

**INFLUENCE DE LA QUALITÉ CHIMIQUE
DE L'EAU ARDENNAISE SUR LA SURVIE
DE L'ALEVIN DE TRUITE EN ÉLEVAGE INTENSIF
SALMO TRUTTA (L) - *SALMO GAIRDNERI* (RICHARDSON)**

E. DUPONT

Centre de Recherches en Pisciculture,
6932 MIRWART

RÉSUMÉ

Il est bien connu que les eaux acides, faiblement tamponnées, et pauvres en calcium sont peu productives, voire même dangereuses pour la vie des poissons (SCHÄPERCLAUS 1933 et ARRIGNON 1976).

Toutes les eaux de source et de surface du massif ardennais sont de ce type, leur pH va de 5 à 6,5, leur alcalinité totale ne dépasse pas 0,4 m.équ./l., et leur teneur en calcium est inférieure à 6 ppm.

Des difficultés répétées pour l'alevinage dans diverses piscicultures de cette région semblent mettre en cause la qualité chimique de l'eau.

Quatre expériences réalisées en 1977, 1978, 1979 ont montré chaque fois qu'une neutralisation de l'acidité accompagnée d'une augmentation de la teneur en calcium permettait d'obtenir une réduction très importante (50 à 90 %) du taux de mortalité durant les sept premières semaines du nourrissage des alevins. Cette modification est aisément obtenue par neutralisation continue du CO_2 par CaCO_3 avec mise en solution du $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ formé.

Il semble que ce soit surtout l'acidité qui soit en cause et qu'elle détermine une plus grande sensibilité des alevins à diverses maladies bactériennes ou à protozoaires.

**Influence of the water quality on the survival
of industrially reared Trout fry**

SUMMARY

There is no doubt that acid water, with low rate of dissolved Ca induces poor biological production and can even be harmful for the fishes. (SCHÄPERCLAUS 1933, ARRIGNON 1976).

The spring and surface waters of the Ardennes (France-Belgium-Germany) present these characteristics : pH 5 - 6,5 and Calcium content of less than 6 ppm.

Frequent difficulties in rearing fry in several places of this area seem to be related to the chemical quality of the water.

Four experiments in 1977, 1978, 1979 showed every time that the acidity's neutralization together with the increase of the Calcium content determined an important reduction (50 to 90 %) of the mortality rate during the first seven weeks of feeding the fry. This chemical improvement of the water is easily obtained by a continuous neutralization of the dissolved CO_2 by CaCO_3 with formation of $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ which dissolves into the water and increases the calcium rate.

There are some indications that the difficulties would come from the acidity rather than from the low calcium content. This acidity would determine a greater sensibility of the fry to some bacterial or parasitic illness.

1. INTRODUCTION

1.1. *Données bibliographiques*

Il est bien connu que les eaux acides faiblement tamponnées et pauvres en Calcium sont moins productives que les eaux plus alcalines, mieux tamponnées, et riches en calcium. Le fait est flagrant et concrétisé par des populations de poissons de tailles nettement différentes d'une zone à l'autre à tel point que dans certains pays la taille minimale légale des captures est plus faible en eau acide qu'en eau alcaline.

Divers auteurs ont classé les eaux suivant leur richesse en Calcium ou leur titre alcalin.

Ainsi SCHÄPERCLAUS, W. 1933 se basant sur la teneur en réserves alcalines, ou SBV, indique que pour un SBV de 0,1 à 0,5 il y a grand danger d'acidification et de mortalité pour les poissons. Les faibles réserves en CO_2 ne peuvent s'opposer aux fortes variations de pH.

HUET, M. 1941 se basant sur cette classification passe en revue les rivières ardennaises Our, Houille, Ourthe, Salm et Vierre et constate qu'elles sont toutes à ranger dans cette catégorie, leur SBV se situant entre 0,2 et 0,4 et le pH étant compris entre 5 et 6.

ARRIGNON, J. 1976 se base plutôt sur la teneur en Calcium et indique que en dessous de 6 ppm de Ca^{++} les eaux sont peu propices à la vie piscicole et qu'entre 10 et 20 ppm de Ca^{++} elles sont encore peu productives.

Les eaux de source ardennaises se situent dans la première de ces deux catégories.

Cette différence entre les eaux acides et alcalines revêt deux aspects relativement liés, mais que l'on peut pourtant dissocier.

D'une part le fait que les eaux douces et acides sont peu productives et d'autre part le fait qu'elles peuvent être dangereuse pour la survie des poissons.

Le premier fait est souvent « facilement » expliqué par la pauvreté des eaux très douces en éléments fertilisants déterminant une faune nutritive peu développée en regard de l'épanouissement qu'elle présente en eau dure et alcaline.

Le second fait est plutôt considéré par les auteurs comme une action directe néfaste de l'excès d'acidité de l'eau. Cette acidité excessive est facilitée en eaux douces par le manque de pouvoir tampon dû à l'absence d'ions bicarbonates. On devrait d'ailleurs ajouter que le danger d'hyperalcalinité est tout aussi grand en raison de l'action photosynthétique qui déséquilibre rapidement ces eaux peu tamponnées.

Si l'on se penche sur le problème de manière un peu approfondie, on s'aperçoit vite que l'explication n'est pas aussi simple que cela.

FROST, W. 1945 a publié une étude assez complète de la question sur la rivière Liffey (dans les îles britanniques) qui traverse deux régions géologiques différentes et présente dans son cours une zone acide (pH 5,6) suivie d'une zone alcaline (pH 7,8). Dans ces deux zones les populations de truites fario sont nettement distinctes; le poids moyen est de 50 gr. en zone acide et de 175 gr. en zone alcaline.

En conclusion à ses études détaillées sur la faune nutritive disponible, sur l'alimentation des truites, et sur leur vitesse de croissance, FROST estime que toute la différence vient, non pas de la différence de richesse du milieu, mais uniquement d'une différence de croissance instantanée durant la première année, ce qui déter-

mine pour les années suivantes un élargissement de l'écart de taille entre les individus du même âge dans les deux zones considérées.

L'auteur écarte l'hypothèse d'une insuffisance de nourriture ou d'une surpopulation en milieu acide car cela ne correspond pas à la réalité. Il signale la possibilité d'une différence de température au début du printemps plus favorable à la croissance en milieu alcalin, mais selon nous cela ne permet pas d'expliquer le retard de croissance de 2 mois accumulé en fin de première année.

En dernier ressort, l'auteur suggère que la différence vienne d'une sensibilité plus grande de la truite à la qualité de l'eau durant sa première année de vie.

FROST signale que des expérimentations sur l'effet de la teneur en Ca dissous sur la croissance des truites ont fait l'objet d'expérimentations en 1936 et 1940 et n'ont pu mettre en lumière une différence significative. Ces expérimentations ont été faites d'une part en adoucissant de l'eau dure, et d'autre part en enrichissant de l'eau douce, mais dans chaque cas il s'agissait toujours de sujets ayant terminé leur première année de croissance.

En 1957, une série d'études physiologiques intéressantes abordant ce problème ont été réalisées par PHILLIPS et PODOLIAK aux États-Unis.

Ces auteurs ont constaté que l'activité métabolique du saumon de fontaine comparée au niveau qu'elle présente dans une eau contenant 50 ppm de Ca était d'autant plus accrue que l'eau contenait moins de calcium : $\times 2$ pour 5 ppm, $\times 3$ pour 0,5 ppm, $\times 10$ pour 0 mmp.

La même constatation a été faite pour diverses souches de saumons de fontaine ainsi que pour les truites fario et arc-en-ciel, toutefois la différence est moins forte chez les truites que chez le saumon de fontaine.

Cette activité métabolique est nécessitée par le travail d'osmorégulation auquel le poisson doit se livrer en milieu pauvre en Calcium pour maintenir son milieu interne.

On sait en effet que les muqueuses et la peau sont perméables aux ions (KROGH 1939 in PHILLIPS et PODOLIAK) et que la présence d'ions Ca réduit la perméabilité des cellules de la truite tant à l'eau qu'aux sels dissous (BROWN 1957 in PHILLIPS et PODOLIAK).

Sur base de leurs expériences, PHILLIPS et PODOLIAK avancent l'hypothèse que puisque un surcroît d'énergie doit être dépensé par les truites en eaux pauvres en Calcium pour maintenir leur équilibre interne, le contenu en Calcium de l'eau pourrait avoir une influence sur la croissance et même sur la survie s'il s'agit de tous jeunes alevins.

1.2. Données expérimentales recueillies dans la région

L'expérience que nous avons acquise sur le terrain semble confirmer l'action néfaste de l'acidité et de la pauvreté en calcium.

En élevage extensif la survie des alevins durant leur première saison est nettement plus faible dans les étangs sans aucun amendement calcaire que dans les étangs chaulés.

Dans certain petit canal d'élevage, le propriétaire semble établir une influence indiscutable et fatale de l'adduction d'eau résultant de la fonte des neiges (donc très douce) au moment où les alevins sont encore très jeunes.

De même, à la Pisciculture d'Achouffe, COGELS 1974 a observé que des difficultés survenaient dans l'élevage à la suite de fortes pluies augmentant rapidement

le débit de la source. Suite à cette dilution, la concentration en sels se trouvait donc diminuée.

A la Pisciculture de Florenville, l'Ingénieur des Eaux et Forêts qui exploite plusieurs sites de nourrissage d'alevins dont un en terrain gaumais avec eau alcaline et un en terrain ardennais avec eau acide constate des échecs fréquents en eau acide et ne rencontre pas ces difficultés en eau alcaline.

A la Pisciculture de Mirwart enfin, le stade du premier nourrissage en bac se heurte régulièrement à un échec presque complet. Une seule fois jusqu'en 1976 on y a connu un succès partiel dans cette phase de l'élevage.

1.3. *But poursuivi et présentation des travaux réalisés*

Ces différents éléments nous ont conduit à entreprendre des recherches sur l'influence de la qualité de l'eau sur la survie des alevins et à tenter de mettre au point un système qui améliore la qualité de l'eau et permette d'éviter les échecs fréquents qu'on connaît dans l'alevinage en Ardennes.

L'expérimentation que nous avons mise sur pied dans le but précité a été principalement menée en 1978 et 1979 dans le local d'alevinage de la pisciculture de Mirwart que l'Ingénieur des Eaux & Forêts responsable a bien voulu nous confier pour la circonstance.

Elle avait été précédée en 1977 par deux essais préliminaires réalisés chez un particulier.

Elle a été également appliquée à la Pisciculture de Florenville en 1978 et 1979 sous une forme un peu différente.

2. EXPÉRIENCE PRÉLIMINAIRE

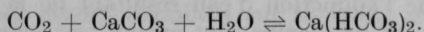
Réalisée à la source de Sainte Adeline (Arville-Ardennes) en 1977

2.1. *Dispositif mis en place. Modification chimique réalisée*

Le dispositif expérimental utilisé pour ce premier essai est relativement simple, il consiste en l'installation de deux bacs d'élevage circulaires, autonettoyants pour la facilité de l'entretien. L'un est alimenté par l'eau de la source telle quelle et l'autre par la même eau après modification de ses qualités chimiques.

A la source utilisée, l'eau est légèrement acide, son pH se situe entre 6,0 et 6,5 et nous avons mesuré que la concentration en CO_2 agressif est de 0,4 milliéquivalents par litre tandis que la concentration naturelle en bicarbonates (TAC = Titre Alcalin Complet) est de 0,3 à 0,4 m. équ./l. seulement. La concentration en Calcium y est donc très faible également : 5 ppm environ. C'est une eau tout-à-fait typique de la région, la plupart des sources de l'Ardenne présentent les mêmes teneurs en bicarbonates (TAC < 0,5), en Calcium (< 6 ppm), et en acide carbonique qui détermine la légère acidité et l'agressivité.

Le traitement appliqué pour modifier les qualités chimiques de cette eau consiste en l'utilisation et donc aussi la neutralisation de la totalité du CO_2 agressif présent dans l'eau pour la mise en solution d'une quantité correspondante de CaCO_3 suite à sa transformation en $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ selon l'équation suivante :



Pratiquement, cette réaction est réalisée de manière continue en faisant transiter le débit d'alimentation dans un filtre où l'eau traverse une couche de graviers

calcaires au contact desquels elle est ainsi maintenue durant le temps voulu. Des essais préliminaires nous ont permis d'ajuster la taille des filtres au débit d'eau que l'on souhaite traiter. Dans le cas de notre eau contenant 0,4 m. équ./l. de CO_2 agressif, nous avons constaté qu'un temps de contact de 20 à 30 minutes était suffisant pour l'épuisement du CO_2 disponible.

Le résultat de ce transit est l'obtention d'une eau neutralisée ($\text{pH} = 7$ à 7,5) dont la teneur en bicarbonate de Calcium est doublée ($\text{TAC} = 0,7$ m. équ./l.).

Naturellement, comme il s'agit d'un équilibre dynamique calculé pour une vitesse d'écoulement donnée, si celle-ci varie et si par exemple le débit augmente, la réaction n'a plus le temps de s'accomplir totalement, et l'amendement réalisé n'est plus complet.

2.2. Influence de cette modification chimique sur l'élevage — premier essai (Fig. 1)

Le paramètre qui nous intéresse dans cette étude est le taux de mortalité journalière et son résultat global à la fin de la période délicate d'adaptation au nourrissage artificiel.

Un premier essai est entrepris le 6 avril 1977 avec des alevins fario indigènes dont la vésicule est résorbée.

Dès le premier jour on subit des pertes journalières très importantes de 50 à 100 pour 1.000, ce qui indique que ces alevins étaient déjà atteints de maladie lors de leur transfert. Après 7 jours d'élevage, les mortalités journalières ont fortement diminué et on peut dire que la maladie se termine.

Si on compare les dommages causés par cette épidémie dans les deux lots différents, on constate que bien que les pertes aient suivi la même évolution dans le temps, l'intensité des mortalités est par contre nettement différente, et ce de manière tout-à-fait constante.

Durant la phase aiguë de la maladie, en milieu amélioré, les pertes journalières sont environ 2 fois moins importantes qu'en milieu vierge et ensuite, en fin de maladie, elles diminuent plus vite, devenant alors 5 fois moindre que dans le lot témoin, pour être finalement voisines de zéro tandis que dans l'eau de source naturelle, elles restent encore non négligeables, de l'ordre de 10/1.000 par jour.

Après trois semaines, la maladie est totalement terminée dans les deux lots et on peut en faire le bilan : en milieu amélioré la perte est de 45 %, en milieu naturel elle atteint à peu près le double, soit 89 %.

Nous avons également évalué la croissance des poissons durant cette période et avons observé une différence très significative en faveur du milieu amélioré. En effet, après ce très court laps de temps, les poissons élevés en milieu naturel n'ont pratiquement pas grossi, leur poids individuel en fin de période est toujours égal à 13 cg., tandis que ceux élevés en milieu amendé enregistrent déjà un début de croissance, leur poids individuel atteignant alors 15 cg.

De cette expérience nous concluons que la modification de la qualité chimique de l'eau d'élevage a été très significativement bénéfique, résultant en une réduction très nette et constante de la mortalité et en une augmentation du gain de poids.

Toutefois nous pensons que cette expérience a été réalisée dans de mauvaises conditions, le poisson étant manifestement déjà atteint de maladie (non identifiée) au départ.

En vue d'améliorer le résultat, nous avons alors repris cette même expérience avec du poisson sain au départ.

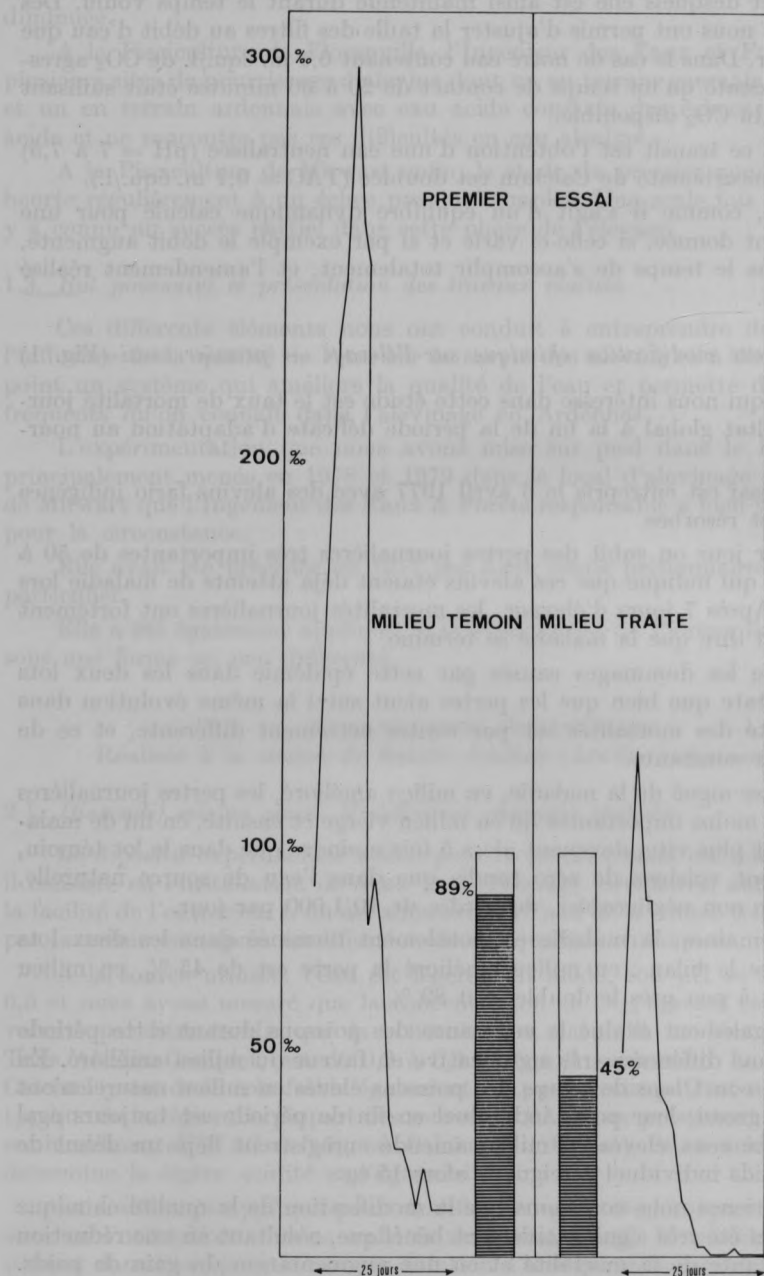
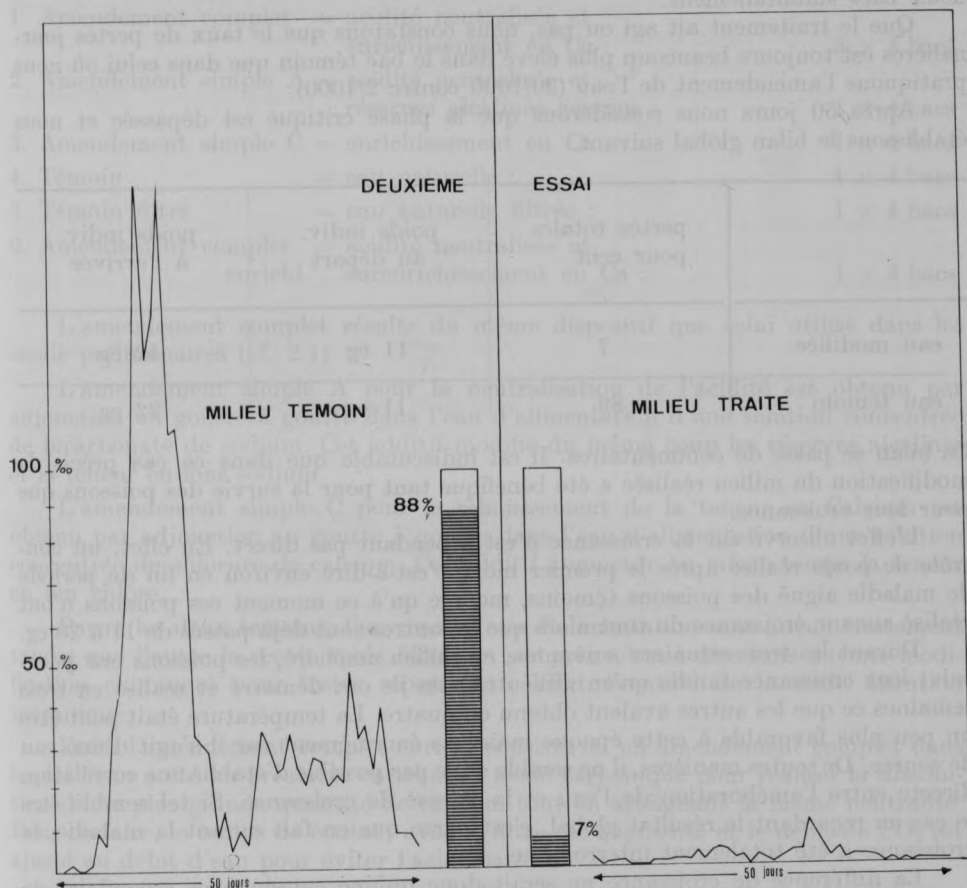


Fig. 1. — Résultats des expériences préliminaires sur l'importance de la qualité chimique de l'eau pour la survie de l'alevin de truites. — Ste Adeline 1977 fario 1^{er} Essai. — Les lignes brisées représentent l'évolution des pertes journalières en pour mille du contingent de la veille. Les histogrammes figurent le cumul des pertes pour la période complète en pour cent de la population de départ.

2.3. Même expérience — second essai (Fig. 2)


 Fig. 2. — Ste Adeline 1977 fario 2^e Essai — même légende que pour la figure 1.

Nous avons acheté des alevins de truites fario indigènes en cours de résorption de vésicule dans une autre pisciculture ardennaise et les avons installés comme précédemment en deux lots dont un reçoit l'eau modifiée et l'autre, l'eau telle qu'elle sort de la source.

Cette fois aucune mortalité anormale n'est enregistrée durant la première semaine.

Ensuite, en milieu vierge, une épidémie se déclare subitement, et en une semaine, les pertes journalières passent de 7 pour 1000 à 170 pour 1000 ce qui constitue le point culminant de la maladie. Une semaine après, les pertes journalières ont nettement diminué. Au même moment, en milieu modifié, les pertes journalières ont été un peu plus importantes que durant la première semaine, mais n'ont jamais dépassé le niveau de 4 pour 1000, soit bien moins encore que après la maladie en milieu témoin.

A la fin de la quatrième semaine la mortalité croît de nouveau dans le bac témoin et un peu après dans le bac traité également. Il nous semble s'agir d'un

début de Costiose, aussi nous administrons un traitement curatif répété dans les deux bacs simultanément.

Que le traitement ait agi ou pas, nous constatons que le taux de pertes journalières est toujours beaucoup plus élevé dans le bac témoin que dans celui où nous pratiquons l'amendement de l'eau (30/1000 contre 2/1000).

Après 50 jours nous considérons que la phase critique est dépassée et nous établissons le bilan global suivant.

	pertes totales pour cent	poids indiv. au départ	poids indiv. à l'arrivée
eau modifiée	7	11 cg	42 cg
eau témoin	88	11 cg	22 cg

Ce bilan se passe de commentaires. Il est indiscutable que dans ce cas précis, la modification du milieu réalisée a été bénéfique tant pour la survie des poissons que pour leur croissance.

L'effet observé sur la croissance n'est cependant pas direct. En effet, un contrôle de poids réalisé après le premier mois, c'est-à-dire environ en fin de période de maladie aiguë des poissons témoins, montre qu'à ce moment ces poissons n'ont réalisé aucune croissance du tout alors que les autres sont déjà passés de 11 à 20 cg.

Durant les trois semaines suivantes, en milieu amélioré, les poissons ont poursuivi leur croissance tandis qu'en milieu témoin ils ont démarré et réalisé en trois semaines ce que les autres avaient obtenu en quatre. La température était peut-être un peu plus favorable à cette époque mais pas énormément car il s'agit d'une eau de source. De toutes manières, il ne semble donc pas possible d'établir une corrélation directe entre l'amélioration de l'eau et la vitesse de croissance. Si tel semble être le cas en regardant le résultat global, c'est parce que en fait durant la maladie, la croissance a été totalement interrompue.

La différence de croissance ne serait donc qu'une conséquence secondaire de la qualité de l'eau.

3. EXPÉRIENCE DÉTAILLÉE

Réalisée au local d'alevinage du Domaine Provincial de Mirwart (1978)

3.1. Dispositif mis en place — Modifications chimiques obtenues

Le protocole expérimental imaginé doit permettre d'analyser quel est, de la modification du pH, et de celle des réserves alcalines, le facteur déterminant pour la survie des alevins. De plus il doit permettre d'éliminer la possibilité d'une simple influence mécanique du filtre retenant les matières en suspension. Enfin, une amélioration du dispositif primitif permettant un amendement encore plus complet sera testé.

Dans le local utilisé l'on dispose de 16 paires de bacs dont 8 pour les fario et 8 pour les arc-en-ciel, mais l'on doit également assurer au mieux la production de truitelles aussi avons-nous choisi de multiplier les lots en milieu amélioré et n'avons-nous pu réserver qu'un seul double lot de chaque espèce pour chaque traitement spécial testé.

Au total, les traitements différents sont les suivants :

1. Amendement complet = acidité neutralisée et enrichissement en Ca : 3×4 bacs
2. Amendement simple A = acidité neutralisée et réserves alcalines accrues : 1×4 bacs
3. Amendement simple C = enrichissement en Ca : 1×4 bacs
4. Témoin = eau naturelle : 1×4 bacs
5. Témoin filtré = eau naturelle filtrée : 1×4 bacs
6. Amendement complet = acidité neutralisée et enrichi surenrichissement en Ca : 1×4 bacs

L'amendement complet résulte du même dispositif que celui utilisé dans les essais préliminaires (cf. 2.1).

L'amendement simple A pour la neutralisation de l'acidité est obtenu par adjonction au goutte à goutte dans l'eau d'alimentation d'une solution concentrée de bicarbonate de sodium. Cet additif modifie du même coup les réserves alcalines et la teneur en ions sodium.

L'amendement simple C pour le rehaussement de la teneur en Calcium est obtenu par adjonction au goutte à goutte dans l'eau d'alimentation d'une solution concentrée de chlorure de calcium. Cet additif augmente en même temps la teneur en ion chlore.

Parmi les deux témoins, l'un reçoit l'eau d'alimentation sans aucun traitement tandis que l'autre la reçoit après filtration sur grès (c'est-à-dire sans aucune modification chimique) pour tester séparément l'effet éventuel de la seule filtration mécanique.

Enfin l'amendement complet enrichi consiste en un amendement complet dans lequel l'eau a été au préalable enrichie en acide carbonique pour réaliser la dissolution d'une plus grande quantité de calcium tout en atteignant la même neutralité. Pour ce faire, le temps de contact avec le filtre est augmenté et le débit de CO_2 est ajusté au débit d'eau pour éviter l'acidification.

Comme nous pensons que la mortalité importante survenant en milieu non amendé est le résultat du déclenchement d'une épidémie due soit à un parasite ou à un agent infectieux, pour que cette épidémie ne s'étende pas aux autres lots, masquant alors les différences entre ceux-ci, des précautions de manipulation sont prises pour éviter toute contamination d'un bac à l'autre.

Les résultats chimiques obtenus par ce dispositif expérimental sont les suivants :

	pH	réserves alcalines m. équ./l.	Calcium ppm
1. amendement complet	7	0,5 - 1,0	10 - 20
2. amendement simple A	7	1 - 4	2 - 5
3. amendement simple C	6	0,2 - 0,4	20 - 40
4. témoin	6	0,2 - 0,4	3 - 6
5. témoin filtré	6	0,2 - 0,4	3 - 6
6. amendement complet enrichi	7	1 - 2	20 - 50

Un contrôle régulier de ces valeurs a montré que ces niveaux étaient généralement maintenus de façon assez constante. Pour les amendements simples A et C on déplore de temps en temps un « accident » avec retour aux valeurs des témoins par suite de l'obstruction du goutte à goutte, mais dans l'ensemble, les amendements prévus ont été maintenus de façon continue durant les 7 semaines de l'expérimentation.

3.2. Résultats enregistrés sur l'élevage (Fig. 3 et 4)

Ne considérant d'abord que le résultat obtenu en milieu témoin et en milieu subissant l'amendement complet, on constate que les résultats obtenus en 1977 à deux reprises à la source de Sainte Adeline sont confirmés dans tous les lots comparables en 1978.

En effet, en milieu amendé, les pertes journalières ne dépassent généralement pas 12 pour 1000 et lorsque dans 2 bacs sur 10 on a subi une petite épidémie, elles n'ont encore atteint que 50 et 60 pour 1000 alors que dans le même temps en milieu naturel, les pertes journalières atteignaient 200 pour 1000 dans 2 bacs, étaient voisines de 100 pour 1000 dans 4 bacs, et étaient limitées à 30 et 40 pour 1000 dans les 2 bacs restants sur les 8.

Le résultat global donne également la même confirmation. Pour les truitelles fario, l'amendement complet provoque la limitation des pertes à 16 % contre 39 % en milieu non amendé. Pour les truitelles arc-en-ciel, la différence est encore plus importante puisque l'amendement limite les pertes à seulement 10 % contre 71 % en milieu témoin.

Le résultat de l'amendement complet enrichi apporte une confirmation supplémentaire de l'efficacité de l'amendement calcaire puisqu'il est au moins aussi efficace que l'amendement complet. Il a déterminé des pertes journalières très faibles et un résultat global égal ou supérieur au meilleur des lots de l'amendement complet.

L'évaluation de l'amélioration apportée par l'enrichissement supplémentaire en Calcium nécessiterait la comparaison de plus nombreux bacs de chaque traitement et une analyse plus fine des résultats.

Comparée à la différence existant entre milieu amendé et milieu naturel, la différence observée entre les deux témoins (filtré et non filtré) est tout-à-fait sans signification et on peut donc écarter l'hypothèse d'une influence favorable éventuelle de la seule action mécanique du filtre sur les matières en suspension.

L'examen des résultats mentionnés ci-dessus permet encore de dégager une différence systématique entre les fario et les arc-en-ciel.

En eau naturelle lorsqu'une épidémie se déclare, elle frappe chaque fois (dans les quatre cas) plus fort les arc-en-ciel que les fario (environ le double de pertes journalières).

En eau amendée par contre, ce sont les arc-en-ciel qui se montrent les plus résistantes.

Peut-être peut-on en conclure que les arc-en-ciel sont plus sensibles à la qualité chimique défavorable des eaux ardennaises.

Lorsqu'on analyse l'influence séparée de l'acidité d'une part et de la teneur en Calcium d'autre part, les conclusions qu'on peut dégager sont moins sûres, les résultats étant moins homogènes.

Il semble toutefois que la neutralisation de l'acidité se révèle bénéfique tandis que la seule augmentation de la teneur en Calcium ne donne pas un résultat global significativement différent de celui des témoins.

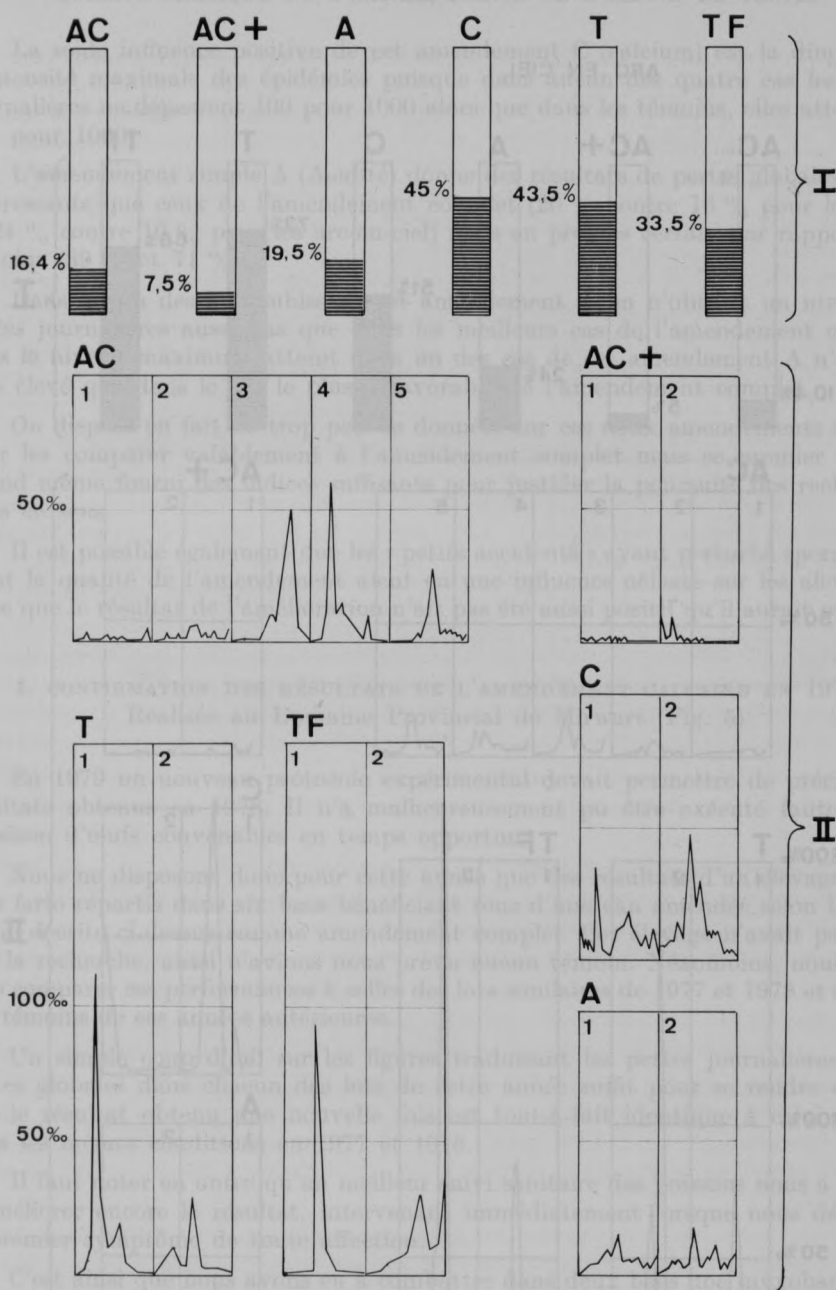


Fig. 3. — Résultats de l'expérience détaillée — Mirwart 1978 — Fario. Dans l'accolade I sont présentées les pertes cumulées pour l'ensemble de la période de 50 jours et pour chaque traitement. Ces pertes exprimées en pour cent de la population initiale correspondent à la moyenne des différents lots utilisés. T = Témoin ; TF = Témoin Filtré ; AC = Amendement Complet ; A = Amendement simple relatif à l'Acidité ; C = Amendement simple relatif au Calcium ; AC+ = Amendement Complet enrichi en calcium. Dans l'accolade II est présentée pour chaque lot des différents traitements l'évolution journalière des pertes au cours de la période d'élevage. Ces pertes sont indiquées en pour mille.

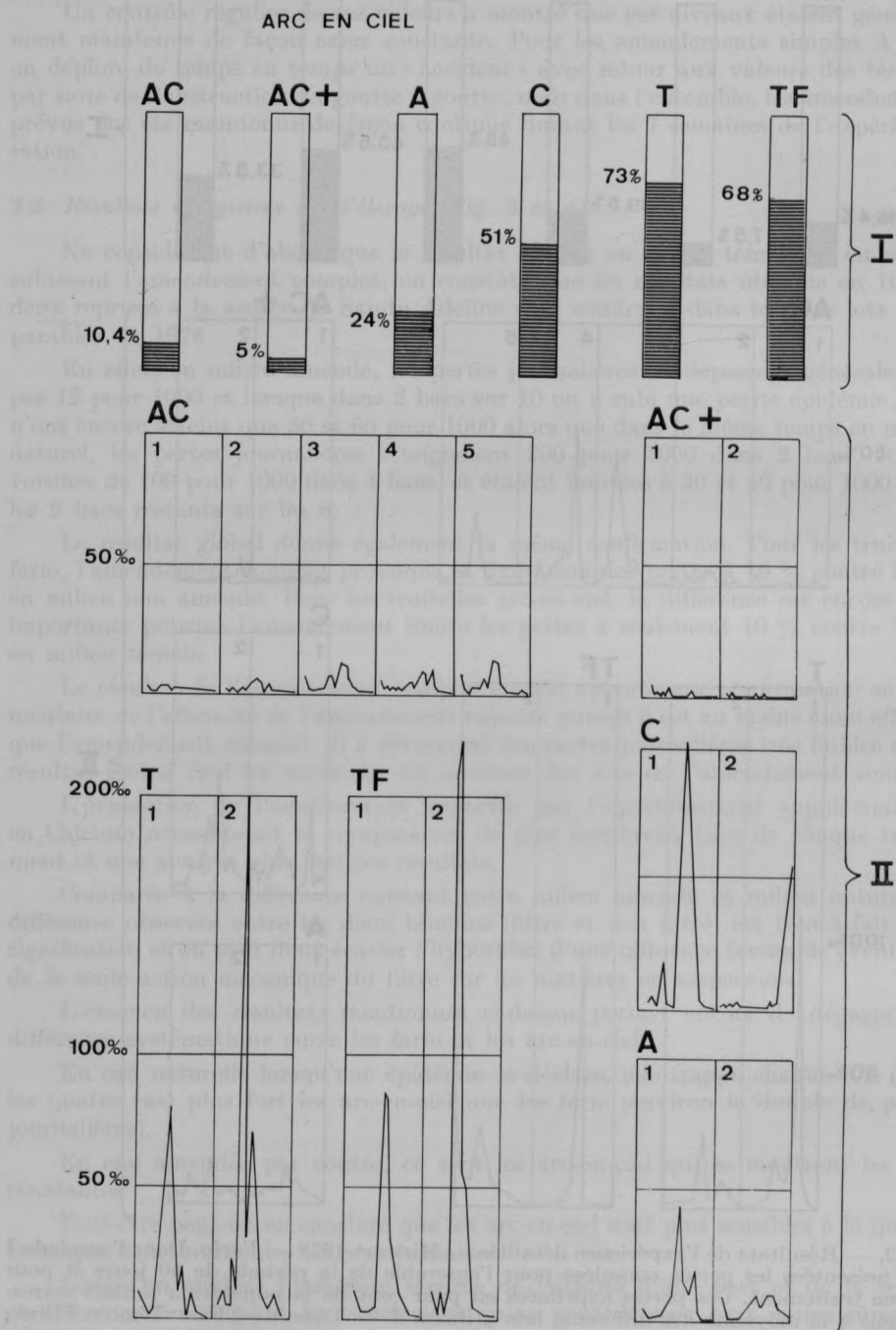


Fig. 4. — Mirwart 1978 Arc-en-ciel — même légende que pour la figure 3

La seule influence positive de cet amendement C (calcium) est la diminution d'intensité maximale des épidémies puisque dans aucun des quatre cas les pertes journalières ne dépassent 100 pour 1000 alors que dans les témoins, elles atteignent 200 pour 1000.

L'amendement simple A (Acidité) donne des résultats de pertes globales moins intéressants que ceux de l'amendement complet (20 % contre 16 % pour les fario et 24 % contre 10 % pour les arc-en-ciel) mais en progrès certain par rapport aux témoins (39 % et 71 %).

Dans aucun des lots subissant cet amendement A on n'obtient un niveau de pertes journalières aussi bas que dans les meilleurs cas de l'amendement complet mais le niveau maximum atteint dans un des cas de cet amendement A n'est pas plus élevé que dans le cas le plus défavorable de l'amendement complet.

On dispose en fait de trop peu de données sur ces deux amendements simples pour les comparer valablement à l'amendement complet mais ce premier essai a quand même fourni des indices suffisants pour justifier la poursuite des recherches dans ce sens.

Il est possible également que les « petits accidents » ayant perturbé sporadiquement la qualité de l'amendement aient eu une influence néfaste sur les alevins en sorte que le résultat de l'amélioration n'ait pas été aussi positif qu'il aurait pu l'être

4. CONFIRMATION DES RÉSULTATS DE L'AMENDEMENT CALCAIRE EN 1979

Réalisée au Domaine Provincial de Mirwart (Fig. 5)

En 1979 un nouveau protocole expérimental devait permettre de préciser les résultats obtenus en 1978. Il n'a malheureusement pu être exécuté faute d'une livraison d'œufs convenables en temps opportun.

Nous ne disposons donc pour cette année que des résultats d'un élevage d'alevins fario répartis dans six bacs bénéficiant tous d'une eau amendée selon la technique décrite ci-dessus comme amendement complet. Cet élevage n'avait pas pour but la recherche, aussi n'avions nous prévu aucun témoin. Néanmoins, nous pourrions comparer ses performances à celles des lots similaires de 1977 et 1978 et à celles des témoins de ces années antérieures.

Un simple coup d'œil sur les figures traduisant les pertes journalières et les pertes globales dans chacun des lots de cette année suffit pour se rendre compte que le résultat obtenu une nouvelle fois est tout-à-fait identique à celui obtenu dans les mêmes conditions en 1977 et 1978.

Il faut noter en outre qu'un meilleur suivi sanitaire des poissons nous a permis d'améliorer encore le résultat, intervenant immédiatement lorsque nous décelions le premier symptôme de toute affection.

C'est ainsi que nous avons eu à combattre dans deux bacs une myxobactériose dont l'agent infectieux a pu être mis en évidence (*Cytophaga sp.*) et a été détruit assez rapidement.

C'est cette maladie qui a élevé le niveau des pertes globales des neuf semaines à 10 et 15 % dans deux bacs alors que dans les quatre autres bacs ce niveau ne dépassait pas 5 % environ.

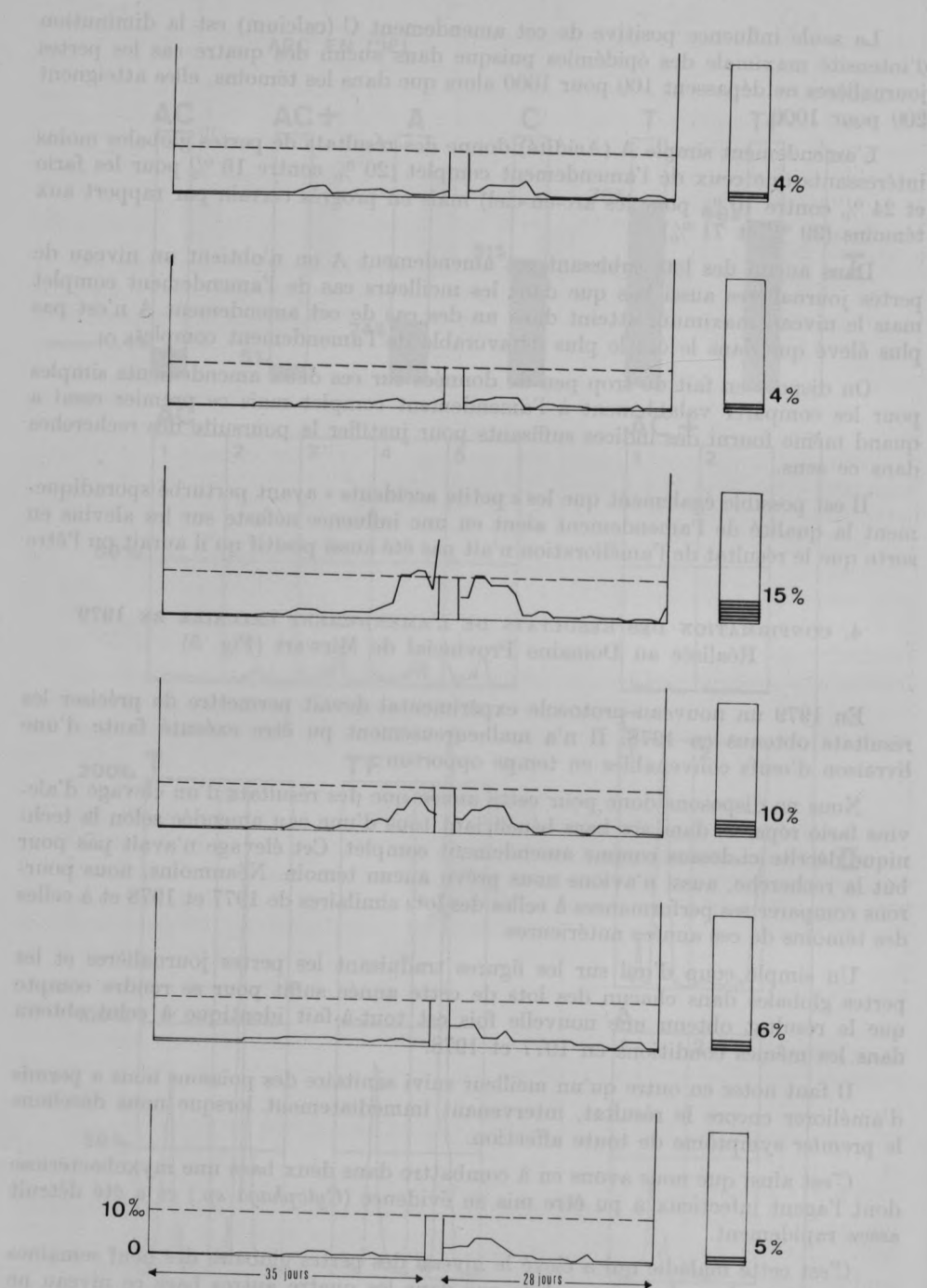


Fig. 5. — Mirwart 1979 fario — Résultats de l'amendement complet, même légende que pour la fig. 1.

5. CONCLUSIONS ET DISCUSSION

Dans cette série d'expériences réalisées en 1977, 1978, et 1979, on a vu chaque fois que l'amendement complet (c'est-à-dire relevant à la fois le pH, les réserves alcalines, et le contenu en Calcium) déterminait une réduction considérable de la mortalité durant les sept premières semaines du nourrissage. Cette réduction est au minimum de 50 % et au maximum de 90 %. Elle permet d'atteindre en fin de période, un taux de survie constant de 90 % alors que celui-ci, sans amendement n'est que de 60 % dans le cas le plus favorable et de 15 à 30 % le plus souvent.

Ce taux peu élevé de survie à Mirwart, sans amendement est confirmé par les résultats médiocres obtenus régulièrement (en moyenne 21 % de survie) pour cette phase de l'élevage de 1973 à 1977 avant que l'on ne pratique l'amendement calcaire de l'eau.

Il semble donc bien établi de façon indiscutable que ce procédé soit déterminant pour la survie de l'alevin.

Pour la question de savoir quel est des deux facteurs envisagés (acidité et faible teneur en Ca) celui qui est déterminant, il semblerait, d'après les premières indications relevées, que ce soit l'acidité qui soit néfaste. Cela demande toutefois une confirmation plus décisive.

En fait, nous n'avons pas observé de différence de croissance, entre le milieu amendé en calcium et le milieu témoin, qui confirme l'hypothèse de PHILLIPS et PODOLIAK. Il n'est pas exclu cependant que ce facteur puisse avoir une influence; l'amendement réalisé n'a peut-être pas été suffisamment important pour que cette influence se traduise par une différence de croissance sensible.

Par contre nous avons observé un phénomène qui correspond bien aux observations faites par FROST et qui apporte peut-être l'explication qu'elle n'avait pas trouvée.

En effet, nous avons mis en évidence en 1977 le fait que les alevins élevés en milieu naturel avaient un retard de croissance de 1 mois sur les alevins élevés en milieu amélioré. Ce mois de retard au départ correspond presque à la différence signalée par FROST en fin de première année (1,4 contre 7,1 gr. ce qui équivaut à peu près à 2 mois de croissance).

Nous avons montré comment cette différence de croissance résultait indirectement de la qualité de l'eau par le biais des maladies qu'elle favorise.

Il est donc possible que la différence de taille entre mêmes classes d'âge en milieu acide et en milieu alcalin que FROST a attribuée essentiellement à un retard contracté la première année en milieu acide vienne d'un arrêt de croissance durant l'une ou l'autre maladie favorisée par cette acidité de l'eau tout au début de la vie libre des alevins.

Durant tout cet exposé nous avons sous-entendu que les mortalités importantes et très localisées dans le temps étaient dues en définitive à des maladies.

Bien que nous n'ayons pu disposer à l'époque de l'arsenal de diagnostic ni non plus de l'expérience nécessaire, il n'était pas douteux que nous nous trouvions bien en face de maladies provoquées soit par des agents infectieux bactéries ou virus, soit par des protozoaires parasites. Nous avons en effet relevé depuis, la présence courante de ces infections bactériennes et de ces infestations par des protozoaires. Dès 1976 d'ailleurs, nous avions pu observer dans cette pisciculture des infestations par le protozoaire flagellé *Costia necatrix*. En 1979 nous avons en outre observé le

protozoaire cilié *Chilodonella cyprini* et au moins deux espèces de myxobactéries dont probablement *Cythophaga* sp.

Il est donc vraisemblable que la qualité de l'eau agit en déterminant une plus grande sensibilité des poissons aux agents infectieux.

Ce point devrait faire l'objet de nouveaux travaux que nous envisageons d'ores et déjà en collaboration avec un laboratoire vétérinaire spécialisé.

BIBLIOGRAPHIE

- ARRIGNON, J. (1976) — *Aménagement écologique et piscicole des eaux douces*. Gauthier-Villars, Paris.
- COGELS, X. (1974) — Étude d'un ruisseau d'Ardenne et de l'élevage de la truite commune à la pisciculture d'Achouffe. Mémoire et communication personnelle.
- FROST, W. (1945) — River Liffey survey n° VI. *Proc. Roy. Ir. Ac.*, 50 B, 19.
- FROST, W. (1942) — River Liffey survey n° V. *Proc. Roy. Ir. Ac.*, 48 B, 4.
- FROST, W. (1942) — River Liffey survey n° IV. *Proc. Roy. Ir. Ac.*, 47 B, 13.
- FROST, W. (1940) — River Liffey survey n° III. *Proc. Roy. Ir. Ac.*, 46 B, 4.
- FROST, W. (1939) — River Liffey survey n° II. *Proc. Roy. Ir. Ac.*, 45 B, 7.
- FROST, W. (1937) — River Liffey survey n° I. *Proc. Roy. Ir. Ac.*, 43 B, 11.
- HUET, M. (1941) — pH et réserves alcalines. *Com. Stat. Rech. E. & F. Groenendaal*, série D, 1.
- PHILLIPS, A. M. et PODOLIAK, H. A. (1957) — Influence of the calcium content of water on the metabolic activity of Brown trout, Rainbow trout, and two hatchery strains of Brook trout. *Fish. Res. Bul.*, 21, 33-49.
- SCHÄPERCLAUS, W. (1933) — *Lehrbuch der Teichwirtschaft*. Paul Parey, Berlin.