

**INFLUENCE DE LA TURBIDITÉ DE L'EAU
SUR LE TAUX D'ÉCLOSION DU GARDON
*RUTILUS RUTILUS L.***

par

ANDRÉ BOUSSARD et URSULA FALTER

Université Catholique de Louvain,
Centre A. Michotte — Biologie du comportement
B-3041 Pellenberg (Belgique)

RÉSUMÉ

Cette recherche a été inspirée par l'observation selon laquelle le passage d'un bateau à moteur à proximité d'une frayère à Cyprins provoque une augmentation de la turbidité de l'eau par remise en suspension des sédiments du fond et le déferlement sur les œufs d'une vague d'eau boueuse. Au départ d'une reproduction artificielle de 26 géniteurs de Gardon *Rutilus rutilus L.*, nous avons réparti les produits sexuels obtenus en deux quantités égales qui ont reçu chacun un traitement différentiel, à savoir un arrosage en eau soit limpide soit turbide, c'est-à-dire chargée en matières sédimentables. Ces manipulations ont été réalisées à trois moments du développement : au moment de la fécondation, une demi-heure et vingt-quatre heures plus tard. La combinaison de ces différents traitements expérimentaux nous a fourni huit groupes indépendants dont le développement embryonnaire a eu lieu en milieu naturel. L'analyse statistique des nombres d'alevins obtenus montre que le premier traitement différentiel effectué au moment de la fécondation des œufs diminuait très significativement le taux d'éclosion.

Influence of the turbidity of water on the hatching rate
of the Roach *Rutilus rutilus L.*

SUMMARY

This research has been prompted by the observation according to which the passing of a motor boat near a spawning place of Cyprinids, increases the water turbidity by bringing again in suspension the bottom sediments and brings about a muddy water wave on the eggs. Starting with an artificial reproduction from 26 genitors of roaches (*Rutilus rutilus L.*), we divided the obtained sexual products in two equal parts having received each a differential treatment : sprinkling either with clear water, either with turbid water (loaded with sediments). These handlings have been realized at three stages of the development : at the time of fertilization, half an hour later and twenty four hours later. The combination of these various experimental treatments gave us eight independent groups whose embryonic development took place in the natural environment. Statistical analysis of the number of larvae hatched in each group shows that the first differential treatment applied at the time of eggs fertilization, very significantly reduces the hatching rate.

INTRODUCTION

Des recherches déjà anciennes ont démontré les effets néfastes d'une augmentation de la turbidité de l'eau par remise en suspension de particules sédimentables sur le taux d'éclosion des œufs de Salmonidae, en raison principalement des diminutions d'échanges respiratoires que provoque l'envasement des gravières où sont enfouis les œufs (SHAPOVOLOV and BERRIAN, 1940; EINSTEIN, 1972; ALABASTER and LLOYD, 1980).

A notre connaissance, il existe par contre peu de publications concernant d'autres espèces de poissons d'eau douce et notamment ceux qui pondent leurs œufs sur les végétaux aquatiques comme, par exemple, les Percidae ou les Cyprinidae. Étant donné le caractère collant des œufs des espèces précitées au moment de la ponte, il est vraisemblable qu'un redépôt de sédiments puisse éventuellement colmater partiellement la membrane et perturber ainsi le développement embryonnaire en diminuant les possibilités d'oxygénation. Cette hypothèse est d'ailleurs confirmée par les observations de MUNCY (1962) qui constate la destruction presque complète des pontes de Perches situées en aval d'un chantier de terrassement, alors que les pontes situées en amont, c'est-à-dire dans une turbidité deux fois moindre, arrivent normalement à éclosion. Une constatation similaire est faite par WOYNAROVICH (1959) qui mentionne que des pontes de Sandre (*Styzostedion lucioperca*) ont été perturbées par d'importantes accumulations de sédiments consécutives à une crue subite.

Par ailleurs, les traités de pisciculture confirment les présomptions négatives relatives à la turbidité de l'eau en recommandant l'utilisation d'une eau très pure pour les opérations de reproduction artificielle non seulement des Salmonidae mais aussi des Cyprinidae.

En milieu naturel les augmentations de turbidité pendant la fraye peuvent être de nature accidentelle (par exemple : crue), mais il n'en demeure pas moins vrai qu'elles ont souvent une origine humaine (par exemple : dragages, pollutions industrielles ou navigation).

En ce qui concerne notamment l'influence de la navigation sur l'augmentation de la turbidité de l'eau, les données de la littérature sont imprécises et contradictoires. Ainsi, LAGLER *et al.* (1950) n'indiquent pas de différence sensible de turbidités entre deux séries d'étangs du Michigan dont les uns étaient navigués expérimentalement plusieurs heures par jour par un canot à moteur et les autres demeuraient sans navigation. De même, MOSS (1977) montre que l'augmentation de turbidité de l'eau des Norfolk Broads est imputable essentiellement à l'augmentation des charges en nutriments d'origine humaine et que la navigation ne contribue pas significativement au maintien d'une turbidité élevée. Par contre, d'autres auteurs tels que ARRIGNON et DEBRUILLE (1970), TUBBS (1975), MURPHY and EATON (1981) insistent sur l'augmentation de turbidité que provoque la navigation fluviale à cause de l'érosion des berges et du brassage des sédiments meubles du fond par les hélices. Ces avis sont confirmés par les travaux récents de PEARCE (communication personnelle) qui a mesuré dans la rivière Dee une augmentation moyenne de turbidité de 150 à 200 % lors des périodes de navigation et, au moment précis des passages de bateaux, une augmentation brève pouvant atteindre 20 fois la valeur moyenne de référence.

Nos propres travaux réalisés ces quatre dernières années dans la section de Meuse comprise entre la frontière française et Namur, ont porté précisément sur

l'étude des perturbations potentielles produites par les divers types de navigation fluviale sur la reproduction naturelle des poissons et, plus particulièrement, sur la fraye des Cyprins dont le représentant typique dans le biotope précité est le Gardon *Rutilus rutilus L.*

Ces recherches nous ont amenés à étudier les comportements de ces poissons pendant la fraye et, notamment, à observer au moyen d'un équipement vidéo immergé leurs réactions lors du passage d'un canot équipé d'un moteur hors-bord à proximité immédiate d'une frayère expérimentale située dans une noue (ancien bras du fleuve). Hormis la fuite prévisible des poissons due essentiellement à la composante acoustique (BOUSSARD, 1981), un autre facteur de perturbation à plus long terme a été mis en évidence, à savoir la remise en suspension dans l'eau des sédiments meubles et le déferlement sur les végétaux aquatiques supports des pontes, de vagues d'eau fortement chargée en sédiments.

L'hypothèse de recherche qui fait l'objet de cet exposé est directement issue de cette observation et peut se formuler comme suit :

1. En milieu naturel, l'augmentation de la turbidité de l'eau provoquée ponctuellement par le passage d'un bateau à proximité d'une frayère est-elle susceptible de perturber le taux d'éclosion des œufs qui y sont pondus ?

2. Existe-il une période critique pendant laquelle l'augmentation de turbidité de l'eau serait plus particulièrement dommageable aux œufs de Gardon ?

MATÉRIEL ET MÉTHODE

1) Matériel utilisé

Nous avons décidé de réaliser les expériences dans une frayère pendant la période de fraye afin d'être certains, d'une part, de réaliser la fécondation artificielle de géniteurs prêts à pondre (BILLARD and BRETON, 1978) et, d'autre part, de nous rapprocher le plus possible des conditions naturelles de développement embryonnaire des œufs, autrement dit de conserver les conditions naturelles de photopériode et de cycle de température dont l'influence sur la reproduction est prépondérante (BAGGERMAN, 1980; BRETON *et al.*, 1980). Dans ce but, nous avons construit neuf bacs finement grillagés (mailles d'environ 200 μm) comportant chacun huit compartiments indépendants de $7 \times 13 \times 15$ cm dans lesquels ont été placées des touffes de végétation artificielle (plastique) enrobées d'œufs, soit au total 72 compartiments indépendants. Ces bacs ont été immergés dans l'eau de la Meuse au lieu dit « noue de Champale » (Yvoir); en raison des fluctuations de niveau du fleuve, les bacs ont été fixés sur un cadre flottant.

La charge en sédiments (turbidité) de l'eau utilisée par les diverses opérations qui suivent a été obtenue par pompage d'eau de Meuse lors du passage près de la berge d'un Zodiac équipé d'un moteur hors-bord de 6 C.V. et a été soigneusement contrôlée au moyen d'un turbidimètre à circulation d'eau mis au point par nous.

Le principe de cet appareil qui est décrit à la Fig. 1 s'inspire des transmissiomètres utilisés en océanographe (GIBBS, 1974) qui mesurent l'intensité lumineuse transmise à travers une colonne d'eau déterminée. A la différence des turbidimètres classiques, cette colonne d'eau est incorporée dans un circuit de pompage à grand débit qui permet de transvaser du fleuve dans une cuve ou de cette cuve vers le dispositif expérimental, une eau dont la turbidité peut être mesurée

et enregistrée en continu. Afin d'obtenir une référence calibrée, les indications du turbidimètre à circulation d'eau ont été transposées en unités F.T.U. (Formazin Turbidity Unit) au moyen d'un spectrophotomètre à LED (modèle 2000 HOELZE & CHELIUS) travaillant à 566 nm (vert).

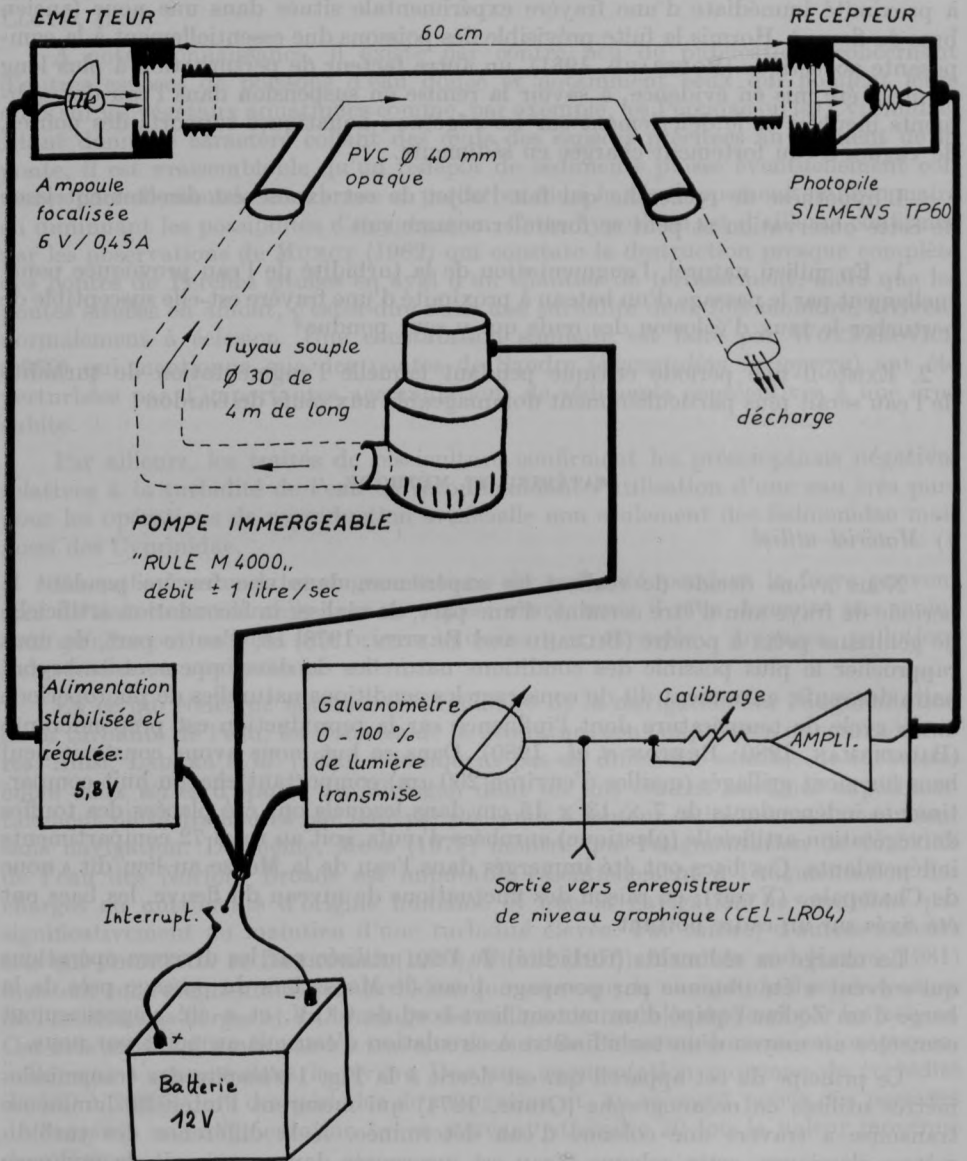


Fig. 1. — Turbidimètre à circulation d'eau

Pendant l'expérience, nous avons également mesuré et contrôlé en continu la température et le taux d'oxygène dissous dans l'eau de la noue de Champale et dans les divers compartiments grillagés (Oxymètre digital Orbisphère modèle 2714).

Les poissons utilisés pour l'expérience ont été pêchés dans la noue au moyen d'un filet maillant de 30 mm immédiatement avant les opérations de fécondation artificielle et replacés dans la noue après utilisation.

Nous avons réalisé à 24 heures d'intervalle deux séries identiques de manipulations telles que précisées au paragraphe suivant et ce pour les deux raisons suivantes :

- a) le temps nécessaire pour l'ensemble des manipulations a pu être écourté.
- b) l'existence de deux séries A et B ayant subi un traitement identique mais décalé dans le temps permet de contrôler la validité interne de l'expérience en comparant les résultats obtenus en A et en B.

La série A a été réalisée le 12 mai 1981 avec 12 Gardons adultes (5 ♀ et 6 ♂) et la série B le 13 mai 1981 avec 14 Gardons (6 ♀ et 8 ♂). Les premiers alevins éclos ont été observés le 21 mai, soit 9 jours après le début de l'expérience.

2) *Processus expérimental utilisé*

Étant donné l'existence de deux séries, le même processus expérimental a été rigoureusement suivi avec 24 h de décalage pour la série B.

1^{re} étape : capture des géniteurs pendant la fraye (filet maillant);

2^e étape : simultanément, les mâles d'une part et les femelles d'autre part sont vidés de leur laitance et de leurs œufs dans deux cuvettes sèches;

3^e étape : les œufs d'une part, la laitance d'autre part sont soigneusement homogénéisés afin de distribuer aléatoirement les productions de chaque géniteur (population de départ uniforme);

4^e étape : les œufs et la laitance sont mélangés (fécondation artificielle des œufs à sec) puis transvasés rapidement dans une éprouvette graduée;

5^e étape : les œufs fécondés sont répartis exactement en deux volumes identiques dans deux cuvettes qui sont alors remplies d'une eau soit limpide (L1) soit turbide (T1). Cette étape constitue la première manipulation expérimentale;

6^e étape : pendant les quelques minutes qui suivent, les œufs des deux cuvettes sont mélangés doucement au moyen de petites touffes de plantes artificielles sur lesquelles les œufs se collent (36 touffes par série d'expérience);

7^e étape : les touffes de plantes recouvertes d'œufs sont réparties aléatoirement dans 4 compartiments de chacun des 9 bacs grillagés immergés dans la noue;

N.B. : les 4 autres compartiments de chaque bac constitueront la série B;

8^e étape : environ 30 minutes après la fécondation artificielle, les œufs fixés sur les touffes sont arrosés respectivement d'eau limpide (L2) ou turbide (T2). Cette étape constitue la seconde manipulation expérimentale qui amène donc à disposer de 4 conditions : L1 — L2; L1 — T2; T1 — L2; T1 — T2;

9^e étape : 24 heures après la fécondation artificielle, les œufs sont de nouveau arrosés, soit d'eau limpide (L3), soit d'eau turbide (T3). Cette étape, qui constitue

la troisième manipulation expérimentale, est réalisée de manière à constituer 8 groupes ayant tous subi des traitements différents, à savoir :

L1 — L2 — L3;	T1 — L2 — L3
L1 — T2 — L3;	T1 — T2 — L3
L1 — L2 — T3;	T1 — L2 — T3
L1 — T2 — T3;	T1 — T2 — T3

A noter que chaque groupe était constitué de 8 compartiments ayant subi une même séquence de manipulations (4 de la série A + 4 de la série B). Étant donné qu'un neuvième bac grillagé était disponible, le traitement L1 — L2 — L3 a été appliqué non à 8 mais à 16 compartiments (8 « A » + 8 « B ») tel qu'il apparaît au tableau I;

10^e étape : les œufs sont laissés dans la noue jusqu'à apparition des premiers alevins éclos (période de développement embryonnaire);

11^e étape : 24 h après observation des premières éclosions, le contenu (œufs + alevins + déchets) de chacune des 36 cases de la série A a été précautionneusement siphonné dans une cuvette à fond blanc. Le niveau de l'eau dans la cuvette a ensuite été réduit à environ 1 cm par un nouveau siphonnage effectué au travers d'un filet à maille de 160 μ m afin de maintenir dans la cuvette la totalité du contenu solide du compartiment en cours de dénombrement. Les alevins éclos ont alors été capturés à la pipette et dénombrés avec précision, tandis que le résidu (œufs + déchets) a été reversé dans le compartiment qui a été replacé dans la noue. La même opération a été réalisée le lendemain pour les 36 cases de la série B;

12^e étape : deux jours plus tard, le contenu des 72 compartiments a été siphonné à nouveau et les alevins non-éclos ou non dénombrés lors de l'étape précédente ont été ajoutés au dénombrement initial.

A noter qu'une partie de ces alevins éclos a été ramenée au laboratoire où ils se développent actuellement; le reste a été replacé dans la noue.

RÉSULTATS

1) Les *mesures de l'eau de Meuse* utilisée pour les expériences ont donné les résultats suivants :

L'eau de Meuse dans la noue dans laquelle étaient immergés les compartiments grillagés a fluctué de 30 à 80 F.T.U. pendant la durée de l'expérience; l'eau de Meuse décantée utilisée pour les manipulations (conditions L) était de 50 à 55 F.T.U. et l'eau de Meuse chargée en sédiments (conditions T) était de 320 à 380 F.T.U.

La température de l'eau de la noue de Champale a été enregistrée en continu pendant l'expérience et a varié de 14,8° C à 21,3° C; au moment des deux séries d'expériences de fécondation artificielle elle était respectivement de 18,4° C pour la série A et de 18,7° C pour la série B.

Par ailleurs, les mesures du taux d'oxygène dissous ont montré que, dans tous les cas, l'oxygénation de la couche d'eau supérieure où étaient placés les œufs était proche de la saturation (75 à 120 %).

2) Le *nombre total d'alevins* dénombré au cours des deux opérations successives de siphonnage de chaque compartiment est donné au tableau I.

TABLEAU I

Traitement	Série	Compartiment : nombre d'alevins éclos								Σ	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
T1 T2 T3	A1	10	—	7	—	—	6	—	11	34	} 91
	B1	—	14	—	14	22	—	7	—	57	
T1 T2 L3	A2	—	11	—	16	36	—	20	—	83	} 134
	B2	20	—	9	—	—	10	—	12	51	
T1 L2 T3	A3	18	—	26	—	—	15	—	9	68	} 88
	B3	—	12	—	1	4	—	3	—	20	
T1 L2 L3	A4	—	11	—	16	10	—	8	—	45	} 105
	B4	20	—	19	—	—	12	—	9	60	
L1 T2 T3	A5	—	187	—	136	147	—	196	—	666	} 1328
	B5	229	—	115	—	—	146	—	172	662	
L1 T2 L3	A6	233	—	163	—	—	206	—	123	725	} 1303
	B6	—	161	—	160	116	—	141	—	578	
L1 L2 T3	A7	—	151	—	48	80	—	122	—	401	} 1057
	B7	232	—	112	—	—	162	—	155	656	
L1 L2 L3	A8	—	75	—	61	85	—	101	—	322	} 1051
	B8	88	—	43	—	—	36	—	61	228	
	A9	90	—	66	—	—	80	—	54	290	
	B9	—	66	—	64	41	—	40	—	211	
		940	688	560	516	541	673	638	601	$\Sigma = 5.157$	

3) *Analyse des résultats obtenus*

Il apparaît clairement au tableau I que le nombre d'alevins éclos par compartiment est nettement plus élevé dans la moitié inférieure c'est-à-dire dans l'ensemble des traitements L1 comparés à l'ensemble des traitements T1.

Nous analyserons successivement :

- la validité interne de l'expérience en comparant les deux séries A et B.
- l'effet du premier traitement différentiel, à savoir la fécondation et le gonflement des œufs en eau soit turbide (T1) soit limpide (L1).
- l'effet du second traitement différentiel, à savoir l'arrosage des œufs 30 minutes après fécondation par une vague d'eau soit turbide (T2) soit limpide (L2).
- l'effet du troisième traitement différentiel, à savoir l'arrosage des œufs 24 heures après fécondation par une vague d'eau soit turbide (T3) soit limpide (L3).

(1) Avant d'analyser plus finement ce résultat, il convenait de contrôler la validité interne de l'expérience en comparant les deux séries similaires A et B. Les résultats obtenus figurent au tableau II.

TABLEAU II

Hypothèses	Échantillons $n_1 = / n_2 =$	Mann-Whitney ($o - t$) test	$\alpha \leq$	Conclusions ($p \leq 0,01$)
A < B	36/36	U = 613,5 \rightarrow Z = 0,3885	0,352	N.S.
A1 < B1	4/4	U = 3,5	0,135	N.S.
A2 < B2	4/4	U = 3,5	0,135	N.S.
A3 < B3	4/4	U = 1	0,034	N.S.
A4 < B4	4/4	U = 7	0,443	N.S.
A5 < B5	4/4	U = 3	0,100	N.S.
A6 < B6	4/4	U = 3	0,100	N.S.
A7 < B7	4/4	U = 6	0,343	N.S.
A8 < B8	4/4	U = 1,5	0,041	N.S.
A9 < B9	4/4	U = 2	0,057	N.S.

$\Sigma A = 2.634$ alevins soit, en moyenne, $\bar{A} = 73,16$ alevins par compartiment

$\Sigma B = 2.523$ alevins soit, en moyenne, $\bar{B} = 70,08$ alevins par compartiment

Conclusion :

Il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les deux séries d'expériences. Il est donc légitime de cumuler les résultats des séries A et B pour les traitements ultérieurs.

(2) *Contrôle de l'effet du premier traitement différentiel, à savoir la fécondation*

et le gonflement des œufs soit turbide (T1) soit limpide (L1). Les résultats obtenus figurent au tableau III.

TABLEAU III

Hypothèses	Échantillons $n1 = / n2 =$	Mann-Withney ($o - t$) test	$\alpha \leq$	Conclusions ($p \leq 0,01$)
T1 < L1	32/40	U = 35,5 → Z = 6,8504	0,00003	Très signi- ficatif
TTT < LTT	8/8	U = 6	0,001	significatif
TLT < LLT	8/8	U = 6	0,001	significatif
TTL < LTL	8/8	U = 8	0,002	significatif
TLL < LLL	8/16	U = 11	0,001	significatif

$\Sigma T1 = 418$ alevins, soit en moyenne $\overline{T1} = 13,0$ alevins par compartiment

$\Sigma L1 = 4.739$ alevins, soit en moyenne $\overline{L1} = 118,5$ alevins par compartiment

Conclusion :

Le premier traitement différentiel est très nettement déterminant à la fois globalement (T1 < > L1) et dans toutes les comparaisons partielles. Autrement dit, la charge en sédiments (turbidité) de l'eau durant les premières minutes qui suivent la fécondation des œufs est un facteur causal essentiel du taux d'éclosion des alevins de Gardon.

(3) *Contrôle de l'effet du second traitement différentiel*, à savoir l'arrosage des œufs 30 minutes après fécondation par une vague d'eau soit turbide (T2) soit limpide (L2). Les résultats obtenus figurent au tableau IV.

TABLEAU IV

Hypothèses	Échantillons $n1 = / n2 =$	Mann-Whitney ($o - t$) test	$\alpha \leq$	Conclusions ($p \leq 0,01$)
T2 < L2	32/40	U = 534,5 → Z = 1,1955	0,117	N.S.
TTT < TLT	8/8	U = 29	0,399	N.S.
TTL < TLL	8/8	U = 25,5	0,265	N.S.
LTL < LLL	8/16	U = 5	0,001	significatif
LTT < LLT	8/8	U = 18	0,080	N.S.

$\Sigma T2 = 2.856$ alevins soit, en moyenne, $\overline{T2} = 89,25$ alevins par compartiment.

$\Sigma L2 = 2.301$ alevins soit, en moyenne, $\overline{L2} = 57,5$ alevins par compartiment.

Conclusion :

Globalement, le second traitement n'est pas déterminant. A noter cependant que la comparaison partielle $LTL < LLL$ est significative et contraire à l'hypothèse initiale.

(4) *Contrôle de l'effet du troisième traitement différentiel*, à savoir l'arrosage des œufs 24 heures après fécondation par une vague d'eau soit turbide (T3) soit limpide (L3). Les résultats obtenus figurent au tableau V.

TABLEAU V

Hypothèses	Échantillons $n1 = / n2 =$	Mann-Whitney ($o - t$) test	$\alpha \leq$	Conclusions ($p \leq 0,01$)
T3 < L3	32/40	U = 632,5 \rightarrow Z = 0,0849	0,4641	N.S.
TTT < TTL	8/8	U = 17	0,065	N.S.
TLT < TLL	8/8	U = 20	0,117	N.S.
LTT < LTL	8/8	U = 26	0,287	N.S.
LLT < LLL	8/16	U = 21,5	0,01	Significatif mais con- traire à l'hypothèse

$\Sigma T3 = 2.564$ alevins soit, en moyenne, $\overline{T3} = 80,0$ alevins par compartiment

$\Sigma L3 = 2.593$ alevins soit, en moyenne, $\overline{L3} = 64,75$ alevins par compartiment.

Conclusion :

Globalement, le troisième traitement est sans effet sur le résultat final. Une seule comparaison partielle est significative dans un sens opposé à l'hypothèse initiale.

4) *Extrapolation des résultats en pourcentages d'éclosion*

L'analyse des résultats exposés au paragraphe précédent se base exclusivement sur les nombres d'alevins éclos et ne précise pas le pourcentage d'éclosion obtenu dans les différents traitements expérimentaux. La méthode utilisée consistant à fixer les œufs sur des substrats (plantes artificielles) ne rendait en effet pas possible le comptage du nombre d'œufs introduits dans chaque compartiment en raison notamment de l'obligation de réaliser très rapidement cette manipulation expérimentale. Il est dès lors évident que, malgré un soin attentif apporté à répartir de façon égale les œufs sur chaque touffe de plante, le nombre d'œufs introduits dans chacun des 72 compartiments n'a pas été identique. Pour pouvoir calculer le pourcentage d'éclosion obtenu dans chaque compartiment, il aurait dès lors fallu dénom-

brer en fin d'expérience les alevins libres d'une part et les œufs non-éclos ou endommagés d'autre part. Nous avons dû renoncer à ce fastidieux travail de dénombrement lorsqu'il s'est avéré qu'il impliquait de reconstituer par fragments les œufs détruits ou endommagés dont les éléments devenaient indiscernables des autres résidus inorganiques avec les moyens dont nous disposions. Par ailleurs, le schéma expérimental avait été conçu de telle sorte qu'il ne rende pas indispensable de disposer de ces pourcentages d'éclosion pour analyser statistiquement les résultats.

En effet, la distribution aléatoire des plantes recouvertes d'œufs dans un nombre suffisant de compartiments nous autorise à affirmer que, statistiquement parlant, les œufs ont bien été distribués de manière égale entre chacun des traitements expérimentaux L2, T2, L3 et T3; de même, la comparaison entre les traitements L1 et T1 se justifie de manière plus rigoureuse encore, puisque dans le cas de ce premier traitement différentiel le volume d'œufs fécondés a été divisé avec précision entre L1 et T1. Il était dès lors possible de calculer les pourcentages globalement obtenus pour les traitements L1 et T1 en nous basant sur les volumes d'œufs fécondés utilisés.

Il est évidemment difficile d'estimer précisément le nombre d'œufs contenus dans un centimètre cube étant donné, d'une part, la répartition parfois irrégulière des agrégats due au caractère collant des œufs de Cyprinidae et, d'autre part, les importantes variations individuelles du diamètre mesuré par nous-mêmes (1,9 à 2,3 mm \pm 0,1 mm) et confirmé par la littérature (BRACKEN and KENNEDY, 1967 : 1,90 à 2,14 mm; CERNY, 1980 : 1,95 à 2,48 mm). Nous avons donc, en nous basant sur un diamètre moyen de 2,1 mm, extrapolé à 70 ± 10 le nombre d'œufs de Gardon par cm³. Les volumes d'œufs utilisés sont connus et détaillés au tableau VI.

TABLEAU VI

Série expérimentale	Volume d'œufs utilisé
A (12-5-1981)	47 cm ³ en L1 + 47 cm ³ en T1
B (13-5-1981)	41 cm ³ en L1 + 41 cm ³ en T1.

soit, au total, 176 cm³.

Ceci nous permet d'extrapoler la population totale utilisée à 12.320 ± 1.760 œufs qui ont été répartis également entre les conditions expérimentales L1 et T1.

Il est dès lors aisé de calculer les taux d'éclosion pour ces deux conditions expérimentales comme indiqué au tableau VII.

Ces pourcentages d'éclosion, qui doivent évidemment être interprétés avec leur marge d'incertitude, rendent plus explicites encore les différences obtenues au cours de la première manipulation expérimentale.

TABLEAU VII

Conditions expérimentales	Nombre d'œufs utilisés	Nombre d'alevins éclos	Pourcentage d'éclosion
L1	6.160 ± 880	4.739	67,3 à 89,7 %
T1	6.160 ± 880	418	5,9 à 7,9 %
Total	12.320 ± 1.760	5.157	

DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette expérience confirme que, tout comme chez les Salmonidae, une augmentation importante de la turbidité de l'eau est susceptible de perturber gravement l'éclosion d'œufs de Cyprinidae. Ce qui est plus original, c'est d'avoir montré que l'effet de la turbidité est surtout marquant pendant les quelques minutes qui suivent la ponte et la fécondation des œufs et que, une fois passée cette période critique, des perturbations mêmes cumulatives ne sont plus déterminantes pour la survie des embryons. Sous cet aspect, il serait intéressant de prolonger cette recherche en étudiant plus spécialement cette période critique afin de préciser si les effets de la turbidité sont prépondérants à ce moment, soit parce que la fécondation est perturbée par l'obstruction du micropyle, soit parce que la phase de gonflement de l'œuf ne se réalise pas correctement par modification de la perméabilité des membranes, soit enfin parce que cette période correspond à la phase collante de l'œuf qui favoriserait l'incrustation de la membrane avec pour conséquence de diminuer les échanges respiratoires de l'embryon fécondé.

On peut sans doute objecter à cette expérience sa conception dichotomique (conditions extrêmes d'eau soit limpide, soit très chargée en matières sédimentables). Dans cette optique, un autre prolongement à cette recherche sera exécuté lors de la saison de fraye prochaine afin de nuancer les résultats décrits ici au moyen d'une procédure plus complexe qui utilisera cinq degrés progressifs de turbidité au lieu de deux. Il convient cependant de rappeler ici que les valeurs de turbidité utilisées ne sont en rien exagérées et correspondent à celles que nous avons effectivement mesurées lors du passage près de la berge d'une embarcation à moyenne vitesse dans la frayère de la noue de Champale.

Dans un fleuve de l'importance de la Meuse, il est évident que la remise en suspension des sédiments du fond par le passage de bateaux même à grande vitesse provoquerait l'arrivée sur les œufs d'une vague d'eau moins chargée en sédiments mais néanmoins susceptible, pensons-nous, de provoquer une nuisance si ce passage avait lieu près d'une frayère pendant les quelques minutes qui suivent la ponte. Nos propres observations indiquent en effet que ce type de vague est souvent boueux en raison même du type de fond caractéristique des frayères à Cyprinidés, à savoir un faible courant sur une pente douce garnie de végétaux aquatiques et recouverte d'un dépôt de sédiments meubles plus important que dans les passes plus profondes et à courant rapide.

Il convient, par ailleurs, de signaler ici que cette recherche ayant été réalisée sur une seule espèce de poissons, il serait souhaitable de comparer dans un dispositif expérimental de ce type les résultats obtenus chez le Gardon à ceux que l'on obtiendrait, d'une part, chez la Perche (*Perca fluviatilis*) qui fraie plus tôt et, d'autre part, chez la Tanche (*Tinca tinca*) qui fraie plus tard. Compte tenu des remarques précitées, nous pensons dès lors que les voies de recherche induites par cette expérience doivent être approfondies avant de pouvoir conclure au sujet de l'influence de la turbidité de l'eau sur le taux d'éclosion des Cyprinidae.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M^{lle} Marie-Chantale Wanet, stagiaire au laboratoire, pour son aide pendant les manipulations expérimentales. Nous voulons également exprimer notre vive reconnaissance pour le soutien et les critiques judicieuses que nous ont procuré Mrs. les Professeurs G. Thinès (U.C.L.), R. Rasmont (U.L.B.), J. P. Gosse et G. Marlier (I.R.S.N.B.), J. C. Micha (F.U.N.) en tant que membres du groupe d'experts de la convention de recherche dans le cadre de laquelle ce travail a été réalisé. Nous remercions également le Conseil d'Administration de la Compagnie Inter-communale Bruxelloise des Eaux qui nous a accordé l'autorisation d'accès à sa propriété de Champale ainsi que le laboratoire d'Ecologie des Eaux douces des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix qui nous a prêté le filet maillant utilisé pour les captures de poissons.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALABASTER, J. S. and R. LLOYD (1980) — *Water quality criteria for freshwater fish*. Butterworth-London, 297 pp.
- ARRIGNON, J. et M. DEBRUILLE (1970) — Commentaires sur la valeur piscicole du canal de Roubaix. *Bull. franç. Piscic.*, **239**, 32-43.
- BAGGERMAN, B. (1980) — Photoperiodic and endogenous control of the annual reproductive cycle in Teleost Fishes. In : *Environmental physiology of fishes*. Édité. M. A. ALI. Plenum press, N. York and London, 533-568.
- BILLARD, R. B. and B. BRETON (1978) — Rhythms of reproduction in Teleost. In : *Rhythmic Activity of Fishes*, Éd. J. E. THORPE. Academic Press, 21-31.
- BOUSSARD, A. (1981) — The reaction of Roach (*Rutilus rutilus*) and Rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) to noises produced by high speed boating. *Proc. Second British Freshwat. Fisheries Confer.*, Univ. Liverpool, 13/15 april 1981, 188-197.
- BRACKEN, J. J. and M. P. KENNEDY (1967) — A key to the identification of the eggs and young stages of coarse fish in Irish waters. *Scient. Proc. of Roy. Dublin Soc.*, serie B, **2** (12), 99-108.
- BRETON, B., A. FOSTIER, B. JALABERT et C. WEIL (1980) — Apport des connaissances fondamentales au contrôle du cycle reproducteur des poissons d'étang : limites et perspectives. In : *La pisciculture en étang*, éd. R. BILLARD — I.N.R.A. Publ., Paris, 149-161.
- CERNY, K. (1980) — The early development of Chub *Leuciscus cephalus*, Rudd *Scardinius erythrophthalmus* and Roach *Rutilus rutilus*. *Acta Univ. Carolinae Biologica*, 1977, 1-149.
- EINSTEIN, H. A. (1972) — Sedimentation and suspended solids. In : *River Ecology and Man*. OGLESBY CARLSON and MC CANN (Eds). Academic Press, New York, 309-319.
- GIBBS, R. J. (1974) — *Suspended solids in water*. Plenum Press, New York and London, 320 pp.

- LAGLER, K. F., A. HAZZARD, W. HAZEN and W. TOMPKINS (1950) — Outboard motors in relation to fish behavior, fish production and angling success. *Trans. Fifteenth North Americ. Wildlife Conf.*; 6-9 march 1950; Publ. by Wildlife Management Instit., Washington.
- MOSS, B. (1977) — Conservation problem in the Norfolk Broads and rivers of East Anglia, England : Phytoplankton, Boats and the causes of turbidity. *Biol. Conserv.*, **12**, 95-114.
- MUNCY, R. J. (1962) — Life history of the yellow Perch *Perca flavescens* in estuarine of Severn river, tributary of Chesapeake Bay, Maryland. *Chesapeake Sci.*, **3**, 143-159.
- MURPHY, K. J. and J. W. EATON (1981) — Waterplants, boat traffic and angling in canal. *Proceeding Second British Freshwat. Fisheries Confer.*, Univ. Liverpool, 13/15 april 1981, 173-187.
- SHAPOVALOV, L., and W. BERRIAN (1940) — An experiment in hatching silver Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) eggs in gravel. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **69**, 135-140.
- TUBBS, F. R. (1975) — Barton Broad nature reserve. A Rep. *Norfolk Nature Trust.*, 1975, 33, 8.
- WOYNAROVICH, E. (1959) — Erbrütung von Fischeiern im Sprühraum. *Arch. Fisch. Wiss.*, **13**, 179-189.