, Nikiforov (1953) found that feeding and growth were highest at 13 - 15°C, though with common carp food intake was highest between 23 and 27°C (Shpet, 1952, 1953, quoted by Mantelman, 1958a). On the other hand, with Coregonus lavaretus marenoides optimal feeding temperatures in July appear to be much higher than the estimated final preference (paragraphs 19 and 22).

## 5. TEMPERATURE AND POLLUTION

(24) Low levels of dissolved oxygen have been shown to reduce the lethal high temperatures for common carp (Shkorporatov, 1963) and also for roach and trout (Alabaster and Downing, 1967). In these cases, reducing the dissolved oxygen to about half the air saturation value has only a small effect on lethal temperature but any further reduction has a much larger one. With Coregonus lavaretus marenoides however, the effect of any reduction below 10 p.p.m. dissolved oxygen has an immediate effect upon lethal temperatures (Shkorporatov, 1963). The effect of increased temperature on increasing the asphyxial level of the dissolved oxygen has been demonstrated by Privolnev (1954, 1963), Lozinov (1952) and Kempínska (1960). However, the results may be influenced somewhat by acclimation of the fish to various dissolved oxygen concentrations and temperatures (Shkorporatov, 1964; Nikiforov, 1953b; Strel'tsova et al., 1964), and it may be noted that results of tests using sealed bottles (Lozinov, 1952) are difficult to interpret, because the dissolved oxygen concentration is falling while the carbon dioxide concentration is increasing.

(25) In polluted water, the effect of increased temperature depends on the type and concentration of polluting matter. In general, increase in temperature reduces the time of survival of fish in lethal concentrations of poison, and Bodrova and Kraukhin (1956) found that the toxicity of phenol increased with increase in temperature. However, the threshold concentration of a poison may not be reduced at high temperatures; it may be unchanged or even increased, implying a reduction in toxicity with increase in temperature - indeed, recent work in Britain shows that the 48-hour median lethal concentration of phenol is increased with temperature (Brown et al., 1967).

## 6. TEMPERATURE AND OTHER AQUATIC ORGANISMS

### 6.1 Invertebrate Food Organisms

(26) As with fish, the development of invertebrates is accelerated by increased temperature. Manuilova (1954) found that a temperature rise of about 15 deg.C reduced the embryonic development time of Daphnia cucullata from about 3½ days to 1 day and Cheremisova (1958) has obtained similar results. Data on the effect of temperature on the time of development of the egg and larval stages of various copepods are given

by Malovitskaia (1965), Monakov (1962) and Sushkina (1964), and for cladocerans by Smirnov (1965), Cheremisova (1958), Pechen' (1965) and Hrbáčková-Essllová (1966), and the relationship between development time and temperature for crustaceans can be expressed by Krogh's curve (Vinberg, Pechen' and Sushkina, 1965; Hilbricht-Ilkowska and Patalas, 1967). Marked acceleration of development with increase in temperature has also been observed in rotifers (quoted in Patalas, 1966).

(27) A marked increase in size of Daphnia cucullata over a 7-year period has recently been observed in Lake Lichen, Poland, which is heated up to 30°C by warm effluents. The zooplankton biomass is similar to that in adjacent unheated lakes but, because of a more rapid growth and development at higher temperatures, productivity has been much greater. However, the biomass in the effluent at the point of discharge is about half that in the cooling water intake (Patalas, personal communication).

(28) The rate of development of tendipedid larvae is increased up to three-fold with a temperature rise from 15 - - 25°C, depending upon the species (Konstantinov, 1958). With some, (e.g. Chironomus plumosus) metabolism increases over the range 4 - - 27°C but breaks down above an upper limit; with C. antracinum maximum growth occurs at 25°C, there being some reduction at 30°C; and with C. dorsalis lethal temperatures vary between 34 and 37°C. Kasymov and Khailov (1966) found that Polypedilium brevi antennatum continued to feed at temperatures up to 35°C.

(29) These data show that within these groups of animals, representing some of the principal sources of fish food, some species have a thermal tolerance equal to that of the most resistant fish. There seems therefore little danger that fish feeding on this group of organisms would suffer from food shortage within a temperature range which they themselves could tolerate.

(30) Mention has already been made (paragraphs 19 and 23) of optimum temperatures for feeding. These are probably different for each species and probably not the same as the optima for the development of food animals. However, within the narrow limits of summer temperature (17.8 to 21.4°C), a close correlation has been found between common carp production in some ponds of Poland and mean temperature for June and July (Backiel and Stegman, 1966) so that, at least in this simple monoculture system, the production of food animals seems to keep pace with the intensity of predation by the fish; over the season, an increase of mean summer temperature of 1 deg.C increases production by 50 kilograms per ha. A similar clear relationship between carp production (at 7 weeks of age) and mean temperature between 14.7 and 18.5°C was found in Belgium by Timmermans (1962).

## 6.2 Parasites and Diseases

(31) Temperature affects the development of parasites and pathogenic bacteria and may also affect the resistance of fish to disease, for example by affecting antibody production. Zmerzlaia (1965) has reported that the time for development of Eimeria carpelli in the gut of common carp was reduced from 17 days at 17°C to 7 days at 19.9°C. Bothriocephalus gowkongenis, a parasite of grass carp (Ctenopharyngodon idella), reaches sexual maturity twice as fast at 22 to 25°C than at 16 to 19°C (Musselius, 1963). The fastest development of Dactylogyrus vastator eggs and the most violent invasion of common carp by this parasite has been recorded at 22 to 24°C (Bykhovskii and Iziumova, 1963). Mass mortality of common carp caused by abdominal dropsy is usually observed in the warmer season of the year. Thus some parasites and diseases might be a greater danger to fish at high temperature.

(32) In winter, the absence of ice cover on heated water attracts water fowl, many of which act as intermediate hosts to some fish parasites. In Lake Lichen, a considerable proportion of bream were heavily infested with Ligula (Zawisza, personal communication) possibly because of vigorous development of the parasite at the higher temperatures.

### 6.3 Plants

(33) The flourishing development of plants found in heated water may have some effect on fish. In Lake Lichen, a 2½-fold increase in phytoplankton production accompanied by a halving of water transparency to one metre has been observed compared with neighbouring unheated lakes. Furthermore, large quantities of algae, chiefly Oscillatoria limosa developing on the bottom of the effluent channel formed large floating masses at the surface; however, their effect on fish is unknown (Patalas, personal communication).

## 7. HEATED EFFLUENTS AND FISHERIES

(34) Changes in the rate of development, growth, mortality and behaviour of fish with increase in temperature can result in changes in population structure. This is evident, for example, in comparing the age of bream in different climatic zones; fish, 18 or more years old, are found in cool Karelian lakes, whereas 10-year-old fish are the exception in the fairly warm Caspian Sea (Backiel and Zawisza, 1966). Similar trends occur in other species (Berg, 1949).

(35) The development of sexual maturity is accelerated by high temperature, and it is well known that differences in the time of maturation within a species are associated with differences in climatic conditions linked with latitude (Kusmin, 1957). Earlier commencement of spawning by the southernmost populations of a species compared with the northernmost ones is due to differences in gonad development (Koshelev, 1963). A similar effect has been described by Shkorbatov (1963) for Coregonus lavaretus marenoides and C. peled originating from the Leningrad area (latitude 59° 43') and acclimated in ponds near Kharkov (latitude of 50° 00').

(36) In Lake Lichen, which has been heated for the past eight years, an advance in the time of spawning of the local populations of white bream (Blicca bjoerkna), tench (Tinca tinca) and pike-perch (Lucioperca lucioperca) has been observed. Moreover, common carp, which do not propagate in Poland's natural waters at all, reproduce successfully in the lake (Wilkonska and Horoszewicz, personal communication). On the other hand, the spawning time of pike has remained unchanged whilst that of roach and perch (Perca fluviatilis) has advanced only slightly and, as a result, spawning proceeds at higher temperatures than formerly (approximately 11 to 15°C for pike, 16 to 18°C for roach and 12 to 18°C for perch). However, these species are reckoned among the less abundant in the lake at present (Frieske, personal communication). Preliminary catches of young fish (in July and September, 1966) revealed the predominance of white bream, rudd and tench; young bream were also fairly abundant and there was a medium-sized population of small roach; young perch were found only occasionally and young pike were entirely absent (Wilkonska, personal communication). It is possible, however, that temperature during spawning is not the sole cause of these changes in population.

(37) High abundance of roach has been noted in some British rivers receiving heated effluents where summer temperatures do not exceed 26°C and low abundance where they exceed 30°C (Alabaster and Downing, 1967). Common carp in particular have congregated in heated effluent outfalls and attempts have been made in U.S.S.R. to rear them in floating cages in heated water reservoirs (Korneev, 1965; Revich, 1965).

## 8. TENTATIVE TEMPERATURE CRITERIA

(38) Freshwater fish in Europe differ in their tolerance to high temperature depending on species, stage of development, acclimation temperature, dissolved oxygen, pollution, season and the extent to which the environment is heated. In this report, tentative temperature criteria are proposed which take no account of the effect of



pollution. It is however essential to remember that the different temperature conditions are permissible at different times of the year and to assess not only maximum permissible temperatures but also maximum permissible increments of temperature.

### 8.1 Winter

(39) An increase in water temperature of 2 deg.C from about 0°C in winter at the time of reproduction of burbot (Lota lota) would destroy this species although the majority of other species would be almost unaffected.

(40) Raising the temperature 5 to 6 deg.C in autumn and winter may result in higher mortality among the embryos of salmonids and also reduce the size, weight and vitality of the hatched fry.

### 8.2 Spring

(41) Preliminary observations on Lake Lichen suggest that a rise of 5 to 6 deg.C is detrimental to pike embryos but for the majority of cyprinids is unlikely to increase the mortality of embryos and larvae significantly, since, in general, this group tolerates an increase of temperature of 8 to 10 deg.C during the embryonic stage.

(42) Adult fish can usually tolerate a wider range of temperature than embryos. They can live for a short time at temperatures bordering on lethality and for somewhat longer at temperatures at which they become restless and abstain from feeding. Lack of data concerning the maximum temperatures at which fish feed precludes the drawing of definite conclusions but it seems likely that, if water is heated to within 1 or 2 deg.C of the disturbing temperatures, most species would continue to feed.

### 8.3 Summer

(43) For members of the genus Salmo, inhabiting waters in which natural summer temperatures are 20 to 21°C, any extra heating may lead to their destruction; 20 to 21°C should therefore be accepted as the upper permissible temperature for salmon and trout waters during the warmest season of the year.

(44) Coregonids (except at the embryonic stage) can withstand a rise of temperature of 5 to 6 deg.C but the maximum for the summer months should not exceed 22 to 23°C.

(45) For many cyprinids the permissible increase of temperature is about 6 deg.C above the natural ambient values, with an upper limit of 30°C during the warmest season.

(46) Although these criteria would not necessarily ensure the maintenance of existing fisheries, it is reasonable to expect that an increase in temperature of 5 deg.C to a maximum no greater than 23°C would destroy salmonid populations except for some species of Coregonus, and heating by 8 deg.C to a maximum no greater than 30°C would favour a preponderance of cyprinids.

AVANT-PROPOS

Ce rapport est le troisième d'une série sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens préparé pour la Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux intérieures (CECPI), organisation intergouvernementale comprenant 21 Etats Membres. La CECPI à sa Seconde Session, Paris, 1962, a pris acte de la recommandation de la Conférence sur les problèmes de pollution des eaux en Europe (1961) que la CECPI prenne l'initiative pour l'établissement de critères de qualité des eaux en ce qui concerne les pêches intérieures 1/.

Ainsi qu'il a été mentionné aux deux premiers rapports 2/, la Commission a approuvé que "l'exploitation rationnelle d'un système fluvial exige qu'il soit fourni de l'eau d'une qualité appropriée pour chaque utilisation qui en est faite ou que l'on entend en faire, et que cette qualité soit atteinte ou maintenue normalement par le contrôle de la pollution. Il était donc nécessaire de connaître les normes requises pour chaque utilisation particulière, afin de déterminer le degré nécessaire de lutte contre la pollution et de prévoir l'effet probable de déversements plus importants ou nouveaux effluents. On a fait remarquer que les normes de qualité pour l'eau de boisson ont été bien définies par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et que pour certaines utilisations agricoles et industrielles des normes ont aussi été définies. Cependant, les critères de qualité de l'eau pour les poissons n'ont pas reçu l'attention qu'ils méritent. Beaucoup trop souvent, on a considéré que l'eau convient bien aux poissons tant qu'il n'y a pas de mortalité évidente pouvant être attribuée à des polluants connus. La dégradation de l'habitat aquatique par pollution et la diminution de la production annuelle et la production subséquente de la pêche sont souvent passées inaperçues.

S'appuyant sur ces arguments, il a été décidé que la Commission entreprenne l'établissement de critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Ce travail consistait en un examen critique de la documentation et, très probablement, d'expériences pour éclaircir les contradictions et combler les lacunes des connaissances, suivi par des recommandations visant à fixer les exigences désirables pour les organismes aquatiques ou groupe d'organismes variés en ce qui concerne les différentes qualités de l'eau. Les critères finaux devaient être publiés et faire l'objet d'une large diffusion."

Pour accomplir cette tâche, la Seconde Session de la Commission a créé un Groupe de Travail d'experts, qui ont été choisis sur la base de leurs connaissances des exigences physiques, chimiques et biologiques des poissons d'eau douce européens. Ce Groupe de Travail a préparé un premier rapport sur les solides finement divisés et les pêches intérieures, mentionné plus haut, qui a été soumis à la Troisième Session de la Commission, Scharfling am Mondsee, 1964, où il a reçu le plein accord de la Commission. Le deuxième rapport, sur les valeurs extrêmes du pH et les pêches intérieures (voir note 2/) a été publié au début de 1968, à temps pour être présenté à la Cinquième Session de la CECPI (Rome, mai 1968) qui l'a approuvé à l'unanimité.

1/ Voir respectivement: Rapport de la CECPI, Deuxième Session, 1962, pages 7-8. Nations Unies (1961) Conférence sur les problèmes de la pollution des eaux en Europe, tenue à Genève du 22 février au 3 mars 1961. Documents soumis à la Conférence, volumes I-III, Nations Unies, Genève, 600 pages.

2/ Rapport sur les solides finement divisés et les pêches intérieures, EIFAC tech.Pap., (Fr) (1):27 p., 1964.  
Rapport sur les valeurs extrêmes du pH et les pêches intérieures, EIFAC tech.Pap., (Fr) (4):26 p., 1968.

Outre la revue critique de la documentation sur la température de l'eau et les valeurs du pH, la Commission avait décidé lors de sa Quatrième Session 3/ (Belgrade, 1966) d'étudier les phénols, les insecticides, les herbicides. Après la Quatrième Session, la FAO a nommé un consultant pour passer en revue la documentation mondiale sur les besoins des poissons d'eau douce en oxygène dissous. Lors de sa Cinquième Session (Rome, 1968) 4/, la Commission ré-examinant les priorités des études ultérieures a décidé d'entreprendre la revue critique de la documentation sur les effets de l'ammoniaque et des phénols qui feront l'objet de prochains rapports. La Commission continuera, également, l'étude de la température de l'eau et les pêches intérieures et, en fin de compte, examinera en détail la nature et l'étendue des problèmes de pollution des eaux affectant les pêches intérieures en Europe, avant d'entreprendre d'autres études.

Pour la préparation de ce rapport, le Groupe de Travail, ainsi qu'il l'avait fait pour les deux précédents, a tout d'abord convenu que:

"Les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce doivent permettre le déroulement complet de tous les cycles de vie. En plus, ils ne doivent pas provoquer dans l'eau des cours d'eau des conditions telles que la chair des poissons prenne une odeur et un goût étrangers ou que ces poissons soient amenés à désertter une partie du cours qu'ils fréquenteraient autrement ou donner lieu à l'accumulation de substances nocives chez les poissons à un degré tel qu'il y aurait danger à les consommer. Les facteurs indirects, tels que ceux qui affectent les organismes servant de nourriture aux poissons, doivent aussi être considérés si ces organismes jouent un rôle important."

Au cours de l'examen de la documentation sur la température de l'eau et les pêches intérieures, il est apparu qu'une attention particulière devait être accordée à la documentation slave qui, outre son importance, et contrairement à la documentation provenant d'autres pays, est à peu près inconnue hors de la région. Dans le présent rapport, des informations amplement détaillées ont été incluses sous forme de tableaux, ce qui n'est pas le cas lorsque la documentation est à la portée de tout le monde. Sauf indication contraire, toute la documentation se réfère à l'Europe orientale. Il est évident que cette documentation partielle déséquilibre le rapport, mais cet inconvénient est compensé par une publication immédiate. On espère, néanmoins, pouvoir présenter un rapport plus complet à une date ultérieure. Entre-temps, comme seconde mesure intérimaire, le Groupe de Travail prépare une liste de références qui n'apparaissent ni dans les récentes bibliographies, ni dans le présent rapport.

La préparation du présent rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures basé essentiellement sur la documentation slave a été effectuée en grande partie par le Dr. T. Backiel et le Dr. L. Horoszewicz (Pologne) qui ont préparé le premier texte du manuscrit, qui a été révisé par les experts ci-après, également désignés membres du Groupe de Travail sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens:

M. J.S. Alabaster	(Royaume-Uni)	<u>Organisateur du Groupe</u>
Dr. Torsten B. Hasselrot	(Suède)	
M. A.V. Holden	(Royaume-Uni)	
M. R. Lloyd	(Royaume-Uni)	
Prof. R. Marchetti	(Italie)	
Prof. H. Reichenbach-Klinke	(Rép.Féd. d'Allemagne)	

3/Rapport de la CECPI, Quatrième Session, 1966, page 28

4/Rapport de la CECPI, Cinquième Session, 1968, pages 33-5

---

Secrétariat de la FAO: M. William A. Dill - Secrétaire de la CECPI  
M. Jean-L. Gaudet - Secrétaire-adjoint de la CECPI

Le premier texte du présent rapport a été examiné par la Cinquième Session de la CECPI (Rome, 20-24 mai 1968) qui demanda qu'une fois complété, il soit diffusé largement, traduit dans d'autres langues et publié dans des revues scientifiques.

## RESUME

La température joue un rôle important dans l'établissement des critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens, du fait que l'industrie utilise de grandes quantités d'eau aux fins de refroidissement.

Il y a une gamme normale de températures dans les régions tempérées entre 0 et 30°C auxquelles les poissons sont adaptés. Les poissons diffèrent, néanmoins, par leur tolérance aux températures élevées, suivant l'espèce, le stade de développement, la température d'acclimatation, le taux d'oxygène dissous, la pollution, la saison et le degré de réchauffement du milieu ambiant. Dans le présent rapport des critères provisoires de température sont proposés sans tenir compte des effets de la pollution. Il était important de distinguer les conditions de températures tolérables à différentes époques de l'année et de déterminer non seulement les températures maximales tolérables, mais, aussi, les marges d'augmentation maxima de températures tolérables.

### Hiver

Une augmentation de la température de l'eau de 2 deg.C à partir d'environ 0°C en hiver au temps de la reproduction de la lotte détruirait cette espèce. Une augmentation de la température de 5 ou 6 deg.C en automne et en hiver peut affecter les salmonidés.

### Printemps

Une augmentation de 5 à 6 deg.C est nocive pour les embryons de brochet. La plupart des cyprinidés tolèrent une augmentation de température de 8 à 10 deg.C au cours des stades embryonnaires.

En général, les poissons adultes peuvent tolérer une gamme de températures plus étendue que les embryons. Il semble probable que, si la température de l'eau approche du niveau perturbateur, la plupart des espèces continueraient à s'alimenter.

### Eté

Pour les salmonidés du genre Salmo 20 à 21°C devrait être accepté comme la température tolérable maximum durant la saison la plus chaude de l'année.

Les corégonidés peuvent supporter une augmentation de température de 5 à 6 deg.C mais le maximum pour les mois d'été ne devrait pas excéder 22 à 23°C.

Pour de nombreux cyprinidés l'augmentation tolérable de température est d'environ 6 deg.C au-dessus des valeurs naturelles ambiantes, avec une limite maximum de 30°C durant la saison plus chaude.

Bien que ces critères n'assurent pas nécessairement la survie des pêcheries existantes, il est à craindre qu'une augmentation de température de 5 deg.C avec un maximum n'excédant pas 23°C détruise les populations des salmonidés, à l'exception de quelques variétés de Coregonus, alors qu'un réchauffement de 8 deg.C avec un maximum n'excédant pas 30°C amènerait une prépondérance de cyprinidés.

## 1. INTRODUCTION

(1) Dans les régions tempérées, la température des eaux intérieures naturelles varie en général entre 0 et 30°C, les températures maximales étant mesurées particulièrement en été dans les eaux peu profondes (Lityński, 1952; Gozek, 1961; Mikulski, 1963); ce n'est qu'exceptionnellement que les minima tombent au-dessous de 0° en hiver. Les poissons d'eau douce indigènes de ces régions sont adaptés à ces variations saisonnières de température et ils peuvent même (ainsi d'ailleurs que les espèces acclimatées) résister à des variations excédant cette gamme, en particulier lorsqu'elles sont de faible durée; par contre, les variations exceptionnelles à l'intérieur de la gamme peuvent leur être mortelles.

(2) L'industrie, principalement celle productrice d'énergie électrique, utilise pour refroidissement des quantités d'eau importantes, pouvant atteindre 5 mètres cubes environ par seconde pour 100 mégawatts de puissance installée dans les centrales utilisant les combustibles classiques et même le double dans les centrales nucléaires (Mandelbrot, 1966). En Grande-Bretagne, les quantités d'eau utilisées dans les grandes centrales de 2.000 mégawatts sont nettement inférieures (3 mètres cubes par seconde pour 100 mégawatts) (Clark et England, 1962) et moindres encore (2,5 mètres cubes par seconde pour 100 mégawatts) dans les centrales de 2.500 mégawatts. Avec les systèmes de refroidissement "ouverts" ou "directs", la température de l'eau de refroidissement augmente en général de 7,5 à 11 deg.C (Rozenbejn, 1958; Stangenberg, 1958), sauf en hiver où l'augmentation est fréquemment supérieure (12 à 16 deg.C)<sup>1/</sup>. En Grande-Bretagne, l'accroissement de la température est normalement de 6 à 9 deg.C; toutefois les systèmes de refroidissement directs sont quelquefois utilisés en liaison avec des systèmes fermés comportant des colonnes de refroidissement; la température des effluents réchauffés et écoulés est alors généralement supérieure à celle relevée avec les systèmes de refroidissement direct indépendants. La tendance future porte sur les grandes centrales utilisant, pour leur refroidissement, de l'eau de mer ou d'estuaires dont les variations de température devraient atteindre près de 13 deg.C.

(3) Le déversement d'aussi grandes quantités d'effluents réchauffés peut porter la température des eaux réceptrices à plusieurs degrés au-dessus de la normale et affecter directement et indirectement les organismes aquatiques, y compris les poissons (en affectant par exemple la solubilité des gaz et les taux d'oxydation). C'est pourquoi il convient de savoir dans quelle mesure les poissons d'eau douce peuvent survivre au réchauffement artificiel du milieu ambiant et quels sont les seuils de température maximum compatibles, non seulement avec la survie des différentes espèces, mais encore avec l'existence de pêcheries florissantes.

## 2. CONSIDERATIONS GENERALES

### 2.1 Température et métabolisme

(4) Le taux de métabolisme des animaux poïkilothermes dépend de la température. Vinberg (1956), prenant la consommation d'oxygène des poissons comme indice de leur métabolisme, a noté qu'elle est liée à la température suivant la courbe dite "normale" de Krogh. Toutefois, d'après Stroganov (1956, 1962), le rapport est plus complexe, en ce sens qu'il y a un "plateau" dit de "zone d'acclimatation thermique" où le métabolisme n'augmente que lentement en réponse aux augmentations de température.

<sup>1/</sup>L'abréviation "deg.C" est utilisée pour des différences ou des gammes de températures; "°C" est utilisé pour des valeurs absolues.

Cette zone n'existe que pour les poissons parfaitement acclimatés à la température. C'est pourquoi Stroganov l'associe à la gamme normale des températures à laquelle l'espèce est acclimatée. Une zone comparable a été notée par Pegel et Remorov (1959) à l'occasion de leurs recherches sur la teneur du sang en sucre et en azote en liaison avec la fréquence des mouvements respiratoires et cardiaques.

(5) Toutefois, le taux du métabolisme du poisson au repos tend à augmenter sous l'effet de stimuli externes, et la portée de ceux-ci et de toute autre activité excédant le métabolisme basal a été étudiée, et on a trouvé une valeur optimale à des températures qui ne sont pas nécessairement conformes à celles notées pour le maximum du métabolisme basal (Fry, 1957).

(6) Stroganov (1956) et Shkorbatov (1964a, 1964b) considèrent que la mort par échauffement est le produit d'un déséquilibre entre divers processus métaboliques et Prosser, Precht et Jankowsky (1965) suggèrent que cela pourrait dépendre des centres nerveux.

## 2.2 Acclimatation thermique

(7) Les modifications du métabolisme ne suivent pas immédiatement les modifications de la température ambiante, notamment lorsque les variations sont assez brutales; mais lorsqu'un nouveau taux de métabolisme a été établi, l'animal est censé être acclimaté. Cela n'est toutefois possible que dans une gamme assez restreinte de températures - la gamme physiologique normale (Stroganov, 1956) - et ses effets sur les tissus animaux et l'ensemble de l'organisme, indépendamment de l'âge, sont nombreux et variés et comportent notamment une tolérance thermique accrue, avec une augmentation de la température d'acclimatation ou inversement.

(8) Shkorbatov et Kudriavtseva (1964) ont découvert que la durée de la sensibilité aux stimuli électriques d'un muscle isolé passe de 68 à 140 minutes lorsque la température d'acclimatation passe de 3 à 26°C. Cette observation a été confirmée par Kusakina (1962), qui a également étudié l'activité des choline-estérases chez dix espèces de poissons du Lac Baikal habitant dans des zones de différentes températures. Il convient cependant de noter que la résistance thermique des tissus et des systèmes enzymatiques expérimentés in vitro pourrait être supérieure à celle de l'animal intact (Shkorbatov, 1964a).

## 3. EMBRYONS DE POISSONS

### 3.1 Période de croissance

(9) Les relations température-métabolisme ont pour effet une modification du taux de croissance en liaison avec la température, notamment aux stades initiaux. Tatarko (1965, 1966) a montré qu'à une température de 30°C la durée du développement embryonnaire de la carpe commune (Cyprinus carpio) n'est que la moitié environ de la durée à 20°C. Des résultats comparables ont été obtenus, à des températures inférieures, pour le saumon de l'Atlantique (Salmo salar) (Vernidub, 1963), la truite brune (S. trutta) (Kowalska, 1959), la brème (Abramis brama), la sandre (Lucioperca lucioperca) (Vladimirov, 1955) et le brochet (Esox lucius) (Lecyk, 1965).

(10) Toutefois, l'augmentation de la taille peut ne pas correspondre à la croissance; à des températures extrêmement élevées, la taille des embryons à peine éclos peut être inférieure à la normale: c'est le cas du saumon de l'Atlantique entre 10 et 12°C (Vernidub, 1963), de la truite au-delà de 7,5°C (Kowalska, 1959) et du brochet au-delà de 7,6°C environ, alors que par ailleurs leur développement est normal (Lecyk, 1965). En outre, le taux des anomalies et de la mortalité pourrait être supérieur aux températures élevées. Pour la carpe commune, le taux d'éclosion n'atteint pas 60 pourcent à 22°C et au-delà (Tatarko, 1965) et les anomalies dépassent 20 pourcent à 27°C et

au-delà (Tatarko, 1965; Shuliak, 1965); pour le gardon (Rutilus rutilus), le taux d'éclosion est légèrement réduit à 20°C et au-dessus et le taux d'anomalies augmente sensiblement au-delà de 16°C (Reznichenko et al., 1962).

### 3.2 Acclimatation

(11) L'acclimatation rapide au début de la croissance a fait l'objet de recherches à différentes températures, le critère le plus fréquemment employé étant celui du taux d'anomalies et de mortalité. Persov (1950) et Korovina (1960) ont noté une diminution de la résistance aux variations de températures élevées pour les embryons de loche (Misgurnus fossilis) nés de femelles exposées brièvement à des températures élevées pendant l'ovulation (de 12 à 25 heures entre 16 et 19°C). Par contre, Vernidub (1951) a montré que plus la température est élevée entre les valeurs extrêmes de 0,5 et 4°C pendant la croissance de la corégone (Coregonus lavaretus ludoga) et plus faible est le taux de mortalité des embryons brièvement exposés par la suite à 21°C. En outre, les embryons ayant survécu à une exposition de 2 à 3 heures à 21°C s'avèrent ensuite plus résistants à une température de 25°C que les embryons qui n'avaient jamais été exposés à 21°C, l'effet le plus évident observé après une exposition initiale de 3 heures.

(12) Dziekonska (1958), Orska (1956) et autres ont souligné les différences de résistance apparaissant à divers stades de la croissance lorsque les températures ont été augmentées ou diminuées pour une durée d'au moins 5 heures; la gastrula est particulièrement sensible chez les corégonidés (Vernidub, 1951) et l'esturgeon (Acipenser stellatus) (Nikiforov, 1949), alors que la blastula est le stade le plus sensible chez le brochet (Volodin, 1960c). Le brochet a toutefois survécu à des variations entre 3 et 24°C, alors que la brème a supporté des fluctuations de 10 à 18°C (Volodin, 1960b) et que la carpe commune a mieux supporté un passage de 20 à 30°C que le passage inverse, de 30 à 20°C (Shuliak, 1965), alors qu'on n'a pas enregistré de mortalité massive lorsque la température de certaines frayères à gardons variait entre 9 et 19°C (Zuromska, 1967).

(13) Les différences de gamme et de niveau des températures supportables pour les embryons de certaines espèces sont liées aux conditions propices à la propagation naturelle (Tableau I). Cette gamme est de 5 à 20°C pour le gardon, de 8 à 23°C pour la brème, supérieure à 17°C pour la carpe commune et de 0 à 3°C pour les corégonidés.

(14) Se fondant sur les paragraphes 10 à 13 ci-dessus, on peut avancer les conclusions suivantes: l'incubation des oeufs à des températures supérieures à celles normalement rencontrées dans des conditions naturelles provoque une mortalité accrue et des anomalies chez les embryons, dont la taille et le poids se trouvent réduits. La gamme optimum pour les cyprinidés est de l'ordre de 10 deg.C et la même amplitude est probablement valable aussi pour le brochet. Par contre, pour le saumon de l'Atlantique, encore que d'une amplitude comparable, la gamme se place à un niveau inférieur, la taille des embryons diminuant entre 10 et 12°C. Pour la lotte (Lota lota), la gamme est particulièrement restreinte, les oeufs ne se développant normalement qu'entre 0,5 et 1°C et des pertes considérables se produisant à 1,5°C (Volodin, 1960a).

(15) Il convient de noter que les gammes de températures ne provoquant pas d'accroissement de la mortalité sont moins étendues pour les embryons que pour les adultes (paragraphe 18); toutefois, les critères fondés sur ces gammes ne sont applicables que pour une période déterminée de l'année.

## 4. ALEVINS ET ADULTES

### 4.1 Températures mortelles et "perturbatrices"

(16) Du fait des différences entre les méthodes expérimentales utilisées par les



chercheurs, il est impossible d'établir une définition certaine de la température mortelle. En général, chez les auteurs slaves, on considère que c'est la température provoquant la mort de 50 pourcent d'un échantillon de poissons lorsque celle-ci augmente régulièrement de 5 à 6 degrés par heure. Dans l'ensemble, une augmentation de 3 degrés de la température d'acclimatation accroît la température mortelle de 1 deg.C, jusqu'au moment où l'on atteint le seuil critique au-delà duquel l'acclimatation n'est plus possible. En conséquence, les variations saisonnières des températures ambiantes, ainsi que les différences entre les latitudes extrêmes des limites géographiques d'une espèce, influent sur les températures mortelles, encore que d'autres facteurs puissent également avoir leur importance.

(17) Les limites supérieures de la température viable possible ne sont pas nécessairement celles où un individu peut subsister, mais bien plutôt celles à l'intérieur desquelles une population entière peut se développer. L'un des critères qui a été proposé est la température "d'agitation" ou "de perturbation", qui est la valeur à laquelle les poissons commencent à manifester une activité accrue ou à modifier leur comportement, et probablement aussi à ressentir des troubles physiologiques lorsqu'ils sont soumis à des températures croissantes. Lorsqu'il est déterminé pour une augmentation moyenne de la température de 6 deg.C par heure, il correspond sans doute approximativement à la limite supérieure de la zone de tolérance thermique ou à l'amorce de la température maximum de mortalité, ainsi qu'elle a été définie par Fry, mais aucune donnée n'existe permettant une comparaison directe.

(18) Les températures mortelles et perturbatrices sont récapitulées dans les tableaux II et III. Il convient de noter que la méthode expérimentale pourrait conduire à sous-estimer les effets mortels des températures élevées, du fait que les températures continuent à augmenter alors même que les poissons meurent; par suite, les valeurs mortelles obtenues lorsque les poissons sont transférés à des températures constamment élevées (Alabaster et Downing, 1967, pour le gardon, le rotengle (Scardinius erythrophthalmus), la brème et la truite) sont inférieures aux valeurs figurant dans les tableaux II et III et supérieures aux températures de perturbation.

#### 4.2 Réduction du rythme alimentaire

(19) Pour la carpe commune des eaux ukrainiennes, les températures mortelles s'établissaient de 34 à 36°C environ et la température de perturbation n'excédait pas 31,3°C (Shkorbatov, 1954); en outre, une diminution sensible du rythme alimentaire était notée vers 29 à 30°C. De même, la température maximum à laquelle Coregonus lavaretus maronoides s'alimente était inférieure de 3 deg.C environ, en juillet, à la température mortelle pour cette espèce et se rapprochait de la température de perturbation de juillet à octobre (Shkorbatov, 1963). On en déduit que le poisson peut se développer à des températures voisines de la température de perturbation et que les seuils relatifs aux températures maximales de l'eau pourraient être fixés à des valeurs légèrement inférieures. Au printemps, on a noté que les températures perturbatrices et mortelles sont nettement plus rapprochées et s'établissent à près de 3 deg.C au-dessus des valeurs maximales auxquelles le poisson s'alimente.

#### 4.3 Températures "préférées"

(20) Un autre indice des besoins des différentes espèces de poissons en matière thermique est celui de la température "préférée" ou "sélectionnée", qui est la température à laquelle on trouve normalement les poissons, libres de se mouvoir à l'intérieur d'un gradient thermique généralement déterminé de manière expérimentale. Cette température dépend principalement de la température à laquelle le poisson est acclimaté; si celle-ci était élevée, la température sélectionnée est plus faible et vice-versa. Il y a par conséquent un point où les températures d'acclimatation et préférée sont identiques, c'est ce que l'on appelle la température préférée finale ou "preferendum".

(21) Seulement quelques jours d'acclimatation préalable sont susceptibles de modifier la valeur préférée dans le même sens que celui du changement de la température d'acclimatation (Mantelman, 1958a et 1958b; Lenkiewicz, 1964; Shkorbatov, 1966). Toutefois, on a également montré (Mantelman, 1958a, 1958b) que pour des alevins de truite transférés de 19°C à 6,5 ou 8°C la chute brutale initiale de la valeur préférée est suivie d'une lente augmentation étalée sur plusieurs mois, sans doute à la suite d'une nouvelle acclimatation et d'effets saisonniers. Cela a été démontré par une diminution régulière de la température préférée, qui passe de 15 à 9°C entre juillet et août pour des poissons maintenus entre 16 et 18°C pendant cette période (Mantelman, 1958a). Si des expériences devaient être effectuées sur de longues périodes à l'intérieur d'un gradient de températures donné, une certaine acclimatation pourrait se produire et les températures sélectionnées tendraient à se rapprocher du *preferendum* final qui, de son côté, pourrait subir des variations saisonnières. De telles expériences, conduites en Angleterre sur des gardons, laissent supposer une valeur finale de 20 à 25°C pour cette espèce (Alabaster et Downing, 1967).

(22) En général, les données slaves sont plutôt imprécises pour ce qui est des *preferenda* finaux parce que les températures d'acclimatation sont relativement faibles; par contre, les expériences canadiennes ont fourni des *preferenda* finaux plus précis parce qu'elles comprenaient des températures d'acclimatation beaucoup plus élevées. Il est malgré tout possible de tirer des données disponibles un minimum des *preferenda* finaux; cela permet d'établir une comparaison entre différentes espèces et entre les travaux de divers chercheurs. Les valeurs relatives à la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdnerii*) s'établissent entre 9 et 17°C (Mantelman, 1958a, 1958b) comparées au *preferendum* final de 13,6°C, déterminé par Garside et Tait (1958); pour le saumon de l'Atlantique, la gamme s'établit entre 9 et 17°C (Mantelman, 1958a) comparées au *preferendum* final de 14 à 15°C, déterminé par Fisher et Elson (1956) pour des embryons nouvellement éclos; pour la carpe commune, les résultats obtenus par extrapolation, soit 32°C, se rapprochent de ceux de Pitt, Garside et Hepburn (1956). Les estimations concernant d'autres espèces sont moins sûres; la valeur minimum estimée pour les températures préférées sur la base de données de Lenkiewicz (1964) à l'intérieur d'un gradient de températures vertical est 17°C pour *Leuciscus idus*, 19°C pour la brème, et 27°C pour le carassin (*Carassius carassius*). Pour *Coregonus lavaretus marenoides* et *C.l. ludoga*, la valeur correspondante est estimée à 15°C environ (Shkorbatov, 1965, 1966), inférieure pour *C.l. baunti* et *C. autumnalis* (Mantelman, 1958a) et dépassant 19°C pour l'esturgeon (*Acipenser rhutenus*) (Shkorbatov, 1954).

(23) Les termes "préférée" ou "sélectionnée" appliqués aux températures sont quelquefois utilisés comme synonymes de température "optimum" (Ivlev, 1958; Ivlev et Leizerovich, 1960). Mantelman (1958a) a attiré l'attention sur la convergence qui existe entre la zone de température préférée et les valeurs pour lesquelles l'ingestion d'aliments est maximum. Pour le saumon de l'Atlantique, Nikiforov (1953) a déterminé que l'alimentation et la croissance sont maximales entre 13 et 15°C, encore que pour la carpe commune, l'ingestion d'aliments ait été maximum entre 23 et 27°C (Shpet, 1952, 1953, cité par Mantelman, 1958a). Par contre, pour *Coregonus lavaretus marenoides*, la température d'alimentation optimum en juillet semble être nettement supérieure au *preferendum* final estimé (paragraphes 19 et 22).

## 5. TEMPERATURE ET POLLUTION

(24) Il a été démontré que les faibles teneurs en oxygène dissous abaissent le seuil mortel supérieur de la température pour la carpe (Shkorbatov, 1963), ainsi que pour le gardon et la truite (Alabaster et Downing, 1967). Le fait de réduire la proportion d'oxygène dissous à la moitié de la valeur de la saturation de l'air n'affecte que faiblement la température mortelle; toute réduction ultérieure produit un effet sensiblement supérieur. Cependant, pour *Coregonus lavaretus marenoides*, toute réduction au-delà de 10 p.p.m. d'oxygène dissous affecte immédiatement la température mortelle (Shkorbatov, 1963). L'effet de l'accroissement de température augmentant le

taux asphyxiant de l'oxygène dissous a été démontré par Frivol'nev (1954, 1963), Lozinov (1952) et Kempínska (1960). Ces résultats peuvent toutefois avoir été influencés quelque peu par l'acclimatation du poisson à différentes concentrations d'oxygène dissous ou à différentes températures (Shkorbatov, 1964; Nikiforov, 1953b; Strel'tsova et al., 1964) et il conviendrait de noter que les résultats des expériences effectuées avec des éprouvettes graduées (Lozinov, 1952) sont d'une interprétation difficile du fait que la teneur en oxygène dissous décroît à mesure que la concentration en acide carbonique augmente.

(25) Pour les eaux polluées, l'effet d'un accroissement de température dépend du type et de la concentration de l'agent polluant. En général, l'augmentation de la température réduit le temps de survie du poisson aux concentrations mortelles de poison et Bodrova et Kraiukhin (1956) ont déterminé que la toxicité du phénol croît avec l'augmentation de la température. Toutefois, le seuil de concentration d'un poison peut ne pas être abaissé par l'augmentation de la température; il peut rester invariable ou même s'élever, ce qui semblerait indiquer une diminution de la toxicité liée à l'augmentation de la température. En effet des travaux récemment effectués en Grande-Bretagne montrent que la concentration moyenne mortelle en phénol pour 48 heures augmente avec la température (Brown et al., 1967).

## 6. LA TEMPERATURE ET LES AUTRES ORGANISMES AQUATIQUES

### 6.1 Organismes alimentaires invertébrés

(26) Comme c'est le cas pour le poisson, le développement des invertébrés est accéléré par les augmentations de température. Manuilova (1954) a observé qu'une augmentation de température d'environ 15 deg.C ramène le temps de croissance de l'embryon de Daphnia cucullata d'environ 3 jours  $\frac{1}{2}$  à 1 jour et Cheremisova (1958) a obtenu des résultats analogues. Des données relatives à l'effet de la température sur la durée du développement des oeufs et des stades embryonnaires de différents copépodes sont rapportées par Malovitskaia (1965), Monakov (1962) et Sushkina (1964), et par Smirnov (1965), Cheremisova (1958), Pechen' (1965) et Hrbáčková-Esslová (1966) pour les cladocéens, alors que pour les crustacés la relation existant entre la durée de la croissance et la température peut être exprimée par la courbe de Krogh (Vinberg, Pechen' et Sushkina, 1965; Hilbricht-Ilkowska et Patalas, 1967). Une accélération sensible de la croissance liée à l'augmentation de la température a également été notée chez les rotifères (cité par Patalas, 1966).

(27) Une augmentation notable de la taille de Daphnia cucullata a été observée récemment sur une période de 7 ans au Lac de Lichen en Pologne dont la température est portée à 30°C par des effluents chauds. La biomasse zooplanctonique est analogue à celle des lacs environnants non chauffés, mais du fait de l'accélération de la croissance et de l'existence de températures plus élevées, la productivité a été largement accrue. Toutefois la biomasse des effluents au point de déversement n'est que d'environ la moitié de celle de l'eau à la prise de refroidissement (Patalas, communication personnelle).

(28) Suivant les espèces, le taux de croissance des embryons des tendipédidés varie du simple au triple lorsque la température de l'eau passe de 15 à 25°C (Konstantinov, 1958). Pour certains poissons (Chironomus plumosus, par exemple), le métabolisme augmente au-dessus de la gamme 4 et 27°C, mais diminue au-delà d'un certain plafond; pour C. antracinum, le développement maximum se produit à 25°C et l'on assiste à une réduction au-delà de 30°C; enfin, pour C. dorsalis, les températures mortelles varient entre 34 et 37°C. Kazimov et Khailov (1966) ont déterminé que Polypedilium breviantennatum continue à s'alimenter à des températures atteignant jusqu'à 35°C.

(29) Il ressort de ce qui précède que, pour certains groupes d'animaux qui représentent quelques-uns des meilleurs aliments du poisson, la tolérance thermique est égale à celle du poisson le plus résistant. Il semblerait par conséquent peu probable qu'une pénurie alimentaire se produise pour le poisson se nourrissant de ce groupe d'organismes à l'intérieur de la gamme de températures qu'il est lui-même capable de supporter.

(30) Mention a déjà été faite (paragraphe 19 et 23) des températures optimum d'alimentation. Elles sont sans doute différentes pour chaque espèce et se distinguent probablement des températures optimum qui permettent le développement des organismes alimentaires. Toutefois, à l'intérieur de la gamme restreinte des températures estivales (17,8 à 21,4°C), on a déterminé une corrélation étroite entre la production de carpes communes dans certains étangs de Pologne et les températures moyennes de juin et juillet (Backiel et Stegman, 1966) de sorte que du moins pour ce système simple de monoculture, la production d'organismes alimentaires semble aller de pair avec l'intensité de la prédation par le poisson. Pour l'ensemble de la saison, l'augmentation de 1 deg.C de la température estivale accroît la production de 50 kg/ha. De même, une relation nette entre la production de carpes (de 7 semaines) et les températures moyennes entre 14,7 et 18,5°C a été mise en évidence en Belgique par Timmermans (1962).

## 6.2 Parasites et maladies

(31) La température affecte le développement des parasites et des bactéries pathogènes et peut même influencer sur la résistance des poissons à la maladie en affectant notamment la production d'anticorps. Zmerzlaia (1966) rapporte que la durée du développement de Eimeria carPELLI dans les intestins de la carpe commune est réduite de 17 jours à 17°C, à 7 jours à 19,9°C. Bothriocephalus gowkongensis, parasite de la carpe chinoise (Ctenopharyngodon idella) atteint sa maturité sexuelle deux fois plus vite entre 22 et 25°C qu'entre 16 et 19°C (Musselius, 1963). Le développement le plus spectaculaire des oeufs de Dactylogyrus vastator et la plus violente affection de la carpe commune par ce parasite ont été rapportés entre 22 et 24°C (Bykhovskii et Iziumova, 1963). Des morts massives de carpes communes imputables à l'hydropisie abdominale sont en général observées à la saison chaude. En conclusion, certains parasites et certaines maladies peuvent constituer un danger plus grand pour le poisson à température élevée.

(32) En hiver, l'absence de la croûte de glace sur les eaux réchauffées attire le gibier d'eau dont de nombreux spécimens deviennent porteurs intermédiaires de parasites du poisson. Au Lac de Lichen une grande quantité de brèmes a été sérieusement infestée par Ligula (Zawisza, communication personnelle) peut-être en raison du développement actif de ce parasite aux températures élevées.

## 6.3 Plantes

(33) Le développement florissant des plantes caractéristiques des eaux réchauffées pourrait affecter le poisson. Au Lac de Lichen, qu'il est aisé de comparer à des lacs voisins non chauffés, on a observé une production de phytoplancton multipliée par 2,5 en même temps que la transparence de l'eau diminuait de moitié, passant à un mètre. En outre, de grosses quantités d'algues, notamment Oscillatoria limosa, se développent au fond du chenal des effluents et constituent d'importantes masses flottantes à la surface; toutefois, leur effet sur le poisson n'est pas connu (Patalas, communication personnelle).

## 7. EFFLUENTS CHAUDS ET PECHIES

(34) Les modifications du taux de développement, de la croissance, de la mortalité et du comportement du poisson en liaison avec les augmentations de température peuvent provoquer des modifications de structure des populations. Cela est évident, par exemple, lorsque l'on compare l'âge des brèmes dans différentes zones climatiques. Des spécimens âgés de 18 ans et davantage existent dans les lacs frais de Carélie alors que les poissons de 10 ans sont l'exception dans les eaux relativement chaudes de la

Caspienne (Backiel et Zawisza, 1966). Des tendances comparables existent chez d'autres espèces (Berg, 1949).

(35) Le processus de maturité sexuelle est accéléré aux températures élevées et il est bien connu que les différences de temps de maturation au sein d'une même espèce sont liées à la diversité des conditions climatiques et à la latitude (Kusmin, 1957). Le début anticipé du frai pour les populations les plus méridionales d'une même espèce comparées à celles plus septentrionales est imputable à une différence dans le développement des gonades (Koshelev, 1963). Un effet analogue a été décrit par Shkorbatov (1963) pour Coregonus lavaretus marenoides et C. peled, originaires de la zone de Léninegrad (latitude 59° 43') et acclimatés dans des étangs de la région de Kharkov (latitude 50° 00').

(36) Au Lac de Lichen qui est réchauffé depuis huit ans, on a observé une certaine avance de l'époque du frai chez les populations locales de brèmes blanches (Blicca bjoerkna), de tanches (Tinca tinca) et de sandres (Lucioperca lucioperca). De plus, la carpe commune, qui ne se propage pas du tout dans les eaux naturelles polonaises se reproduit facilement dans les eaux du lac (Wilkonska et Horoszewicz, communication personnelle). Par contre, l'époque du frai du brochet n'a pas varié, celle du gardon et de la perche (Perca fluviatilis) ne s'est trouvée avancée que très peu et en conséquence le frai a maintenant lieu à des températures plus élevées qu'autrefois (passant de 11 à 15°C environ pour le brochet, 16 à 18°C pour le gardon et 12 à 18°C pour la perche). Ces espèces ont toutefois été classées parmi les moins abondantes dans le lac actuellement (Frieske, communication personnelle). Des prises préalables de jeunes poissons (en juin et juillet 1966) avaient révélé la prédominance dans le lac de la brème blanche, du rotengle et de la tanche; les jeunes brèmes étaient également très abondantes et l'on avait une population moyenne de petits gardons; les jeunes perches étaient l'exception et les jeunes brochets étaient totalement absents (Wilkonska, communication personnelle). Il se pourrait toutefois que la température au moment du frai ne soit pas la seule cause de ces variations de la population.

(37) Des quantités abondantes de gardons ont été notées dans certaines rivières britanniques recevant des effluents chauds lorsque les températures estivales ne dépassent pas 26°C et des quantités faibles au-delà de 30°C (Alabaster et Downing, 1967). Les carpes communes en particulier ont tendance à se réunir au déversement des effluents chauds et l'on a essayé en U.R.S.S. de les élever en cages flottantes dans des réservoirs d'eau chauffée (Korneev, 1965; Revich, 1965).

## 8. CRITERES PROVISOIRES DE TEMPERATURES

(38) Les poissons d'eau douce européens diffèrent par leur tolérance aux températures élevées suivant l'espèce, le stade de développement, la température d'acclimatation, le taux d'oxygène dissous, la pollution, la saison et le degré de réchauffement du milieu ambiant. Dans le présent rapport, des critères provisoires de températures sont proposés, sans tenir compte des effets de la pollution. Il importe toutefois de rappeler que des conditions de température différentes sont tolérables suivant l'époque de l'année et qu'il faut déterminer non seulement les températures maximales possibles, mais également les marges d'augmentations maxima de température tolérables.

### 8.1 Hiver

(39) Une augmentation de 2 deg.C de la température de l'eau à partir d'environ 0°C en hiver, au temps de la reproduction de la lotte (Lota lota), détruirait cette espèce, alors que la plupart des autres espèces seraient à peine affectées.

(40) Une augmentation de la température de l'eau de 5 ou 6 deg.C en automne et en hiver pourrait entraîner une mortalité accrue chez les embryons de salmonidés, ainsi qu'une réduction de la taille, du poids et de la vitalité des alevins ayant survécu.

## 8.2 Printemps

(41) Des observations préliminaires au Lac de Lichen indiquent qu'une augmentation de 5 à 6 deg.C est nocive pour les embryons de brochet mais qu'une augmentation importante de la mortalité des embryons et des larves de cyprinidés est peu probable, du fait que ce groupe tolère en général des augmentations de température de l'ordre de 8 à 10 deg.C au cours des stades embryonnaires.

(42) En général, les poissons adultes tolèrent des gammes de températures plus larges que les embryons. Ils sont capables de survivre à une brève exposition à des températures voisines du seuil mortel et à une exposition un peu plus longue aux températures agitant le poisson et le conduisant à s'abstenir de s'alimenter. L'absence de données suffisantes sur les températures maxima auxquelles le poisson se nourrit nous interdit de tirer des conclusions définitives. Il semblerait que si de l'eau est portée à une température se rapprochant à 1 ou 2 deg.C près de la température de perturbation, la plupart des espèces continueraient à s'alimenter.

## 8.3 Eté

(43) Pour les membres du genre Salmo habitant des eaux dont la température atteint normalement en été 20 à 21°C, tout accroissement de la température pourrait avoir un effet destructeur; 20 à 21°C devraient par conséquent être considérés comme la température maximum tolérable pour les eaux à saumons et à truites pendant la saison chaude.

(44) Les corégonidés (sauf au stade embryonnaire) peuvent supporter une augmentation de température de 5 à 6 deg.C jusqu'à un maximum de 22 à 23°C pendant les mois d'été.

(45) Pour de nombreux cyprinidés, l'augmentation de température tolérable au-dessus des températures naturelles ambiantes est d'environ 6 deg.C, avec une limite maximum de 30°C pendant la saison la plus chaude.

(46) Bien que ces critères n'assurent pas nécessairement la survie des pêcheries existantes, il est à craindre qu'une augmentation de température de 5 deg.C jusqu'à un maximum de 23°C détruise les populations de salmonidés, à l'exception de quelques variétés de Coregonus, alors qu'une augmentation de 8 deg.C jusqu'à un maximum de 30°C amènerait une prépondérance de cyprinidés.

TABLE I - Temperatures of Spawning of Different Species  
Températures de frai de différentes espèces

Species	Temperature (°C)	Author
<u>Salmo salar</u>	6-8	Vernidub (1963), personal communication
<u>S. trutta</u>	1-2	Vernidub (1963)
<u>S. trutta lacustris</u>	0.5-9	Sakowicz (1961)
<u>S. trutta caspius</u>	10-12	Vernidub (1963)
<u>S. gairdnerii</u>	6-10	Privol'nev and Brizinova (1964)
<u>Coregonus lavaretus ludoga</u>	0-4	Privol'nev and Brizinova (1964)
<u>C.l. baunti</u>	0-2	Privol'nev and Brizinova (1964)
<u>C. peled</u>	0-3	Privol'nev and Brizinova (1964)
<u>Cyprinus carpio</u>	17-20	Kryzhanovskii (1949)
<u>Tinca tinca</u>	19-25	Horoszewicz (pers.comm.), Frieske (pers.comm.)
<u>Scardinius erythrophthalmus</u>	18-24	Pliszka (1953b), Kryzhanovskii (1949)
<u>Rutilus rutilus</u>	5-20.2	Lange (1960), Tikhij (1939)*, Zakharova (1955), Frieske (pers.comm.), Personalnaia (1960)*, Driagin (1948, 1949), Petrov (1947)*, Driagin and Muratova (1949)*, Lukin and Shtainfeld (1949)*, Zuromska (1967), Pliszka (1953b), Kryzhanovskii (1949)
<u>R.f. caspius</u>	13-16	Kryzhanovskii (1949)
<u>Abramis brama</u>	8-23	Privol'nev and Brizinova (1964), Zakharova (1955)*, Dziekonska (1958), Shaposhnikova (1948), Sych (1955), Elizarova (1962), Velikokhatko (1947), Vladimirov (1955)
<u>A.b. orientalis</u>	16-27	Gosteeva (1957), Shaposhnikova (1948)
<u>Vimba vimba</u>	8-23	Privol'nev and Brizinova (1964), Pliszka (1953a), Vladimirov (1955)
<u>V.v. carinata</u>	14.5-25	Smirnova (1957), Kryzhanovskii (1949)
<u>Leuciscus idus</u>	4-10	Pliszka (1953b), Kryzhanovskii (1949), Vladimirov (1955)
<u>Perca fluviatilis</u>	12-18	Privol'nev and Brizinova (1964), Frieske (pers.comm.)
<u>Lucioperca lucioperca</u>	12-18	Frieske (pers.comm.), Vladimirov (1955)
<u>Acipenser stellatus</u>	15-30	Detlaf (1953), Nikiforov (1949)
<u>A. gùldenstaedti</u>	10.4-23	Shilov (1966), Vladimirov (1955)

\*quoted in Reznichenko et al. (1962)





TABLE III - Disturbing and Lethal Temperatures of Cyprinids and Acipenser  
 Températures perturbatrices et mortelles pour les cyprinidés et l'Acipenser

Species (Locality)	Acclimation		Increase of temp. (°C/h)	Disturbing temp. (°C)	Lethal temp. (°C)	Author					
	Temp. (°C)	Time									
<u>Cyprinus carpio</u>	5-15	180h	immediate	26.3		Kempinska (1960)					
(Kharkov)	ambient			30.7-31.3	35.1-36.3	Shkorbatov (1954)					
(Kharkov)	3-10 8-12 13-15 18-20 24-26	2 months	6		29.1 28.1 30.2 30.2 38.2	Shkorbatov and Kudriavtseva (1964)					
(Kharkov)	15-17						30-40 days	6	35.4	Shkorbatov (1964a)	
(Leningrad)	15-17						30-40 days	6	34.0		
(Warsaw)	ambient to 22.5						1-1½ months	6	28.3	39.0	Opuszynski (1965)
(Heated lake - Poland)	26.3							3	34.8	40.6	
<u>Scardinius erythrophthalmus</u>	25.1 21.0		3	33 30	36.4 34.8	Horoszewicz (1966)					
(Poland)	18-19 22	April 1 day	3	30.5	34.3		Horoszewicz (1966)				
<u>Rutilus rutilus</u> (heated and unheated lake)	26.1 20.8		3	32.7 28	35.9 31.8	Horoszewicz (1966)					
(unheated reservoir, heated effluent - Warsaw)	21.5 30	June 22 June 25	3 3	28.0 34.0	30.2 35.5		Horoszewicz (1966)				
(Caucasus reg.) (Karelia)	ambient ambient				33-34 30	Shkorbatov (1964a)					
<u>Abramis brama</u> (Caucasus reg.) (Karelia)	ambient ambient				33-34 <30						
(Heated lake - Poland)	27.8 25.7		5-6 5-6	31.8 33.0	34.7 35.7	Horoszewicz (1966)					
(Unheated lake - Poland)	20.8 16.8		5-6 5-6	30.0 29.5	31.8 32.0		Horoszewicz (1966)				
<u>Leuciscus idus</u> (heated effluent - Warsaw)	30	June 25	3	33.5	35.8	Horoszewicz (1966)					
<u>Ctenopharyngodon idella</u> (Warsaw)	ambient to 22.5	1-1½ months	6	35.5	41	Opuszynski (1965)					
<u>Hypthalmichthys molitrix</u> (Warsaw)	ambient to 22.5	1-1½ months	6	34	38.5	Opuszynski (1965)					
<u>Esox lucius</u> (Caucasus reg.) (Karelia)	ambient ambient				33-34 30	Shkorbatov (1964a)					
<u>Perca fluviatilis</u> (Caucasus reg.) (Karelia)	ambient ambient				33-34 30						
<u>Acipenser stellatus</u> (Volga river)	18-25				27-28	Lozinov (1952)					

## REFERENCES

- \*Alabaster, J.S. and A.L. Downing, A field and laboratory investigation of the effect of heated effluents on fish. Fishery Invest., Lond. (1) 6(4):42 p. 1966
- Backiel, T. and K. Stegman, Temperature and yield in carp ponds. FAO Fish.Rep., (44) 1968 vol.4:334-42
- Backiel T. and J. Zawisza, Synopsis of biological data on bream (Abramis brama L.). 1966 FAO Fish.Synops., (36):pag.var.
- Berg, L.S., Ryby prosnnykh vod S.S.S.R. i soprodolnykh stran. Part 3. Moskva, Akademia Nauk SSSR, pp.1381 1949
- Bodrova, N.V. and B.V. Kraiukhin, Osnovnye itogi izuchniia fiziologii ryb. Trudy Inst.Biol.Vodokhran., 9(12):39-47 1965
- \*Brown, V.M., D.H.M. Jordon and B.A. Tiller, The effect of temperature on the acute toxicity of phenol to rainbow trout in hard water. Wat.Res., 1:587-94 1967
- Bykhovskii, B.E. and N.A. Iziumova, Biologicheskie osobennosti nekotorykh daktilogirid kak osnova dlia akklimatizatsii i perevosok ryb. In Akklimatizatsiia zhivotnykh v SSSR. Alma Ata, pp.338-9 1963
- Cheremisova, K.A., K biologii Chydorus sphericus (O.F. Müller), Daphnia cucullata (G.O. Sars) i Eudiaptomus graciloides Lilljeb. Trudy belorussk.nauchno-issled.Inst.ryb.Khoz., 2 1958
- Chernikova, V.V., Intensivnost' dykhaniiamolodichira (Coregonus nasus Pallas) otnoshenie ee k temperature, k sodержaniu kisloroda i uglekisloty v vode. Izv.nauchno-issled.Inst.oz.er.rech.ryb.Khoz., 58:117-24 1964
- \*Clark, D. and G. England, Thermal power generation. Institute of Civil Engineers 1962 Symposium. Conservation of Water Resources. Session 1:39-47
- Detlaf, T.A., Zavisimost' tempa drobloniiia iaitis osetrovnykh ryb ot temperatury. 1953 Dokl.Akad.Nauk SSSR, 91(3):659-98
- Driagin, P.A., Polovye tsikly i nerest ryb. Izv.vses.nauchno-issled.Inst.oz.er.rech.ryb.Khoz., 28 1949
- Dziekońska, J., Studies on early development stages of fish.2. The influence of some environment conditions on the embryonic development of bream (Abramis brama) in the Vistula delta. Polskie Archwm Hydrobiol., 4(17):193-206 1958
- Elizarova, N.S., Nekotorye osobennosti formirovaniia stada leshcha v pervye gody obrazovaniia Volgogradskogo vodokhranilishcha. Trudy saratov.Otd.vses.nauchno-issled.Inst.oz.er.rech.ryb.Khoz., 7:184-92 1962
- \*Fisher, K.C. and P. Elson, The selected temperature of Atlantic salmon and speckled trout and the effect of temperature on the response to an electric stimulation. Physiol.Zool., 23(1):27-34 1950
- \*Fry, F.E.J., The aquatic respiration of fish. In Physiology of fishes, edited by M.E. Brown, New York, Academic Press, vol.1:1-64 1957
- \*Garside, E.T. and J.S. Tait, Preferred temperature of rainbow trout (Salmo gairdnerii) and its unusual relationship to acclimation temperature. Can.J.Zool., 36:563-7 1958

Asterisk (\*) marks the few non-Slavonic items of literature quoted in the report.

- Gołek, J., Termika rzek Polski. Pr.panst.Inst.hydrol.-met., 62:5-79  
1961
- Gosteeva, M.N., Ekologo-morfologicheskaja kharakteristika razvitiia aral'skogo  
1957 leshcha Abramis brama orientalis (Berg). Trudy Inst.Morf.Zhivot.,  
20:121-47
- Grudniewski, C., An attempt to determine the critical temperature and oxygen contents  
1961 for fry of Wdzydze Lake trout (Salmo trutta morpha lacustris). Roczn Nauk  
roln.(D), 93:627-47
- Hilbricht-Ilkowska, A. and K. Patalas, Metody oceny produkcji i biomasy oraz niektóre  
1967 problemy metodyki ilościowej zooplanktonu. Ekol.pol.(B), 13(2):50 p.
- Horoszewicz, L., Experiments on lethal temperatures. (Unpubl.MS)  
1966
- Hrbáčková-Esslová, M., Differences in the growth and reproduction in 8°C and 20°C of  
1966 Daphnia publicaria Forbes (Crustacea:Cladocera) populations inhabiting  
midland ponds and high Tatra lakes. Věst.čsl.zemed.Mus., 30:30-8
- Ivlev, V.S., Ekologo - fiziologicheskii analiz raspredelenia ryb v gradientnykh  
1958 usloviakh sredy. Trudy Soveshch.ikhtiol.Kom., 8:288-96
- Ivlev, V.S. and Kh.A. Leizerovich, Ekologicheskii analiz raspredelenia zhivotnykh v  
1960 gradientnykh temperaturnykh usloviakh. Trudy murmansk.biol.Inst.,  
5 (1):3-27
- Kasymov, A.G. and A.P. Chailov, Biologiya i metamorfoz Polypedilum brevantennatum  
1966 Tshern (Diptera Chironomidae) iz Varvarynskogo vodokhranilishcha.  
Gidrobiol.Zh., 2(5):24-9
- Kempińska, H., Gatunkowo swoista reakcja narybku siei, sandacza i karpia na warunki  
1960 termiczne i tlenowe. Zesz.nauk.Szk.główn.Gosp.wiejsk.(Zootech.), 2:33-66
- Konstantinov, A.S., Biologiya khironomid i ikh rosvedenie. Trudy saratov.Otd.vses.  
1958 nauchno-issled.Inst.ozer.rech.ryb.Khoz., 5:359 p.
- Korneev, A., Sadkovoe vyrashochivanie tovarnogo karpa v termaľnykh vodoemakh.  
1965 Rybovod.Rybolov., 8(4):9-10
- Korovina, V.M., Vliianie termicheskogo rezhima v period sozrevaniia ryb na stoikost'  
1960 ikry k povyshennoi temperature. Nauchno-tekh.Biull.gosud.nauchno-issled.  
Inst.ozer.rech.ryb.Khos., 10
- Koshelev, B.V., Morfo-ekologicheskie osobennosti'ovogeneza u blizkikh vidov okunevykh  
1963 ryb. Trudy Inst.Morf.Zhivot., 38:189-231
- Kowalska, A., O wplywie temperatury na rozwój embrionalny pstraga potokowego.  
1959 Przeł.zool., 3(4):253-9
- Kryzhanovskii, S.T., Ekologo-morfologicheskie zakonomernosti razvitiia karpovykh,  
1949 viunovykh i somovykh ryb (Cyprinoidei i Siluroidei). Trudy Inst.Morf.  
Zhivot., 1:5-332
- Kusakina, A.A., O sootvestvii teploustoichivosti protoplazmaticheskikh belkov  
1962 temperaturnym usloviyam sushchestvovaniia vida. Vop.Ekol.Kiev., 4:45-6

- Kusmin, A.N., The development of the reproductive system of the carps in the  
1957 different latitudes. Izv.vses.nauchno-issled.Inst.oz.er.rech.ryb.Khoz.,  
43(1):3-6
- Lange, N.O., Etapy razvitiia plotvy v razlichnykh ekologicheskikh usloviakh. Trudy  
1960 Inst.Morf.Zhivot., 28:5-40
- Lecyk, M., Effect of temperature on the rate of embrionic development of Esox lucius  
1960 L. Zoologica Pol., 15(2):101-10
- Lenkiewicz, Z., Temperature preferendum of some freshwater fishes. (Pol.summ.)  
1964 Folia biol.Krakow, 12(1):95-140
- Lityński, A., Hydrobiologia ogólna. Warszawa, PWN, 544 p.  
1952
- Lozinov, A.V., Otnoshenie molodi osetrovyykh k defitsitu kisloroda v zavisimosti ot  
1952 temperatury. Zool.Zh., 31(5):686-95
- Malovitskaia, L.M., Nablindenii nad zhiznennym tsiklom Eudiaptomus gracilis i  
1965 Eudiaptomus graciloides Rybinskogo Vodokhranilishcha. Trudy Inst.Biol.  
vnutr.Vod., 8(11):58-65
- Mandelbrot, L., Liquid mechanics in case of application of rivers and water-reservoirs  
1966 as cooling medium of condensers in thermal power stations. (Polish)  
Gospod.wodna, 26(2):52-9
- Mantelman, I.I., Izbiraemye temperatury u molodi nekotorykh vidov promyslovykh ryb.  
1958a Trudy Soveshch.ikhtiol.Kom., (8):297-302
- \_\_\_\_\_, O raspredelenii molodi nekotorykh vidov ryb v termogradentnykh  
1958b usloviakh. Izv.vses.nauchno-issled.Inst.oz.er.rech.ryb.Khoz., 47(1):3-61
- Manuilova, E.F., Nekotorye danye o dinamike chislennosti vetvistousykh rachkov v  
1954 ozerakh v svizii s termicheskim i pishchevym faktorom. Trudy probl.temat.  
Sovesch.zool.Inst., 2
- Mikulski, Z., Zarys hydrografii Polski. Warszawa, PWN, 286 p.  
1963
- Monakov, A.V., Dlitelnost metamorfoza Macrocylops albidus (Jurine) (Copepoda,  
1962 Cyclopide). Biull.Inst.Biol.Vodokhran., 12:33-5
- Musseliius, V.A., Botriotsefalez belogo amura i bor'ba s nim v karpovom khoziaistve.  
1963 In Materialy vses.Soveshch. po rybokhoziaistvennomu osvosiui  
rastitelnoiadnykh ryb - belogo amura (Ctenopharyngodon idellia) i  
tolstolobika (Hypophthalmichthys molitrix) v vodoemakh SSSR. Ashkhabad,  
Akad.Nauk Turkm.SSR, pp. 154-60
- Nikiforov, N.D., Vliianie temperatury na embrionalnoe razvitie sevrugi. Izv.vses.  
1949 nauchno-issled.Inst.oz.er.rech.ryb.Khoz., 29:156-64
- \_\_\_\_\_, Nekotorye biotekhnicheskie normatyvy pri vyrashchivani segoletkov  
1953a lososia. Ryb.Khoz., 29(12):35-9
- \_\_\_\_\_, Izmeneniia intensivnosti dykhanii u molodi lososia vyrashchennoi v  
1953b raznykh usloviakh kislorodnogo rezhima. Dokl.Akad.Nauk SSSR, 88(1):165-7

- Olshanskaia, U.L. and B.A. Krasikova, *Nabliudeniia nad molodiu chira v akvariume.*  
1960 Nauchno-tekhn. Biull. gosud. nauchno-issled. Inst. ozer. rech. ryb. Khoz., 10:49-51
- Opuszyński, K., *Badania nad rybami roślinozernymi w Zabiešou. Cz. I, II.* Gospod. rybna.  
1965 17(4-5):6-8, 18-20
- Orska, J., *The influence of temperature on the development of the skeleton in teleosts.* Zoologica Pol., 7(3):271-325
- \_\_\_\_\_, *The influence of temperature on the development of meristic characters of the skeleton in Salmonidae. Part 1.* Zoologica Pol., 12(3):309-39
- Patalas, K., *Niektóre aspekty produkcji zooplankton w jeziorach.* Zesz. probl. Kosmosu.  
1966 13:57-68
- Pegel', V.A. and V.A. Remorov, *O fiziologicheskom mekhanizme adaptatsii ryb k temperaturnym usloviiam sredy.* Nauch. Dokl. vyssh. Shk. (biol.), (3):86
- Persov, T.M., *Vliianie uslovii ovulatsii na embrionalnye razvitie Viuna.* Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 73(1):213-6
- Pechen', G.A., *Produktsiia vetvistousykh rakoobraznykh ozerogo zooplanktona.*  
1965 Gidrobiol. Zh., Kiev, 1(4):19-26
- \*Pitt, T.K., E.T. Carside and R.L. Hepburn, *Temperature selection of the carp (*Cyprinus carpio* Linn).* Can. J. Zool., 34:555-7
- Pliszka, P., *Reproduction and development of *Vimba vimba* L'.* Polskie Archiw Hydrobiol., 1(14):137-63
- 1953a \_\_\_\_\_, *The effect of spawning conditions in lakes on the survival rate of juveniles.* Polskie Archiw Hydrobiol., 1(14):164-88
- 1953b
- Privol'nev, T.I., *Kriticheskie periody pri postembrional'nom razvitii ryb.* Izv. vses. nauchno-issled. Inst. ozer. rech. ryb. Khoz., 29:118-42
- 1949 \_\_\_\_\_, *Fiziologicheskie prispособleniia u ryb k novym usloviiam sushchestvovaniia.*  
1954 Trudy Soveshch. ikhtiol. Kom., 3:40-9
- 1954 \_\_\_\_\_, *Porogovaia kontsentratsiia kisloroda v vode dlia ryb pri raznykh temperaturakh.* Dokl. Akad. Nauk SSSR, 151(2):439-40
- 1963
- Privol'nev, T.I. and P.N. Brizinova, *Temperatura plavleniia zhirov ryb.* Izv. vses. nauchno-issled. Inst. ozer. rech. ryb. Khoz., 58:45-57
- 1964
- Prosser, C.L. H. Precht and H.-D. Jankowsky, *Nervous control of metabolism during temperature acclimation of fish.* Naturwissenschaften, 52(7):168-9
- 1965
- Revich, V., *Razvedenie ryby v promyshlennykh teplykh vodakh.* Rybovod. Rybl'ov., 4:10-1
- 1965
- Reznichenko, P.N., N.V. Kotlarevskaiia and M.V. Gulidov, *Vliianie postoiannoi temperatury inkubatsii na Vyzhivaemost ikry plotvy.* Trudy Inst. Morf. Zhivot., 40:247-53
- 1962
- Rozenbejn, Sz., *Water supply for thermal power plants.* Gospod. wodna, 18(2):59-65
- 1958

- Sakowicz, S., Propagation of trout (Salmo trutta morpha lacustris L.) from Wązydze  
1961 Lake. Roczn.nauk roln.(D), 93:551-6
- Shaposhnikova, T.Kh., Leshch i perspektyvy ego sushchestvovaniia v vodokhran-  
1948 ilishche na Volge. Trudy Zool.Inst., Lening., 8(3)
- Shilov, V.I., Razmnozenie osetrovyykh v verkhnem befe volgogradskoi GES. Vop.  
1966 Ikhtiol., 6(4):663-71
- Shkorbatov, G.L., Nekotorye ekologo-fiziologicheskie priznaki sigov, akklimatiziruemykh  
1954 v vodoemakh vostoka Ukrainy. Zool.Zh., 33(6):1325-35
- \_\_\_\_\_, Akklimatizatsiia sigovykh ryb v vodoemakh kharkovskoi oblasti. Trudy  
1963 vses.gidrobiol.Obshch., 13:242-54
- \_\_\_\_\_, O teorii akklimatizatsii vodnykh zhivotnykh. Zool.Zh., 43(7):953-64  
1964a
- \_\_\_\_\_, Zavisimost'aktivnosti katalazy i degidraz pecheni karpa, amurskogo i  
1964b ikh gibridov ot temperatury sredy. Nauch.Dokl.vyssh.Shk.(biol.), (2):60-5
- \_\_\_\_\_, Vnutrividovaya izmenchivost'oksifilnosti u presnovodnykh ryb. Gidrobiol.  
1965 Zh.,Kiev, 1(5):3-8
- \_\_\_\_\_, Izbiraemaia temperatura i fototaksis lichinok sigov. Zool.Zh., 14(10):  
1966 1515-25
- Shkorbatov, G.L., and G.S. Kudriavtseva, Ob izmenenii tkanevoi teplo- i  
1964 kholodoustoichivosti u ryb v zavisimosti ot temperaturnykh uslovii sredy.  
Dokl.Akad.Nauk.SSSR, 156(2):452-4
- Shuliak, G.S., Vliianie temperatury na razvitie anomalii kishhechnika karpa.  
1965 Gidrobiol.Zh.,Kiev, 1(4):39-47
- Smirnov, N.N., Macrothricidae i Sididae Volzhskikh Vodokhranilishch. Trudy Inst.  
1965 Biol.Vodokhran., 8(11):54-62
- Smirnova, E.N., Osobennosti razvitiia kibanskogo rybtsa v embrional'nom i  
1957 lichinochnom periodakh zhizni. Trudy Inst.Morf.Zhivot., 20:71-94
- Stangenberg, S., The river water use for cooling thermal power plants and the scope  
1958 of hydrological, hydrochemical and biological investigations con-  
nected with it (Polish). Gospod.wodna, 18(10):454-8
- Strel'tsova, S.V. et al., K voprosu o fiziologicheskikh izmeneniiakh nekotorykh  
1964 vidov ryb pri akklimatizatsii. Izv.vses.nauchno-issled.Inst.ozер.rech.  
ryb.Khoz., 58:7-16
- Stroganov, N.S., Fiziologicheskaiia prispособlaemost'ryb k temperature sredy. Moskva,  
1956 Akad.Nauk SSSR, 154 p.
- \_\_\_\_\_, Ekologicheskaiia fiziologiya ryb. Moskva, Izd-vo Moskovsk Univ., 443 p.  
1962
- Sushkina, E.A., Rol'vesionogikh rakoobraznykh v produktsionnykh protsesakh vovoemov  
1964 razlichnogo tipa. Autoref.dissert.

- Sych, H., Observations on the propagation of fish in the Konfederacka Shoal (Lacha Konfederacka) of Vistula River. Rocz.Nauk roln.(B), 69(4):527-46  
1955
- Tatarko, K.I., Vliianie temperatury na embrionalnoe razvitie prudovogo karpa. Gidrobiol.Zh., Kiev, 1(1):62-6  
1965
- \_\_\_\_\_, Vliianie temperatury na rannie stapy postembrionalnogo razvitiia prudovogo karpa. Gidrobiol.Zh., Kiev, 2(3):53-9  
1966
- Timmermans, J.A., Influence de la température sur la production piscicole en étang. Bull.fr.Piscic., 35(207):67-71  
1962
- Velikokhatko, F.D., Materialy k poznaniu leshe iz Dnepra. Zool.Zh., 20(1):101-17  
1947
- Vernidub, M.F., Vliianie izmeniaushchysia uslovii razvitiia iaita i rannikh lichinok ryb na ikh fiziologicheskoe sostoiianie i vyzhivaemost'. Uchen. Zap.lenigr.gosud.Univ.(biol.), 142(29):3-40  
1951
- \_\_\_\_\_, Eksperimental'noe obosnovanie metodyki uskoreniia embrional'nogo razvitiia lososca i ee znachenie v biotechnike lososevodstva. Vest. lenigr.gosud.Univ., 3:7-22  
1963
- Vinberg, G.G., Intensivnost obmena i pishchevye potrebnosti ryb. Minsk, Izdat Belorus.Universitet, 253 p.  
1956
- Vinberg, G.G., G.A. Pechen' and E.A. Sushkina, Produktsiia planktonnykh rakoobraznykh v trekh ozerakh razlichnogo tipa. Zool.Zh., 44(5):676-87  
1965
- Vladimirov, V.I., Uslovia razmnozheniia ryb v nizhnen Dnepre i Kakhovskos gidrostroytelstvo. Kiev, Akad.Nauk Ukrain.SSR, 147 p.  
1955
- Volodin, V.M., Idz-vo Vliianie temperatury i pH na embrionalnoe razvitie nalima. Biull.Inst.Biol.Vodokhran., :26-30  
1960a
- \_\_\_\_\_, Influence of temperature and dissolved CO<sub>2</sub> on embryonic development of Abramis brama. Biull.Inst.Biol.Vodokhran., 7:31-4  
1960b
- \_\_\_\_\_, Vliianie temperatury na embrionalnoe razvitie shchuki, sintsa i gustery. Trudy Inst.Biol.Vodokhran., 3(6):231-7  
1960c
- Zmerzlaiia, E.I., Vliianie temperatury na zarazhenie karpov koktsidiami Eimeria carpelli Legéret Stankovitsch 1911. Zool.Zh., 45(2):305-7  
1965
- Zuromska, H., Some causes of mortality of roach (Rutilus rutilus L.) eggs and larvae on lake spawning grounds. Rocz.Nauk roln.(H), (3):557-79  
1967

## **EUROPEAN INLAND FISHERIES ADVISORY COMMISSION (EIFAC)**

EIFAC documents are issued in four series:

### **EIFAC Report**

Report of each session, in English and French.

### **EIFAC Technical Paper**

Selected scientific and technical papers, including some of those contributed as working documents to sessions of the Commission or its sub-commissions. Published in English and French.

### **EIFAC Occasional Paper**

Papers of general interest to the Commission. Published in the language submitted, either English or French.

### **EIFAC Newsletter**

Notes and comments on the activities of EIFAC and its Member Nations, FAO and other organizations: a forum for the exchange of news, ideas and experience. Published in English and French.

Copies of these documents can be obtained from:

Secretary  
European Inland Fisheries Advisory Commission  
Department of Fisheries  
FAO  
Via delle Terme di Caracalla  
00100 Rome, Italy

## **COMMISSION EUROPÉENNE CONSULTATIVE POUR LES PÊCHES DANS LES EAUX INTÉRIEURES**

Les documents de la CECPI sont publiés dans quatre séries:

### **Rapport de la CECPI**

Rapport de chaque session, publié en français et en anglais.

### **Document technique de la CECPI**

Des documents scientifiques et techniques sélectionnés comprenant certains documents de travail présentés aux sessions de la Commission ou de ses sous-commissions. Publiés en français et en anglais.

### **Document occasionnel de la CECPI**

Documents d'intérêt général pour la Commission. Publiés dans la langue d'origine, soit en français, soit en anglais.

### **Nouvelles de la CECPI**

Notes et commentaires sur les activités de la CECPI et de ses Etats Membres, de la FAO et d'autres organisations: une tribune pour l'échange d'informations, d'idées et d'expériences.

Des exemplaires de ces documents peuvent être obtenus en s'adressant au:

Secrétaire  
Commission européenne consultative pour les pêches dans les eaux  
intérieures  
Département des pêches  
FAO  
Via delle Terme di Caracalla  
00100 Rome, Italie



### Papers issued in this series

- EIFAC/T1** Water quality criteria for European freshwater fish. Report on finely divided solids and inland fisheries (1964).
- EIFAC/T2** Fish Diseases. Technical Notes submitted to EIFAC Third Session by Messrs. J. Heyl, H. Mann, C.J. Rasmussen, and A. van der Struik (Austria, 1964).
- EIFAC/T3** Feeding in Trout and Salmon Culture. Papers submitted to a Symposium, EIFAC Fourth Session (Belgrade, 1966).
- EIFAC/T4** Water quality criteria for European freshwater fish. Report on extreme pH values and inland fisheries (1968).
- EIFAC/T5** Organization of inland fisheries administration in Europe, by Jean-Louis Gaudet (Rome, 1968).
- EIFAC/T6** Water quality criteria for European freshwater fish. Report on water temperature and inland fisheries based mainly on Slavonic Literature (1968).

### Documents publiés dans la présente série

- EIFAC/T1** Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les solides finement divisés et les pêches intérieures (1964).
- EIFAC/T2** Maladies des poissons. Notes présentées à la troisième session de la CECPI par J. Heyl, H. Mann, C.J. Rasmussen et A. van der Struik (Autriche, 1964).
- EIFAC/T3** Alimentation dans l'élevage de la truite et du saumon. Communications présentées à un symposium, quatrième session de la CECPI (Belgrade, 1966).
- EIFAC/T4** Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les valeurs extrêmes du pH et les pêches intérieures (1968).
- EIFAC/T5** Organisation de l'administration des pêches intérieures en Europe, par Jean-Louis Gaudet (Rome, 1968).
- EIFAC/T6** Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures basé essentiellement sur la documentation slave (1968).