



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

Rapport sur l'oxygène dissous et les pêches intérieures



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

ROME, 1973

**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

CRITERES DE QUALITE DES EAUX POUR LES POISSONS D'EAU DOUCE EUROPEENS

Rapport sur l'oxygène dissous et les pêches intérieures

préparé par

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

PREPARATION DE CE DOCUMENT

L'historique de la préparation de ce document est exposé 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). Le rapport est publié dans cette série où ont déjà paru les six premiers rapports du Groupe de travail: "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):24 p., 1968; "Rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures basé essentiellement sur la documentation slave", EIFAC tech.Pap., (6):32 p., 1968; "Références bibliographiques sur les effets de la température de l'eau sur le poisson", EIFAC tech.Pap., (8):8 p., 1969; "Rapport sur l'ammoniac et les pêches intérieures", EIFAC tech.Pap., (Fr)(11):13 p., 1971; "Rapport sur les phénols monohydratés et les pêches intérieures", EIFAC Tech.Pap., (15):18 p., 1972.

Distribution:

FAO - Département des pêches
FAO - Fonctionnaires régionaux
des pêches
Liste de distribution de la
CECPI

Référence bibliographique:

CECPI. Groupe de travail sur
les critères de qualité des
eaux pour les poissons d'eau
douce européens (1973)
Doc.Tech.CECPI, (19):12 p.
Critères de qualité des eaux pour les
poissons d'eau douce européens.
Rapport sur l'oxygène dissous et les
pêches intérieures
(Water quality criteria for European
freshwater fish. Report on dissolved
oxygen and inland fisheries) .

FAO - reports of commissions. F. Europe.
Water quality, pollution - dissolved
oxygen. Effects on fish-fauna and food
organisms. Direct lethal and sublethal
actions - physiology, reproduction, de-
velopment, growth, behaviour. Effects on
environment - rivers, lakes, estuaries.
Laboratory research. Selected
bibliography.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
AVANT-PROPOS	ii
RESUME	vi
1. INTRODUCTION	1
2. ACTION LETALE DIRECTE SUR LE POISSON	1
2.1 Age du poisson	1
2.2 Température	1
2.3 Acclimatation	1
2.4 Sursaturation	2
2.5 Interaction avec les poisons et l'anhydride carbonique	2
3. ACTION SUBLETALE SUR LE POISSON	3
3.1 Fertilisation et fécondité	3
3.2 Développement embryonnaire	3
3.3 Respiration et métabolisme	3
3.4 Croissance larvaire	4
3.5 Croissance des juvéniles	4
3.6 Aptitude à la nage	5
3.7 Comportement et évitement	5
4. EFFET DIRECT SUR LES ORGANISMES SERVANT DE NOURRITURE AUX POISSONS	6
5. OBSERVATIONS EN MILIEU NATUREL	6
5.1 Cours d'eau	6
5.2 Lacs	7
5.3 Estuaires	7
6. RECAPITULATION DES DONNEES	8
7. CRITERES PROVISOIRES	9
8. REFERENCES	10

AVANT-PROPOS

Ce rapport constitue le septième document 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 23 États-Membres. La Commission a concentré ses efforts sur l'établissement de critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens depuis sa seconde Session, Paris (1962) ^{1/}, où elle a pris acte de la recommandation de la Conférence des Nations Unies sur les problèmes de pollution des eaux en Europe (1961) - "que la CECPI prenne l'initiative pour l'établissement de critères dans ce domaine" ^{1/}.

Ainsi qu'il a été mentionné dans les six 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 ou 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.

Il a donc été décidé, en s'appuyant sur ces arguments, 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, en 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 divers groupes d'organismes, en ce qui concerne les différentes qualités de l'eau. Les critères définitifs devraient être publiés et faire l'objet d'une large diffusion."

-
- ^{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 p.
- ^{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
Rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures basé essentiellement sur la documentation slave, EIFAC Tech.Pap., (Fr) (6):32 p., 1968
Références bibliographiques sur les effets de la température de l'eau sur le poisson, EIFAC Tech.Pap., (8):8 p., 1969
Rapport sur l'ammoniac et les pêches intérieures, EIFAC Tech.Pap., (Fr) (11):13 p., 1971
Rapport sur les phénols monohydriques et les pêches intérieures, EIFAC Tech.Pap., (5): 18 p., 1972

Pour accomplir cette tâche, la Commission a créé à sa Deuxième Session, un groupe de travail d'experts, ceux-ci étant 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 ^{3/}.

La Troisième Session suggéra ensuite que les études du groupe de travail soient axées sur: la température de l'eau (y compris un examen critique des effets de déversements d'eau chaude); l'oxygène et le gaz carbonique dissous; le pH; les substances toxiques comprenant les métaux lourds; les phénols et les pesticides et herbicides.

La priorité a été donnée à l'étude sur la température élevée et le groupe de travail prépara un premier texte sur ce sujet au cours de l'exercice biennal qui suivit. (Au cours de la Troisième Session, les activités de la Commission ont été réorganisées sous trois Sous-Commissions dont l'une, la Sous-Commission III - Le poisson et l'eau polluée - englobe toutes les activités de la CECPI dans le domaine de la pollution. Le Groupe de travail sur les critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens dépend, depuis lors, de cette Sous-Commission.)

La Quatrième Session de la Commission, Belgrade, 1966, conclut, à la suite de l'examen de la documentation sur les effets de la température sur la vie aquatique, qu'une telle étude requerrait plus de travail que les ressources de la Commission ne le permettaient à cette époque. Entre-temps, elle suggéra qu'un rapport sur les valeurs extrêmes du pH soit préparé pour la prochaine session de la CECPI et qu'un rapport sur l'oxygène dissous soit mis en oeuvre lorsque des fonds s'avèreraient disponibles pour engager un consultant à temps plein ^{4/}.

Le rapport sur les valeurs extrêmes du pH et les pêches intérieures (voir note 2) a été publié en 1968, à temps pour être présenté à la Cinquième Session de la CECPI (Rome, mai 1968) qui l'a approuvé à l'unanimité ^{5/}.

Au cours de sa Cinquième Session, la Commission ré-examina, de nouveau, l'ordre des priorités des prochains thèmes d'études et décida d'entreprendre des examens critiques de la documentation sur les effets de l'ammoniac et des phénols sur les poissons d'eau douce.

Elle recommanda, également, que des directives quant à ses prochains travaux dans le domaine du contrôle de la pollution des eaux, y compris la continuité de l'établissement de critères de qualité des eaux, soient demandés au Symposium FAO/CECPI sur la nature et l'étendue des problèmes de pollution des eaux affectant les pêches intérieures en Europe, qui devait se tenir à Jablonna, Pologne, les 15-16 mai 1970, précédant immédiatement la Sixième Session de la CECPI.

La Cinquième Session approuva, en outre, un premier texte du rapport sur la température de l'eau et les pêches intérieures basé essentiellement sur la documentation slave. Le rapport a été publié en novembre 1968, troisième de la série de la CECPI sur les critères de qualité des eaux, et a été suivi, en 1969, de la quatrième publication de la série, Références bibliographiques sur les effets de la température de l'eau sur le poisson (voir note 2 pour les deux rapports).

^{3/} Rapport de la CECPI, Troisième Session, 1964, page 27

^{4/} Rapport de la CECPI, Quatrième Session, 1966, page 28

^{5/} Rapport de la CECPI, Cinquième Session, 1968, pages 35-36

A la suite du Symposium de Jablonna 6/, la Sixième Session de la CECPI, Cracovie, 1970, ré-examina, de nouveau, le programme de la Commission relatif aux critères de qualité des eaux 7/. Après avoir noté qu'un rapport sur l'ammoniac était presque terminé, elle approuva la continuation de l'étude sur les phénols et des travaux courants commencés par le groupe de travail sur le cuivre, le zinc et le mercure, et recommanda que soient ajoutés les cyanides, détergents, chlore et hydrocarbures comme thèmes d'études ultérieures. Elle recommanda, également, la reprise des travaux sur la température de l'eau et la préparation d'un examen critique fondé sur le rapport sur l'oxygène dissous, à l'échelle mondiale, préparé pour la FAO 8/.

Depuis la Sixième Session de la CECPI, le groupe de travail de la CECPI a publié les rapports sur l'ammoniac et les phénols monohydriques (voir note 2 pour les deux rapports), soit les cinquième et sixième études de cette série de documents sur la qualité des eaux. Tous deux ont été présentés à la Septième Session de la CECPI (Amsterdam, 1972 9/) qui les a approuvés à l'unanimité. Le groupe de travail continue sa recherche sur le mercure et est en train de préparer des examens critiques sur le zinc, et le chlore et les pêches intérieures.

Cette étude, la septième, est sur l'oxygène dissous et les pêches intérieures. Les spécialistes ci-après ont été nommés au Groupe de travail sur les critères de qualité des eaux en vue de la préparation de ce rapport:

M. J.S. Alabaster	(Royaume-Uni), <u>Organisateur</u>
M. D. Calamari	(Italie)
M. M. Grande	(Norvège)
M. T.B. Hasselrot	(Suède)
M. R. Lloyd	(Royaume-Uni)
M. A.W. Lysak	(Pologne)

Secrétariat de la FAO

M. J.-L. Gaudet	- Secrétaire de la CECPI par intérim
M. T.V.R. Pillay	- Chef de la Sous-division des ressources des pêches continentales par intérim
M. R.L. Welcomme	- Sous-division des ressources des pêches continentales

La rédaction de ce rapport sur l'oxygène dissous et les pêches intérieures a été, en grande partie, menée à bien par le "Water Pollution Research Laboratory (Stevenage, R.-U.)", qui a préparé le premier texte pour être soumis à l'examen des membres du Groupe de travail.

6/ Holden, A.V. et R. Lloyd (1972), Symposium sur la nature et l'étendue des problèmes de pollution des eaux affectant les pêches continentales en Europe. Synthèse des rapports nationaux, EIFAC Tech.Pap., (16):20 p.

7/ Rapport de la CECPI, Sixième Session, 1970, p. 31

8/ Doudoroff, Peter and Dean L. Shumway (1970), Dissolved oxygen requirements of fresh-water fishes. FAO Fish.tech.Pap., (86):291 p.

9/ Rapport de la CECPI, Septième Session, 1973, p. 76

Le Groupe de travail s'est basé, pour l'exécution de ce rapport, sur les mêmes règles fondamentales que celles formulées lors de la préparation de la première étude, à savoir, 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 d'eau qu'il 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."

Ce rapport sera présenté à la huitième Session de la CECPI, qui se tiendra à Aviemore, Ecosse, Royaume-Uni.

La Septième Session de la CECPI (voir note 2/) suggéra comme prochains thèmes possibles d'examen le cadmium et le plomb.

RESUME

La sensibilité des poissons aux faibles teneurs en oxygène dissous (OD) diffère d'une espèce à l'autre, d'un stade du cycle biologique à l'autre (oeufs, larves et adultes), ainsi que d'un processus biologique à l'autre (alimentation, croissance et reproduction, qui peuvent elles-mêmes dépendre de l'aptitude à la nage, et comportement spécialisé qui peut également être influencé par l'OD). Toute norme relative à l'OD établie pour une pêcherie, doit prendre en considération tous ces éléments, compte tenu du type de pêche, des moments et des lieux où l'on trouve les poissons et des répercussions probables sur la pêcherie d'une altération de chacun des éléments du cycle biologique.

Il existe un volume considérable de données de laboratoire concernant les effets de l'oxygène dissous sur les processus biologiques des poissons, mais beaucoup d'entre elles sont incomplètes et ne précisent pas la distribution des réactions au sein de populations de poisson présentant des états physiologiques et de comportement donnés, et leur signification écologique est difficile à interpréter. Cependant, il apparaît en général qu'à condition que les autres facteurs écologiques (y compris l'absence de poisons) soient favorables, une concentration minimale constante de 5 mg/l devrait être satisfaisante pour la plupart des stades et activités du cycle biologique; en effet, certains processus, tels que la croissance des juvéniles, la fécondité, l'éclosion des oeufs, la morphologie et la survie des larves, la montaison des saumons et le comportement de certaines espèces, y compris l'alose pour le rassemblement en bancs ne sont pas particulièrement sensibles à des concentrations d'OD supérieures à 5 mg/litre. Mais ce chiffre est peut-être inutilement élevé lorsqu'il s'agit simplement d'assurer une survie satisfaisante des poissons et une croissance suffisante des juvéniles.

L'établissement de critères pour l'OD à des fins halieutiques pose des difficultés car les concentrations d'OD dans les eaux intérieures peuvent fluctuer selon des modes très différents, même en l'absence de pollution, et il n'est pas possible d'en prévoir l'effet avec certitude même si elles sont décrites de manière adéquate, à moins que les niveaux ne soient assez bas pour exercer un effet directement létal sur le poisson ou assez élevés pour n'avoir aucune influence. On a fait peu d'expériences tentant de reproduire les conditions naturelles et la plupart ont été effectuées à des concentrations constantes d'OD; par ailleurs, les données obtenues dans la pratique sont généralement insuffisantes du fait de la médiocre description soit des populations de poisson présentes, soit du régime de l'OD, et leur interprétation est compliquée par la présence de substances toxiques diverses. Dans ces conditions, on ne peut proposer que des critères provisoires.

Etant donné les fluctuations normales de la concentration d'OD dans un cours d'eau, il n'est pas indiqué de proposer des critères fondés sur une valeur minimale unique qui ne devrait jamais être transgressée, ou même sur plusieurs minimums dont chacun ne devrait pas être transgressé à un certain moment de l'année; on devrait au contraire se baser sur une distribution percentile minimale (par exemple une valeur minimale du 5ème et du 95ème percentile) pendant une année ou une partie de l'année, ou, pour la pêche dans les estuaires, pendant une partie d'un cycle de marée.

Les données limitées dont on dispose font penser que, pour les populations permanentes d'espèces dulcaquicoles modérément tolérantes, telles que le gardon, les valeurs annuelles de l'OD correspondant au 50ème et au 5ème percentile, devraient dépasser respectivement 5 mg/l et 2 mg/l, tandis que, pour les salmonidés, elles devraient être respectivement de 9 mg/l et de 5 mg/litre.

Ces chiffres ne sont donnés qu'à titre d'indication générale. En effet, dans certaines circonstances, on devrait attacher plus d'importance à la distribution saisonnière de l'OD; tel est le cas par exemple des estuaires que traversent les salmonidés pendant leurs migrations. Il pourrait d'ailleurs falloir augmenter considérablement ces valeurs minimales lorsque la température est élevée ou quand l'eau contient des substances toxiques.

Pour définir de meilleurs critères, il faudra procéder à de nouvelles études de laboratoire, qui rendent compte des régimes naturels de l'OD, et faire, sur le terrain, des observations plus nombreuses sur l'état des populations de poisson en cas d'abaissement de la teneur en OD, ainsi que sur les déplacements des adultes et des juvéniles d'espèces migratrices. On devrait y associer des données analytiques plus complètes sur l'OD, aussi bien pour le cas où les populations de poissons ne sont que marginales, que pour celui où elles sont bien établies. Il faudrait également évaluer les conséquences de la diminution de la fécondité, de la croissance et de la reproduction, ainsi que celles des modifications des structures de comportement, sur la dynamique des populations ichthyologiques, sur la production de poisson et sur celle des pêcheries.

1. INTRODUCTION

(1) L'oxygène dissous (OD) est un élément indispensable au maintien de la vie aquatique et, dans certains cas, en représente même le facteur limitant. Sa raréfaction dans l'eau est probablement le résultat général le plus fréquent de certaines formes de pollution; aussi a-t-on beaucoup étudié ses effets sur les organismes aquatiques, notamment en cas de faibles concentrations. La plupart des travaux concernant les poissons d'eau douce ont récemment fait l'objet d'un examen critique très complet de Doudoroff et Shumway (1970); les renseignements concrets présentés ici se fondent sur cette analyse. Les références bibliographiques déjà passées en revue par ces auteurs ne seront pas citées, mais on indiquera un choix de communications plus récentes, ainsi que certaines données inédites.

(2) La sensibilité aux faibles concentrations d'OD varie d'une espèce à l'autre, d'un stade du cycle biologique à l'autre (oeufs, larves et adultes) et d'un processus biologique à l'autre (alimentation, croissance et reproduction, qui peuvent dépendre de l'aptitude à la nage, et comportement spécialisé qui peut également être influencé par la teneur en OD): aussi faut-il prendre ces éléments en considération lorsque l'on établit les exigences des pêcheries en matière d'OD, en tenant compte aussi du type de pêche, des lieux et moments où se présentent les poissons et des répercussions possibles sur la pêche de l'altération de l'une ou l'autre des parties du cycle biologique.

(3) L'effet de la teneur en OD sur le poisson est fonction de plusieurs autres facteurs, notamment la température, qui influe sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau, ainsi que le métabolisme de base des poikilothermes.

2. ACTION LETALE DIRECTE SUR LE POISSON

2.1 Age du poisson

(4) C'est vers le moment de l'éclosion que la sensibilité des jeunes salmonidés à la teneur en OD est la plus grande, et on observe par exemple des taux de mortalité élevés lorsque celle-ci s'abaisse brusquement à 2-3 mg/l pendant six jours. Des larves de brochet (Esox lucius) nouvellement écloses sont capables de survivre une heure en l'absence d'oxygène, mais les larves nageant librement ne survivent que quelques minutes.

(5) Le taux de survie des alevins de méné à grosse tête (Pimephales promelas) au bout de 30 jours n'est que de 5 pour cent pour une concentration d'OD de 3 mg/l, et passe à 66 pour cent à 5 mg/l (Brungs, 1971).

(6) Pour la survie des poissons matures, il suffit probablement que la teneur en OD dépasse 3 mg/l lorsque les autres conditions sont favorables, et les concentrations létales sont souvent très inférieures à ce chiffre. En général, il faudrait au maximum une journée pour produire une anoxie aiguë, dans des conditions constantes, chez les espèces dulcaquicoles européennes. La résistance des juvéniles tend à être moindre, mais son mode d'évolution avec l'âge est variable, notamment au cours du premier mois.

2.2 Température

(7) On n'a pas mis en évidence de variations saisonnières de la résistance aux faibles teneurs en OD qui soient indépendantes de la température; en général, la limite minimale d'OD tolérable par le poisson augmente en fonction de la température, et notamment au voisinage de la limite thermique supérieure létale.

2.3 Acclimatation

(8) Au cours des expériences visant à déterminer les valeurs létales aiguës pour le poisson de la teneur en OD, les spécimens étudiés ont généralement été directement transférés d'une eau bien oxygénée dans les solutions d'essai. Mais de nombreux indices montrent qu'une

accoutumance aux faibles teneurs en OD est possible, le temps nécessaire augmentant à mesure que la température s'abaisse; aux basses températures, il se peut que l'acclimatation n'ait pas lieu. Cependant, il est bien connu que la carpe commune (Cyprinus carpio) et le carassin (Carassius carassius) sont capables de résister pendant quelques mois à des conditions anaérobies, à des températures proches du point de congélation. L'acclimatation aux faibles teneurs en OD pendant des périodes pouvant atteindre 10 jours peut abaisser le "seuil de tolérance" du poisson jusqu'à 50 pour cent de celui obtenu lors d'un transfert direct d'un milieu saturé en air.

(9) R. Lloyd et D.J. Swift (communication personnelle) suggèrent que l'acclimatation de la truite arc-en-ciel (Salmo gairdneri) à une teneur en OD de 3 mg/l à 17°C se fait en deux étapes; la première, qui est accompagnée de diurèse, réduction du volume sanguin et accroissement de l'hématocrite, dure environ six heures, et la seconde, qui est accompagnée de rétention urinaire, accroissement du volume sanguin et érythropoïèse, demande 16 heures. Toutefois, de semblables teneurs en OD accroissent également la perméabilité à l'eau de la truite arc-en-ciel.

2.4 Sursaturation

(10) La sursaturation de l'eau en oxygène due à l'activité du phytoplancton n'est généralement pas létale, sauf quand le poisson est atteint d'embolie gazeuse, maladie qui apparaît lorsque la somme des pressions partielles de tous les gaz atmosphériques dissous dépasse de beaucoup la pression hydrostatique, ou quand la sursaturation en oxygène est associée à un pH élevé. La surabondance d'oxygène dans l'eau peut améliorer nettement la durée de survie du poisson rouge (Carassius auratus) à une température létale donnée, ou bien à la température létale provoquée par chauffage. Aucune nouvelle amélioration de la tolérance thermique n'a été observée avec des pressions d'oxygène dissous supérieures à 5 atmosphères (Weatherley, 1970).

2.5 Interaction avec les poisons et l'anhydride carbonique

(11) L'abaissement de la concentration d'OD peut augmenter le débit de l'eau sur les ouïes du poisson, d'où accroissement de la quantité de poison qui entre en contact avec la surface des ouïes où il est absorbé. Pour plusieurs poisons courants, la CI50 correspondant à une teneur en OD de 5 mg/l serait approximativement deux fois moindre avec une teneur en OD de 10 mg/l, et l'existence d'un effet analogue a récemment été confirmée avec un déchet de composition plus complexe (Hicks et De Witt, 1971), et avec l'hydrogène sulfuré (Adelman et Smith, 1972). De plus, Cairns et Scheier (1957) ont observé que la CI50-96 heures du chlorure de zinc, de l'acide naphthénique et du cyanure de potassium pour la perche-soleil (Lepomis macrochirus), dans une eau douce à 18°C où la teneur en OD fluctue pendant plusieurs heures entre 9 et 2 mg/l, est d'environ 0,2, 0,3 et 0,4 fois la valeur observée lorsque la teneur en OD fluctue entre 9 et 5 mg/litre.

(12) En cas d'exposition brutale à une concentration de CO₂ modérément élevée, une faible concentration d'OD normalement tolérable devient rapidement létale mais, s'il y a adaptation antérieure à la concentration de CO₂, cet effet supplémentaire est en grande partie éliminé. Toutefois, dans la nature, une adaptation à une teneur accrue en CO₂ est susceptible d'intervenir avant que la réduction concomitante de la teneur en OD n'atteigne une limite inférieure critique. Les effets du CO₂ sur les besoins en OD ne sont pas considérés comme imputables à une diminution du pH. Cependant, des accroissements de la température, de la teneur en CO₂ et de la concentration en ions hydrogène - qu'ils soient indépendants les uns des autres ou simultanés - ont pour conséquence un abaissement de l'affinité du sang de la truite arc-en-ciel pour l'oxygène (Eddy, 1971).

(13) Aussi intéressante que soit cette information, elle n'a qu'une valeur limitée quand il s'agit de définir des critères de qualité de l'eau satisfaisants pour les pêches. Il semblerait toutefois que, là où les conditions sont par ailleurs favorables, les effets toxiques aigus pour le poisson seraient probablement évités si les concentrations en OD

étaient maintenues au-dessus de 3 mg/l; chez certaines espèces, cette limite pourrait cependant être beaucoup plus basse (Brungs, 1971), et beaucoup pourraient tolérer de moindres concentrations pendant de brèves périodes. Cette conclusion apparaît dans la récapitulation du Tableau 1 (voir section 6).

3. ACTION SUBLETALE SUR LE POISSON

3.1 Fertilisation et fécondité

(14) Le plus souvent, on ne sait pas quelles sont les teneurs en OD susceptibles d'affecter la fertilisation, mais des ovules de brochet ont été fécondés en l'absence d'oxygène (à des températures comprises entre 0 et 30°C).

(15) On possède peu de données relatives à l'influence des faibles teneurs en OD sur la fécondité, mais Brungs (1971) a récemment rendu compte d'expériences au cours desquelles des ménés à grosse tête élevés pendant 11 mois dans une eau contenant 1 mg/l d'OD ne se sont pas reproduits, tandis que la quantité d'oeufs pondus par des femelles élevées dans une eau contenant 2 mg/l d'OD ou plus, a augmenté en raison directe de la teneur en oxygène dissous jusqu'à 5 mg/litre. Les résultats des contrôles effectués avec des concentrations de 8 mg/l semblent douteux et sont peut-être dus à de légères différences dans les conditions expérimentales.

3.2 Développement embryonnaire

(16) Dans le cas des salmonidés, toute réduction de la teneur en OD par rapport à l'ISA (indice de saturation en air) ou toute sursaturation peut retarder le développement et la croissance embryonnaire, entraîner une diminution de la taille au moment de l'éclosion ou retarder cette dernière, mais la plupart des oeufs éclosent normalement lorsque la teneur en OD se situe entre 2 et 3 mg/l et ils donnent naissance à des larves relativement petites et mal développées, mais viables et dépourvues de malformations.

(17) Les embryons de quelques autres espèces peuvent se développer et produire des larves normalement conformées à des concentrations en OD inférieures à 2 mg/l, mais pour d'autres encore, parmi lesquelles l'esturgeon (Acipenser gùldenstaedti), la brème (Abramis brama), Vimba vimba et le brochet, il semble nécessaire que les concentrations soient nettement supérieures à 4-5 mg/l aux températures normales de développement; statistiquement, le pourcentage d'éclosion d'embryons de brochet exposés en permanence à une teneur en OD de 2,0 mg/l pendant 6 à 24 heures après la fertilisation, a été nettement inférieur à celui obtenu à 6,0 mg/l (Adelman et Smith, 1970).

(18) Dans des conditions d'hypoxie, l'éclosion est souvent retardée, mais chez certaines espèces telles que le saumon chien (Oncorhynchus keta), elle peut être avancée (Trifonova, 1937); dans les deux cas, les larves nouvellement écloses tendent à être plus petites que lorsque les conditions sont favorables.

3.3 Respiration et métabolisme

(19) Les considérables réactions respiratoires et cardio-vasculaires par lesquelles les poissons s'adaptent aux variations de la teneur en OD, et qui ont été particulièrement étudiées par Doudoroff et Shumway (1970) et Satchell (1971), n'indiquent pas nécessairement qu'il y ait altération de fonctions écologiquement importantes, et on ne devrait probablement pas se fonder sur ces processus pour évaluer les besoins en OD. Par exemple, des fluctuations nyctémérales de la teneur en OD de l'eau se sont traduites quatre heures plus tard par des modifications de la tension de vapeur de l'oxygène dans les tissus de la truite (Garey et Rahn, 1970). On n'a pas déterminé à quelles teneurs en OD s'abaisse le métabolisme de base habituel des poissons s'alimentant normalement dans la nature, mais ces valeurs pourraient être d'une réelle signification écologique. Toutefois, la méthode du "bilan énergétique" a montré qu'en moyenne le métabolisme de base du black-bass à grande bouche

(*Micropterus salmoides*) pourrait être pratiquement indépendant des proies dont il se nourrit dans son milieu naturel à des températures favorables. Etant donné que la recherche de proies, la digestion et la croissance peuvent provoquer des dépenses d'énergie analogues, la quantité d'oxygène dissous nécessaire au métabolisme est peut-être indépendante de la consommation alimentaire et du taux de croissance, ce qui semble indiquer que des teneurs modérément abaissées en OD pourraient affecter les taux de croissance, quelle que soit la disponibilité d'aliments.

3.4 Croissance larvaire

(20) Ni l'abaissement de la teneur en OD à environ 5 mg/l, ni des fluctuations diurnes d'amplitude modérée par rapport à cette concentration n'exercent un effet notable sur la croissance des alevins de salmonidés. A 3 mg/l, il se peut que l'on observe seulement une croissance un peu moindre et, une fois le sac vitellin complètement absorbé, une réduction de la taille d'environ 25 pour cent, sauf si les températures sont défavorablement élevées. On possède peu de données pour d'autres espèces, mais des résultats assez analogues ont été décrits pour le méné à grosse tête (Brungs, 1971). Toutefois, comme ce stade est généralement bref, le ralentissement de la croissance post-larvaire (stade des juvéniles) revêt peut-être plus d'importance du point de vue de la production de poisson.

3.5 Croissance des juvéniles

(21) Tout abaissement de la teneur en OD, même à 50 pour cent de l'ISA, peut réduire la consommation alimentaire et le taux de croissance des juvéniles même si toutes les autres conditions sont favorables. On a montré chez le brochet que, tandis que le taux de conversion alimentaire n'est pas affecté par une teneur en OD de 3 mg/l, la croissance se ralentit par contre légèrement à 3-4 mg/l, et de manière beaucoup plus importante à des teneurs encore inférieures (Adelman et Smith, 1970). De plus, des données obtenues au Japon (Itazawa, 1971) font penser qu'une teneur minimale en OD de 4 à 4,5 mg/l est nécessaire pour obtenir des taux maximaux d'absorption alimentaire, de croissance et de conversion des aliments chez la truite arc-en-ciel, à environ 10,5°C; ce chiffre est de 3 mg/l pour la carpe commune, à environ 21,5°C.

(22) Avec des carpes pesant de 40 à 250 g, élevées à la température de 23°C, et auxquelles on offre des aliments à raison de 5 pour cent de leur poids individuel par jour, en neuf rations on a obtenu un rapport du poids des aliments offerts au gain pondéral du poisson (taux de conversion) de presque 1:1 lorsque la concentration en oxygène dissous était de 7 mg/l; ce taux était de 2:1 à environ 3 mg/l d'OD et de 3:1 à environ 1 mg/l (Huisman, 1970); on a jugé que le taux de conversion aurait probablement été plus élevé avec une alimentation moins intensive.

(23) On a observé que des saumons de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) âgés de 4 à 10 mois, exposés à des concentrations variables d'OD (2,4-10,6 mg/l) se développent moins bien que les sujets exposés en permanence à une teneur en OD de 10,6 mg/l (Dorfman et Whitworth, 1969). Néanmoins, d'importantes fluctuations nyctémérales de la teneur en OD, avec des minimums de 2 à 3 mg/l, ont sur la croissance et l'appétit un effet presque aussi défavorable que des concentrations en permanence trop faibles.

(24) L'anhydride carbonique peut également avoir un effet préjudiciable sur la croissance, notamment en cas de fluctuations causées par l'activité photosynthétique des plantes aquatiques.

(25) Si, au cours d'essais de laboratoire, le taux de croissance de poissons abondamment nourris est faible et dépend apparemment de teneurs en OD seulement nettement inférieures au niveau de saturation, il se peut que la cause première de la diminution du taux de croissance doive être recherchée en d'autres facteurs, tels que température peu élevée, alimentation déficiente du point de vue nutritionnel ou peu attrayante, qui peuvent être dépourvus d'importance dans les conditions naturelles, mais en revêtir dans l'élevage intensif artificiel.

(26) Dans la nature, la croissance est habituellement limitée par les disponibilités alimentaires et un niveau de nutrition plus élevé peut nécessiter une dépense d'énergie excessive. Toutefois, l'enrichissement organique qui provoque souvent l'abaissement de la teneur en OD peut également aider à l'entretien d'une biomasse plus importante d'organismes susceptibles de contribuer à l'alimentation des poissons, d'où diminution des échanges métaboliques nécessaires à la recherche de proies. Les essais effectués en laboratoire reproduisent rarement exactement la bioénergétique d'un système naturel et il est donc presque impossible de déterminer pour l'OD des concentrations limitantes auxquelles la consommation alimentaire et la croissance pourraient commencer à dépendre de l'oxygène dans les conditions naturelles. Néanmoins, ces valeurs pourraient être voisines de celles qui limitent la croissance lorsque les aliments sont distribués sans restriction au laboratoire sur la base des écosystèmes.

(27) Il ressort des renseignements limités dont on dispose actuellement qu'à températures modérément élevées, les concentrations critiques ou limitantes d'OD pour l'entretien des taux de croissance et du métabolisme naturels pourraient être proches de l'ISA.

3.6 Aptitude à la nage

(28) Les poissons continuent à nager à de faibles concentrations d'OD proches du niveau létal; normalement toutefois, les vitesses soutenues maximales des salmonidés diminuent chaque fois que la teneur en OD descend au-dessous du niveau de saturation. Même aux vitesses de croisière on peut noter une plus grande fatigabilité, ainsi que le suggèrent les résultats d'expériences récemment effectuées par Smith *et al.* (1971) sur le saumon argenté (Oncorhynchus kisutch) adulte migrateur; les poissons continuent à nager pendant une heure à la vitesse d'environ 56 cm/s lorsque la concentration en OD est de 5 à 6,6 mg/l, et pendant une autre heure lorsqu'elle est de 4,5 à 5 mg/l, tandis que ceux exposés pendant la seconde heure à une concentration d'OD de 4 à 4,5 mg/l présentent des signes de fatigue. Cependant, la nage de certains poissons vivant en eau à température élevée n'est affectée que par des concentrations d'OD à peu près égales ou inférieures à 5 mg/litre. L'acclimatation du cyprin doré à une carence en OD ne modifie pas l'effet des faibles teneurs en OD sur les vitesses "de pointe" et sur la fréquence avec laquelle celles-ci peuvent être répétées, n'ont pas encore été étudiés.

(29) On peut considérer que les vitesses de croisière, les vitesses soutenues maximales et les "vitesses de pointe" aient toutes valeur de survie pour le poisson en train de migrer et de rechercher de la nourriture, mais on ne sait dans quelle mesure l'amoinissement de l'une ou l'autre d'entre elles affecterait les stocks de poisson et les taux de capture.

3.7 Comportement et évitement

(30) L'activité peut augmenter ou diminuer lorsque la teneur en OD est réduite, mais le premier de ces effets est souvent suivi du second. Par exemple, le saumon de fontaine (Dandy, 1970) manifeste une activité accrue au bout de quelques minutes lorsque la concentration en OD tombe de 11 à 8 ou 6 mg/l; elle atteint un maximum en une heure puis décline progressivement. L'accroissement de l'activité peut avoir incidemment pour résultat un évitement des faibles concentrations en OD, mais certaines études de laboratoire font penser à un évitement délibéré des concentrations d'environ 1 mg/l; ainsi par exemple celles effectuées par Stott et Cross (1973) avec le gardon (Rutilus rutilus). Ce niveau d'évitement s'élève légèrement lorsque l'abaissement de la teneur en OD (pendant une durée de 4 heures) s'accompagne d'un accroissement de la teneur en CO₂; il diminue légèrement lorsque les gardons sont acclimatés pendant toute une nuit à une concentration en OD de 3 mg/litre. Mais on note des écarts considérables entre les concentrations évitées par les poissons dans les comptes rendus de différents chercheurs; ils pourraient refléter dans une certaine mesure la technique expérimentale utilisée, en particulier la nature du gradient d'OD et l'existence d'autres schémas de comportement sur-imposés qui pourraient avoir de l'importance dans les conditions naturelles. Tandis que beaucoup d'espèces vivent à des concentrations d'OD à peine supérieures à la limite létale, sans chercher à les éviter, on note par contre un comportement d'évitement lorsqu'une eau mieux oxygénée est accessible, et des observations faites sur le terrain corroborent cette constatation.

(31) Etant donné le comportement d'évitement présenté par le poisson dans des conditions de laboratoire, on peut penser que les zones à faible teneur en OD dans les estuaires pourraient opposer une barrière au déplacement des poissons migrateurs. Pendant une étude qui a duré onze ans, la montaison du saumon royal (Oncorhynchus tshawysha) adulte et du saumon argenté à travers une passe à poissons a été apparemment inhibée par une concentration en OD inférieure à 4-5 mg/l mais, lors d'une année exceptionnelle, les poissons ont poursuivi leur migration même à la concentration de 3 mg/l; toutefois, les effets possibles d'autres facteurs pertinents, tels que la température et le débit de l'eau, n'ont pas été pris en considération. On a signalé que des aloses américaines (Alosa sapidissima) ont traversé une zone estuarine où la teneur en OD était de 2 mg/litre. D'autre part, on ignore semble-t-il si de faibles concentrations d'OD peuvent empêcher l'avalaison des tacons.

(32) D'autres comportements typiques du poisson, qui pourraient être importants pour la survie de l'espèce considérée, sont également affectés par la réduction de la teneur en OD. Le comportement grégaire (rassemblement en bancs) peut se modifier lorsque la concentration d'OD tombe à 7 mg/l (Moss et McFarland, 1970) et, dans le cas de l'aloise américaine, cette altération intervient lorsque la teneur est inférieure à 4,5 mg/litre. Autre exemple: le doré jaune (Stizostedion vitreum vitreum) a normalement tendance à demeurer immobile sous abri; ce comportement se modifie progressivement à mesure que la concentration d'OD s'abaisse de 6 à 2 mg/l, pour être finalement remplacé par une nage anormalement active en eau libre lorsque cette concentration est de 1 à 2 mg/l (Scherer, 1971).

4. EFFET DIRECT SUR LES ORGANISMES SERVANT DE NOURRITURE AUX POISSONS

(33) Tandis que certains organismes consommés par le poisson peuvent souffrir de concentrations réduites d'OD encore trop élevées pour nuire au poisson, d'autres prospèrent dans des eaux enrichies par des substances organiques absorbant l'oxygène.

(34) Des larves de l'éphéméroptère (Cloeon dipterum), espèce largement répandue en Europe à faible altitude, vivent plus longtemps en présence de faibles teneurs en OD que celles du plécoptère (Perlodes intricata), espèce vivant seulement dans les régions montagneuses, que ces concentrations aient été atteintes progressivement ou brusquement; les larves de C. dipterum ont été capables d'épuiser l'oxygène dissous d'un récipient clos jusqu'à une limite inférieure de 0,02 mg/l à 5,5°C, tandis que celles de P. intricata sont mortes presque immédiatement lorsqu'on les a transférées brusquement dans un milieu où l'ISA était de 26 pour cent à 5,5 et 15,5°C (Kamler, 1971). On a également montré que les réactions rhéotaxiques de Gammarus qui, dans des conditions de laboratoire, atteignent leur maximum avec une vitesse d'écoulement de l'eau égale à 5 cm/s, sont les plus importantes lorsque les teneurs en OD sont de 2,7, 3,3 et 5,3 mg/l, respectivement pour G. pulex, G. roeseli et G. fossarum (Vobis, 1972). Nebeker (1972) a donné d'autres exemples où la CL50 30-j pour les éphéméroptères et les chironomidés se situe entre 0,6 et 5,0 mg/litre.

(35) Il est donc peu vraisemblable que les ressources alimentaires globales soient compromises par des déchets organiques qui réduisent simplement la teneur en OD. Aussi n'est-il pas indispensable d'évaluer les besoins en oxygène des organismes servant de nourriture aux poissons lorsque l'on fait une estimation des concentrations d'OD nécessaires à la protection des poissons ou des pêches. Certains organismes pourraient cependant avoir une importance particulière car ils peuvent aussi faire l'objet de pêches commerciales, comme c'est le cas de l'écrivisse (Astacus fluviatilis): on sait peu de choses de ses besoins en oxygène, bien que Höglund (1961) ait signalé qu'elle réagit aux gradients d'oxygène dissous dans des conditions de laboratoire.

5. OBSERVATIONS EN MILIEU NATUREL

5.1 Cours d'eau

(36) Une faune ichtyologique abondante et variée a été trouvée dans des eaux continentales dont la teneur en OD était inférieure à 4-5 mg/l, ainsi que dans des eaux polluées, même lorsque la concentration d'OD n'avait pas dépassé 4 mg/l pendant longtemps. En 1971, on a

cependant observé une forte mortalité chez le saumon (Salmo salar) dans la rivière Don, en Ecosse, à des concentrations d'OD environ 4 mg/l, et à des températures allant d'un minimum de 18°C à un maximum d'environ 23°C (E. McGregor Weir, communications personnelles). Ce résultat est en accord avec les données de laboratoire qui indiquent un chiffre plus élevé pour la concentration létale d'OD lorsque la température est élevée (paragraphe 7).

(37) D'autres données (Alabaster, 1973), obtenues lors de la détermination des concentrations diurnes d'OD au cours des années 1968 à 1970 en divers emplacements du bassin hydrographique de la Trent connus pour être poissonneux, montrent que les zones à truites sont celles où la médiane et le 5ème percentile de la distribution annuelle de l'oxygène dissous dépassent respectivement 8,7 et 4,8 mg/l, tandis que les zones à poissons blancs sont celles où ces valeurs sont respectivement supérieures à 3,7 et 2,1 mg/litre. Il convient toutefois de signaler que l'on ne sait rien de l'état de ces lieux de pêche, sinon qu'il y a présence de poissons; rien n'indique que ces populations soient résidentes, aussi les niveaux critiques pourraient-ils être plus élevés pour une pêcherie permanente. Par ailleurs, d'autres agents de pollution, notamment des métaux lourds, étaient présents dans ces eaux et ont pu être la cause d'erreurs en sens inverse. Aussi serait-il imprudent d'admettre que ces critères seraient applicables à d'autres situations avant d'avoir procédé à une nouvelle étude de l'ensemble des modifications de la teneur en OD qui constituent la distribution annuelle globale observée.

5.2 Lacs

(38) Des études ont montré que, dans le lac Onondaga (comté d'Onondaga, Syracuse, Etat de New York, 1971), qui est un lac salin, une grande partie de l'eau, et parfois toute la hauteur de la colonne d'eau, contient moins de 4 ou 5 mg/l d'OD pendant des périodes assez longues (plusieurs semaines), et que pourtant les pêcheries n'en semblent pas affectées. Selon Brodde (1972), la zone anaérobie apparue près du fond du lac Ivösjön à la fin de l'été 1969 a apparemment été évitée avec succès par la petite marenne (Coregonus albula), la lotte de rivière (Lota lota) et la grémille (Acerina cernua). D'autre part, des larves de lavaret du Bourget (Coregonus lavaretus) provenant d'oeufs récoltés en 1968-69 dans le lac Constance où la teneur minimale en OD était de 4,3 mg/l ont présenté des malformations inconnues les années précédentes alors que la concentration d'OD était beaucoup plus élevée; la mortalité des oeufs dans ce lac a également été élevée en 1969-70 (Nümann, 1972). Mais il est possible que ces résultats soient en partie imputables à l'effet toxique de l'hydrogène sulfuré extrait par lixiviation des dépôts anaérobies présents sur le fond (Smith et Oseid, 1972).

5.3 Estuaires

(39) L'examen des données obtenues par Wheeler (1969) pour des gardons recueillis sur les grilles du bassin d'alimentation de centrales électriques utilisant la barre de flot de la Tamise à des fins de refroidissement fait apparaître qu'au cours de la période de novembre 1967-octobre 1968 où la teneur moyenne en OD était d'environ 78 pour cent de l'ISA, on a capturé environ 14 spécimens par mois, tandis que lorsque cette teneur était inférieure à 25 pour cent de l'ISA, la récolte était de moins de cinq spécimens par mois.

(40) Les informations relatives à la disparition de zones de pêcheries dans l'estuaire de la Tamise au début du siècle et au retour de certaines espèces au cours de la dernière décennie, ont été examinées par Alabaster (1973). Elles font penser que des teneurs en OD atteignant au moins 30 à 50 pour cent de l'ISA sont nécessaires pour la présence de la lamproie de rivière (Lampetra fluviatilis), du flet (Platichthys flesus) et de l'éperlan (Osmerus eperlanus). Cependant, l'aloise finte (Alosa fallax) n'a pas encore réapparu et il se peut qu'elle ait des besoins plus élevés en oxygène dissous. Il reste à voir si ces pêcheries pourraient rester bien établies dans les conditions actuelles.

(41) L'examen des données communiquées par la Northumberland River Authority relativement aux captures de saumons dans la Tyne au cours de 1967, fait penser que pendant le mois de mars et au début du mois d'avril, les poissons remontaient le courant en traversant une zone de l'estuaire où la valeur minimale calculée de la teneur en oxygène dissous oscillait

probablement entre 4,5 et 6,8 mg/l (J.S. Alabaster et M.J. Barrett, communication personnelle). Les données ne permettent cependant pas de conclure quant à la valeur minimale qui aurait inhibé la migration.

6. RECAPITULATION DES DONNEES

(42) Il ressort des données de laboratoire que certaines teneurs en OD vont de pair avec une diminution ou une modification de la survie, de la croissance, de la reproduction, de l'appétit à la nage et du comportement du poisson: aussi incomplètes que soient ces données, relativement à la distribution des réactions présentées par des populations de poissons se trouvant dans des états physiologiques et de comportement déterminés, on est actuellement obligé de les utiliser pour l'établissement de tous les critères relatifs à la teneur en OD pour le poisson et la pêche, et c'est ce que l'on a déjà dû faire pour obtenir les estimations provisoires, présentées ici, des concentrations constantes minimales indispensables à l'accomplissement normal du cycle biologique, en admettant que les autres facteurs écologiques soient favorables - entre autre, l'absence de substances toxiques (Tableau 1).

Tableau 1. Estimations provisoires des concentrations constantes minimales en OD nécessaires au maintien des caractéristiques normales du cycle biologique des poissons dans des conditions par ailleurs favorables

Caractéristique étudiée	OD (mg/l)	Paragraphe
Survie des juvéniles et des adultes pendant un jour ou plus	3	4-13
Fécondité, éclosion des oeufs, survie larvaire	5	15
Réduction de 10 % du poids des larves écloses	7	16
Croissance larvaire	5	20
Croissance des juvéniles (réduction possible de 20 %)	4	21
Croissance des carpillons (<u>Cyprinus carpio</u>)	3	21-22
Nage à la vitesse de croisière (réduction possible de 10 % de la vitesse soutenue maximale)	5	28
Montaison du saumon du Pacifique (<u>Oncorhynchus</u> spp.) et du saumon de l'Atlantique (<u>Salmo salar</u>)	5	31
Montaison de l'alose américaine (<u>Alosa sapidissima</u>)	2	31
Comportement de l'alose américaine pour la formation de bancs	5	32
Comportement du doré jaune (<u>Stizostedion vitreum vitreum</u>) tendant à rechercher un abri	6	32

(43) Il ressort de ces données qu'en général un minimum de 5 mg/l constituerait une limite satisfaisante pour la plupart des processus nécessaires au cycle biologique normal du poisson; cette valeur pourrait toutefois être inutilement élevée lorsqu'il s'agit simplement d'assurer une survie satisfaisante du poisson et la croissance des juvéniles. Par conséquent, des fluctuations de la teneur en OD autour de 5 mg/l ou bien toute diminution par rapport à ce

chiffre pourraient avoir une incidence plus grande sur certains processus que sur d'autres; on a déjà mentionné que les fluctuations de la teneur en OD ont plus d'influence sur la croissance des juvéniles que sur celle des larves, mais il est clair que la fécondité, l'écllosion des oeufs et la morphologie et la survie larvaires, ainsi que la montaison du saumon migrateur et le mode de formation de bancs chez certaines espèces, dont l'aloise, seraient également compromis par des concentrations inférieures à 5 mg/l qui n'auraient pas nécessairement de répercussions sur la survie individuelle ou sur la montaison de l'aloise. Cette observation est en accord avec le simple fait que l'on trouve des poissons dans des cours d'eau et des estuaires pollués où la teneur en OD est nettement inférieure au niveau de saturation et présente de fortes variations au cours d'une même année (paragraphes 37-41); cela ferait penser que les valeurs minimales acceptables (pour les intervalles de variation) sont très inférieures à 5 mg/l - par exemple, elles sont probablement inférieures à 1 mg/l pour les poissons blancs dans la Trent.

7. CRITERES PROVISOIRES

(44) Il est difficile de formuler des critères relatifs à l'oxygène dissous pour les pêches, car les fluctuations de la teneur en OD des cours d'eau peuvent se présenter selon des modes très divers. Même en l'absence de pollution, on peut noter des variations considérables, avec des valeurs maximales à partir de midi, et de faibles valeurs avant le lever du soleil. Le schéma peut être analogue, bien qu'à des concentrations généralement inférieures, dans un cours d'eau pollué, et il peut s'y superposer des variations saisonnières, ainsi que des modifications liées au courant. Un abaissement de la teneur en OD pendant une heure ou deux par jour a une moindre incidence que la persistance d'une faible teneur pendant plusieurs jours ou même semaines. Il est vraisemblable que de rares opérations d'échantillonnage effectuées pendant les heures diurnes ne rendent pas compte du régime véritable d'un cours d'eau relativement à la teneur en oxygène dissous, et que celui-ci ne peut être connu qu'à l'aide de stations de contrôle automatique.

(45) Cependant, même lorsque l'on a une idée assez claire du régime en OD, il est difficile d'en prévoir l'effet probable sur le poisson et la pêche, à moins que les concentrations ne soient assez faibles pour entraîner la mort du poisson ou assez élevées pour être dépourvues d'influence. Il existe une énorme documentation sur les besoins des poissons en oxygène dissous, mais on n'a guère fait d'expériences qui reproduisent un tant soit peu les conditions naturelles; en effet, la plupart d'entre elles sont effectuées à des concentrations d'OD constantes; en outre, les données obtenues en milieu naturel sont, soit insuffisantes pour la description des populations de poissons présentes ou du régime en oxygène dissous, soit compliquées par la présence de diverses substances toxiques.

(46) Dans ces conditions, les critères proposés ne peuvent être que provisoires. Il est évident qu'on ne peut les établir en fonction d'une valeur minimale unique qui ne devrait jamais être transgressée, ni même en fonction de plusieurs minimums dont chacun ne devrait pas être transgressé à une certaine époque de l'année mais qu'il faut plutôt se fonder sur une distribution percentile minimale pendant une année ou peut-être une partie de l'année, ou bien, dans le cas de certaines pêches, pendant une partie d'un cycle de marées. Cette notion se retrouve dans la proposition de critères pour les phénols monohydratés qui a été faite par le Groupe de travail CECPI sur les critères de qualité de l'eau pour les poissons d'eau douce européens (CECPI, 1972), bien qu'elle n'ait pas été exprimée sous la forme d'une distribution percentile.

(47) D'après les données limitées actuellement disponibles, on fait les suggestions ci-après à titre provisoire, dans l'attente de renseignements complémentaires; pour les populations résidentes d'espèces dulcaquicoles de tolérance modérée, telles que le gardon, les valeurs annuelles du 50ème et du 5ème percentile devraient être supérieures à 5 mg/l et 2 mg/l respectivement et, pour les salmonidés, ces valeurs devraient être respectivement de 9 mg/l et 5 mg/litre.

(48) Ces valeurs ne doivent être considérées que comme des éléments généraux d'appréciation; en effet, dans certaines circonstances particulières, il faut attacher plus d'importance à la distribution saisonnière de l'OD. Par exemple, pour les salmonidés adultes en cours de migration, les valeurs des 50ème et 5ème percentiles pendant les basses-eaux des mois d'été, dans la zone d'un estuaire où la teneur en OD est le plus faible, devraient être respectivement de 5 et 2 mg/l; toutefois, si la zone pauvre en oxygène est vaste (plus de quelques kilomètres de long), des concentrations plus élevées à ces percentiles pourraient être nécessaires. De plus, les faibles teneurs en OD étant particulièrement dangereuses pour les juvéniles (paragraphe 4, 5, 17 et 18), elles ne devraient pas être rencontrées lorsque les poissons en sont à ces stades de développement.

(49) Mais il pourrait être nécessaire de relever considérablement toutes ces valeurs minimales en cas de températures élevées (paragraphe 7, 27 et 36), où s'il y a présence de substances toxiques (paragraphe 11).

(50) Si l'on veut formuler des critères plus satisfaisants, il faudra effectuer davantage d'études de laboratoire qui reflètent les régimes naturels en oxygène dissous et faire sur le terrain des observations plus nombreuses sur l'état des populations de poissons et les déplacements des adultes et des juvéniles d'espèces migratrices. A cela devraient s'ajouter des données plus complètes sur la teneur en oxygène dissous, aussi bien dans les cas où les populations de poissons ne sont que marginales que dans ceux où elles sont bien établies. Il faudrait également évaluer les conséquences de la réduction de la fécondité, de la croissance et de la reproduction, ainsi que celles des modifications du comportement, sur la dynamique des populations et sur la production de poisson et le rendement des pêcheries.

8. REFERENCES

- Adelman, I.R., & L.L. Smith, Effect of oxygen on growth and food conversion efficiency of
1970 northern pike. Prog.Fish Cult., 32(2):93-6
- _____, Toxicity of hydrogen sulphide to goldfish (Carassius auratus) as influenced
1972 by temperature, oxygen and bioassay technique. J.Fish.Res.Board Can., 29(9):
1309-11
- Alabaster, J.S., Oxygen in estuaries; requirements for fisheries. In Mathematical and
1973 hydraulic modelling of estuarine pollution. Water Pollut.Res.Tech.Pap., Lond.,
(13)
- Brodde, A., Ivösjön - en kulturpåverkad sjö. Vatten, 2:102-14
1972
- Brungs, W.A., Chronic effects of low dissolved oxygen concentrations on the fathead minnow
1971 (Pimephales promelas). J.Fish.Res.Board Can., 28(8):1119-23
- Cairns, J., & A. Scheier, The effect of periodic low oxygen upon the toxicity of various
1957 chemicals to aquatic organisms. Proc. Indust. Waste Conf. Purdue Univ., (Ext. Serv.)
12(94):165-76
- Dandy, J.W.T., Activity response to oxygen in the brook trout (Salvelinus fontinalis
1970 /Mitchell/). Can.J.Zool., 48(1):1067
- Dorfman, D., & W.R. Whitworth, Effects of fluctuations of lead, temperature and dissolved
1969 oxygen on the growth of the brook trout. J.Fish.Res.Board Can., 26:2493-501
- Doudoroff, P., & D.L. Shumway, Dissolved oxygen requirements of freshwater fishes. FAO Fish.
1970 Tech.Pap., (86):291 p.

- Eddy, F.B., Blood gas relationships in the rainbow trout Salmo gairdneri. J.Exp.Biol., 55:
1971 695-711
- EIFAC, European Inland Fisheries Advisory Commission Working Party on Water Quality Criteria
1972 for European Freshwater Fish. Monohydric phenols and inland fisheries. EIFAC
Tech.Pap., (15):18 p.
- Garey, W.F., & H. Rahn, Gas tensions in tissues of trout and carp exposed to diurnal
1970 changes in oxygen tension of the water. J.Exp.Biol., 52:575-82
- Hicks, D.B., & J.W. De Witt, Effects of dissolved oxygen on kraft pulp mill effluent toxicity.
1971 Water Res., 5(9):693-701
- Höglund, L.B., The reactions of fish in concentration gradients. Rep.Inst.Freshwat.Res.
1961 Drottningholm, (43):147 p.
- Huisman, E.A., Een onderzoek naar de kweekmogelijkheid van de karper in doorstroombekkens.
1970 In Jaarverslag Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij 1968-69, 45 p.
- Itazawa, Y., An estimation of the minimum level of dissolved oxygen in water required for
1971 normal life of fish. Bull.Jap.Soc.Sci.Fish., 37(4):273-6
- Kamler, E., Reactions of two species of aquatic insects to the changes of temperature and
1971 dissolved oxygen. Polak.Arch.Hydrobiol., 18(3):303-23
- Moss, S.A., & W.N. McFarland, The influence of dissolved oxygen and carbon dioxide on fish
1970 schooling behaviour. Mar.Biol., 5:100-
- Nebeker, A.V., Effect of low oxygen concentration on survival and emergence of aquatic
1972 insects. Trans.Am.Fish.Soc., 101:675-9
- Nümann, W., The Bodensee: effects of exploitation and eutrophication on the salmonid commu-
1972 nity. J.Fish.Res.Board Can., 29(6):833-47
- Onondaga County, Syracuse, New York, Onondaga Lake study. Water Pollut.Contr.Res.Ser., Wash.,
1971 (11060 FAE 4/71)
- Satchell, G.H., Circulation in fishes. Cambr.Monogr.Exp.Biol., (18):131 p.
1971
- Scherer, E., Effects of oxygen depletion and carbon dioxide build-up on the photic behaviour
1971 of the walleye (Stizostedion vitreum vitreum). J.Fish.Res.Board Can., 28(9):
1303-7
- Smith, L.L., & D.M. Oseid, Effects of hydrogen sulphide on fish eggs and fry. Water Res.,
1972 6(6):711-20
- Smith, L.S., et al., Response of teleost fish to environmental stress. Water Pollut.Contr.
1971 Res.Ser., Wash., (18050 EBK 02/71):114 p.
- Stott, B., & D.G. Cross, The reactions of roach (Rutilus rutilus) to changes in the concen-
1973 tration of dissolved oxygen and free carbon dioxide in a laboratory channel.
Water Res., 7(5):13 p.
- Trifonova, A.N., La physiologie de la différenciation et de la croissance. 1. L'équilibre
1937 Pasteur-Meyerhof dans le développement des poissons. Acta Zool., Stockh., 18:
375-445

- Vobis, H., Rheotaktisches Verhalten von Gammarus pulex, Gammarus roeseli und Gammarus fossarum bei verschiedenem Sauerstoffgehalt des Wassers. Thesis 32 p. Landesstelle für Gewässerkunde und Wasserwirtschaftliche Planung Baden-Württemberg, Karlsruhe
- 1972
- Weatherley, A.H., Effects of superabundant oxygen on thermal tolerance of goldfish.
1970 Biol.Bull.Mar.Biol.Lab., Woods Hole, 139:229-38
- Wheeler, A.C., Fish-life and pollution in the lower Thames: a review and preliminary report.
1969 Biol.Conserv., 2(1):25

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).
- EIFAC/T7** Evaluation économique de la pêche sportive dans les eaux continentales, par Ingemar Norling (Suède, 1968).
- EIFAC/T8** Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Références bibliographiques sur les effets de la température de l'eau sur le poisson (1969).
- EIFAC/T9** Récents développements dans la nutrition de la carpe et de la truite. Communications présentées à un symposium, cinquième session de la CECPI (Rome, 1968).
- EIFAC/T10** Etude comparée des mesures législatives et administratives régissant les échanges internationaux de poissons vivants et d'œufs de poisson, par F.B. Zenny, Service de législation de la FAO (Rome, 1969).
- EIFAC/T11** Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur l'ammoniac et les pêches intérieures (Rome, 1970).
- CECPI/T12** Aliments du saumon et de la truite et leur distribution (1973).
- EIFAC/T13** Eléments de la théorie de détermination de l'âge des poissons d'après les écailles. Le problème de validité (1971).
- EIFAC/T14** Consultation de la CECPI sur les engins et techniques de pêche à l'anguille (Rome, 1971).
- EIFAC/T15** Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens. Rapport sur les phénols monohydriques et les pêches intérieures (1972).
- EIFAC/T16** Symposium sur la nature et l'étendue des problèmes de pollution des eaux affectant les pêches continentales en Europe. Synthèse des rapports nationaux (1972).
- CECPI/T17** Rapport du symposium sur les principales maladies transmissibles des poissons en Europe et la lutte contre celles-ci, organisé par la FAO/CECPI avec le soutien de l'OIE (Rome, 1973).
- CECPI/T18** Le rôle instrumental de l'administration dans la lutte contre la pollution des eaux, par G.K. Moore (Rome, 1973).
- CECPI/T19** Critères de qualité des eaux pour les poissons d'eau douce européens: Rapport sur l'oxygène dissous et les pêches intérieures (Rome, 1973).

