HAL open science

Réduction du cannibalisme précoce chez le brochet (Esox lucius) par isolement des fratries

Christian Bry, Roland Billard

▶ To cite this version:

Christian Bry, Roland Billard. Réduction du cannibalisme précoce chez le brochet (Esox lucius) par isolement des fratries. Bulletin francais de Pisciculture, 1980, 277, pp.142-153. hal-01601231

HAL Id: hal-01601231
https://hal.science/hal-01601231

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

BULLETIN FRANÇAIS DE PISCICULTURE

CINQUANTE-DEUXIEME ANNEE N° 277 2e trimestre 1980

REDUCTION DU CANNIBALISME PRECOCE CHEZ LE BROCHET *(ESOX LUCIUS)* PAR ISOLEMENT DES FRATRIES *

C. BRY, C. GILLET

Laboratoire de Physiologie des Poissons, I.N.R.A.
78350 JOUY EN JOSAS, France

INTRODUCTION

Depuis les premiers travaux de COLAS (1937) sur la production de brochetons de 3 à 7 semaines en petits étangs, cette technique d'élevage extensif a été expérimentée par de nombreux auteurs (HUET, 1948 ; HUET et TIMMERMANS, 1958 ; HINER, 1961 ; CHAUDERON, 1969 ; ARRIGNON, 1972 ; HUET, 1976). La comparaison entre résultats obtenus est souvent rendue difficile par l'absence de données précises sur le poids ou la taille des brochetons récoltés. On peut cependant conclure à un rendement numérique ramené à 100 m2 de

(*) Cet article est reproduit avec l'aimable autorisation de l'éditeur de la revue « Reproduction, Nutrition, Développement ».

l'ordre de 50 à 250 brochetons de taille « fingerling » (longueur : 50-100 mm, poids individuel moyen : 0,5 à 5 g).

Les observations effectuées s'accordent par ailleurs pour mettre l'accent sur l'efficacité limitée de ce type d'élevage du fait de trois séries de facteurs interdépendants et difficilement contrôlables :

1° Les conditions climatiques et, en particulier, le profil thermique ;

2° La nature et l'abondance de l'alimentation disponible (zooplancton, invertébrés, alevins d'autres espèces) ;

3° Le cannibalisme.

En conditions extensives ou semi-intensives, les interventions ont essentiellement porté sur le second point : fertilisation du milieu (COLAS, 1938), apport de plancton (ARRIGNON, 1972 ; HUET, 1976) et d'alevins de perche (CHAUDERON, 1969 ; ARRIGNON, 1972).

Le cannibalisme est un phénomène très répandu chez le brochet, en particulier chez les alevins, pour lesquels il s'agit même d'un cannibalisme de préférence (CHODOROWSKI, 1973). Le cannibalisme pourrait être l'un des principaux facteurs de régulation des populations de brochet (HUNT et CARBINE, 1951 ; KIPLING et FROST, 1970).

En fin de résorption vésiculaire, l'alevin nageant mesure 12 à 15 mm (WURTZ, 1944 ; FRANKLIN et SMITH, 1963) et le cannibalisme peut se manifester dès 21 mm (HUNT et CARBINE, 1951). Une alimentation abondante et adéquate, c'est-à-dire correspondant aux phases de nutrition successives du brocheton, ainsi qu'une température modérée et une faible mise en charge, peuvent réduire l'intensité du phénomène (BUSS, 1961 ; CHAUDERON, 1969 ; CHODOROWSKI, 1973). Cependant, même dans les conditions les plus favorables, le cannibalisme demeure à l'état latent et dépend en définitive de l'hétérogénéité en taille des individus en présence. De fait, une différence de taille de l'ordre de 20 à 30 % en longueur (HUNT et CARBINE, 1951 ; BUSS, 1961) suffit à créer la possibilité d'une prédation intra-spécifique.

En matière d'élevage extensif, on prend généralement soin de ne déverser dans un même lot que des alevins de même âge, mais issus de différentes pontes et de vidanger les étangs assez tôt (4 à 6 semaines après résorption de la vésicule : COLAS, 1938 ; HINER, 1961). Il est cependant possible de conserver pendant plusieurs mois et dans d'excellentes conditions (pertes inférieures à 10 %) de fortes charges de brochetons ou de géniteurs (200 à 500 kg/ha) à condition que ceux-ci soient choisis de taille uniforme (HUET, 1972 ; BRY, données non publiées).

Nous avons donc cherché à obtenir *a priori* une meilleure homogénéité des brochetons mis en compétition en isolant les alevins issus de différentes femelles et nous avons comparé les rendements de ces fratries isolées avec les performances de lots mixtes constitués par le mélange de deux de ces fratries. Dans le cadre du même protocole expérimental, nous avons également tenté de répondre aux questions suivantes :

1° Un « effet famille » se fait-il encore sentir sur la croissance au bout de six à sept semaines après la résorption de la vésicule ?

2° Dans quelle mesure la morphologie des petits étangs utilisés influe-t-elle sur le rendement de l'élevage ?

MATERIEL ET METHODES

Expériences réalisées

L'expérimentation a été menée de mars à mai 1978 à l'ésociculture du Paraclet (Conseil Supérieur de la Pêche). Des femelles brochet ont reçu dès leur capture une injection intrapéritonéale d'une préparation d'hormone gonadotrope de saumon partiellement purifiée, selon la technique déjà décrite par de MONTALEMBERT *et al.*, (1978 a) et BRY *et al.* (1978).

Trois femelles, désignées par A, B, C ont été utilisées dans le cadre de la présente expérience. Les ovules ont été inséminés cinq jours après le traitement ovulatoire en utilisant le « dilueur 532 » avec un taux de dilution (volume du sperme/volume de dilueur) de 1/1000 et un rapport volume des ovules/volume de dilueur d'environ 2 (BILLARD *et al.*, 1976 ; BILLARD, 1977 ; de MONTALEMBERT *et al.*, 1978 b). L'insémination des ovules des femelles A et B a été effectuée avec le sperme d'un même mâle, permettant de constituer deux familles de plein-frères. Les ovules de la femelle C ont été inséminés avec un mélange de sperme fourni par cinq mâles. Les œufs ont été incubés en bouteilles de Zug jusqu'à 80 degrés-jours, puis transférés sur clayettes. Une centaine de degrés-jours après éclosion, c'est-à-dire approximativement aux 2/3 de la période de résorption vésiculaire, les alevins ont été dénombrés individuellement par siphonnage à partir de leur auge d'origine, puis déversés dans six étangs herbeux de 240 m^2 (18 x 13,5) et cinq de 80 m^2 (14,5 x 5,5) (profondeur 0,20 à 1 m et 0,20 à 0,60 m respectivement), à raison de 1 500 alevins par lot pour les lots de 240 m^2 et 500 pour les lots de 80 m^2, soit 6 alevins/m^2. Les alevins avaient une longueur totale voisine de 13 mm et un poids moyen de 12 mg. Ces étangs avaient été enrichis par dépôt de fumure organique et mis en eau une dizaine de jours auparavant. La répartition des alevins en lots expérimentaux s'est effectuée comme suit :

— alevins A : lots A_1/240, A_2/240, A/80 ;

— alevins B : lots B/240, B_1/80, B_2/80 ;

— alevins C : lot C/240 ;

— les lots mixtes (AB/240, AC/240, $(AB)_1$/80, $(AB)_2$/80) ont été constitués à partir de deux catégories d'alevins (A et B ou A et C) mélangés en proportions égales.

Cinquante jours après le déversement, c'est-à-dire 60 jours après éclosion, et approximativement 45 jours après résorption de la vésicule, 10 des 11 étangs ont été vidangés et les brochetons dénombrés et pesés individuellement à 0,1 g près. D'une façon générale, chaque lot a été soumis à 2 à 4 vidanges, la première vidange fournissant environ 90 % de la récolte totale. Les vidanges complémentaires étant intervenues entre 1 et 9 jours après la vidange principale, et la croissance au cours de cette période s'étant révélée importante, seuls les brochetons récoltés lors de la première vidange ont été pris en considération pour le calcul des poids moyens et des coefficients de variation ainsi que pour l'établissement des histogrammes des poids individuels. En revanche, c'est le nombre total (N) de brochetons récoltés dans chaque lot qui a été retenu pour l'évaluation des rendements numériques (rendement de récupération et rendement par unité de surface). Les biomasses de brochets ont été calculées à partir de N et du poids moyen des brochetons de la première vidange.

Compte tenu de l'expérience acquise à la suite des vidanges successives, l'incertitude absolue sur N (nombre total de brochetons récoltés dans chaque lot)

a été évaluée à 0-30 brochetons pour les lots de 240 m^2 (soit 0-10 % de la production) et à 0-5 brochetons pour ceux de 80 m^2 (0-4 % de la production). Le lot B/240 n'a pu être vidangé que huit jours après les autres étangs ; les valeurs du poids individuel moyen et de la biomasse se sont fortement accrues au cours de cette période de croissance supplémentaire et n'ont pas été prises en considération pour les comparaisons avec les autres lots. Ces données ont été indiquées entre crochets dans le tableau 1. En revanche, le nombre N de brochetons recueillis dans cet étang a pu être considéré, à la suite d'expériences postérieures, comme légèrement inférieur à sa vraie valeur huit jours auparavant, et a donc été retenu, d'autant plus qu'il s'agissait d'une fratrie et non d'un lot mixte.

Les étangs utilisés ne contenaient aucun poisson fourrage pendant toute la durée de l'expérience.

Analyse statistique

Les effets de la nature du peuplement et du type d'étang ont été recherchés par une analyse de variance à deux facteurs (modèle factoriel à effets fixés) portant sur des lots présents dans les deux catégories d'étangs (A_1/240, A_2/240, B/240, AB/240, A/80, B_1/80, B_2/80, $(AB)_1$/80, $(AB)_2$/80) après transformation angulaire des valeurs des pourcentages (tableau 2). Les taux de survie théoriques dans les lots mixtes ont été calculés en faisant la moyenne des taux de survie observés chez les fratries isolées correspondantes. La comparaison des pourcentages de survie a été effectuée en utilisant, soit le test de l'écart normal (tableau 3), soit le test de X^2 (tableau 4). Les poids individuels moyens ont été comparés à l'aide du test t de Student.

La variabilité relative des poids individuels à l'intérieur d'un même lot a été évaluée par le coefficient de variation (quotient de l'écart type par la moyenne des poids en %).

RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 1 regroupe l'ensemble des résultats.

Le nombre de brochetons ramené à 100 m^2 varie de 125 (lot B/240) à 337 (lot A/80). Leur poids individuel moyen s'étend de 1,4 g (lot C/240) à 4,1 g (lot A/80) et la biomasse, ramenée à 100 m^2, de 200 g (lot C/240) à 1 390 g (lot A/80) soit de 20 à 139 kg/ha.

Ces valeurs sont dans l'ensemble sensiblement plus élevées que celles enregistrées par CHAUDERON (1969) et HUET (1976) qui qualifient d'exceptionnelles des productions supérieures à 50 kg/ha. Ceci suggère que les conditions expérimentales du présent élevage (caractéristiques des bassins, qualité de l'eau, profil thermique, disponibilités alimentaires) ont été particulièrement favorables.

Analyse des sources de variation des taux de survie

L'analyse de variance effectuée sur les lots A, B et AB présents dans les deux catégories de bassins (tableau 2) permet de mettre en évidence :

— un effet peuplement ;

Tableau 1 : Production numérique, poids moyen, variabilité pondérale et biomasse des lots de brochetons après sept semaines d'élevage en milieu naturel

Peuplement	Lots	Lots 240 m² No (1) = 1 500						Lots 80 m² No (1) = 500					
		N(2)	N/100 m² (3)	R (4) %	(5) P	(6) CV %	(7) BM/ 100 m²	(2) N	(3) N/ 100 m²	(4) R %	(5) P	(6) CV %	(7) BM/ 100 m²
A	A_1	405	169	27	3,1	27	530	270	337	54	4,1	32	1390
	A_2	544	227	36	3,2	39	720	-	-	-	-	-	-
B	B_1	301	125	20	(8) [6,7]	35	(8) [840]	158	197	32	2,9	32	580
	B_2	-	-	-	-	-	-	142	177	28	3,6	30	650
AB	$(AB)_1$	309	129	21	2,6	60	340	120	150	24	3,9	26	580
	$(AB)_2$	-	-	-	-	-	-	161	201	32	3,9	39	790
C	C	340	142	23	1,4	39	200	-	-	-	-	-	-
AC	AC	318	132	21	2,5	58	330	-	-	-	-	-	-

(1) No = mise en charge

(2) N = production numérique (50 jours après déversement)

(3) N/100 m² = production numérique rapportée à 100 m²

(4) $R = \frac{N}{No} \times 100$ = taux de survie

(5) P = poids moyen (grammes)

(6) CV = coefficient de variation des poids (%)

(7) BM/100 m² = biomasse rapportée à 100 m² (grammes)

(8) Ces données n'ont pas été utilisées à des fins de comparaison. Voir matériel et méthodes.

— un effet bassin, les bassins de 80 m^2 conduisant à des taux de survie supérieurs ;

— l'absence d'interaction peuplement X bassin ;

— une variance résiduelle, calculée entre les replicats, de 9,7 % en valeur relative.

La valeur élevée de cette résiduelle conduit à considérer que les variations observées entre les replicats ne correspondent pas à de simples fluctuations d'échantillonnage, mais à des différences fonctionnelles entre des petits étangs apparemment identiques. Ce type d'observation a été effectué en particulier par BUCK *et al.* (1970) qui, avec un élevage de jeunes carpes effectué dans neuf étangs similaires pendant quatre années consécutives, obtiennent des coefficients de variation de 3,3 à 8,5 % pour les taux de survie.

Dans le cas présent, de légères variations d'un bassin à l'autre de facteurs comme la température, le débit, le relief ou d'autres paramètres encore mal appréhendés, ont vraisemblablement suffi à créer des différences dans l'abondance et la répartition des proies de brochetons et de la végétation et ont pu par conséquent modifier les taux de survie.

Effet du mélange de deux fratries sur le taux de survie

La comparaison des pourcentages de survie théoriques calculés à partir des performances des lots isolés et des taux de survie observés dans les lots mixtes (tableau 3) révèle dans tous les cas un effet défavorable du mélange des fratries ($P < 0,001$) qui se traduit par un déficit numérique en brochetons de l'ordre de 20 à 30 % de la récolte.

Analyse des distributions des poids

Pour les lots isolés, les distributions sont généralement du type unimodal asymétrique (fig. 1 : lots $A_2/240$ et C/240 ; Fig. 2 : lots A/80 et $B_1/80$). Chez les lots mixtes, les distributions peuvent être bimodales lorsque les poids moyens des familles composantes sont assez éloignés (Fig. 1 : lot AC/240) ou présenter un profil irrégulier (Fig. 2 : lot $(AB)_2/80$).

La variabilité pondérale relative (coefficient de variation : tableau 1) est plus élevée chez les lots mixtes, notamment dans les étangs de 240 m^2, où la croissance a été plus lente : 60 et 58 % contre 27, 39, 35, 39 % chez les fratries isolées. Le lot $(AB)_1/80$ présente au contraire un coefficient de variation inférieur à ceux des deux composantes, mais il convient de remarquer que la survie de ce lot a été particulièrement faible. Enfin, si l'on compare la distribution des différentes classes de poids dans les mélanges expérimentaux avec celle des mélanges théoriques, on constate une tendance générale (mais non significative) à un déficit numérique plus élevé chez les classes de faible poids.

Ces observations suggèrent que l'intensité du cannibalisme est la plus forte lorsque la croissance est la plus hétérogène, c'est-à-dire dans les lots mixtes.

Les lots de plein-frères, où la croissance se montre la plus homogène, présentent cependant des écarts considérables entre poids extrêmes, pouvant atteindre un facteur 30. Cette observation rejoint celles de CARBINE (1944) sur le brochet et de MOAV et WOHLFARTH (1973) qui décrivent une étendue des poids de 1,5 à 82 g chez une fratrie de jeunes carpes de poids moyen de 3,5 g.

Tableau 2 : Analyse de variance : effet peuplement et effet bassin sur le taux de survie à 50 jours après déversement (lots des catégories A, B et AB)

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen (CM)	$F = \frac{CM}{\text{résiduelle}}$	Niveau de signification
Peuplement	2	80,1	7,6	S 7 %
Bassin	1	99,6	9,4	S 6 %
Interaction	2	11,4	1,1	NS
Résiduelle	3	10,6	-	-

Tableau 3 : Comparaison des pourcentages de survie (rendements numériques)

- **Calculés à partir des performances des lots isolés (rendements théoriques R_T)**
- **Observés dans les lots mixtes (rendements expérimentaux R_E)**

Nature du mélange	Nombre de brochetons récoltés (N)	Rendement numérique de l'élevage (R) $R = \frac{N}{No}$	Ecart normal et degré de signification de la différence $R_T - R_E$	Déficit (en nombre) dû au mélange $\frac{N_T - N_E}{N_T}$
		%		%
AB théorique (240 m²)	N_T = 388	R_T = 26	4,25	20
AB expérimental (240 m²)	N_E = 309	R_E = 21	S I ‰	
AB théorique (80 m²)	N_T = 210	R_T = 42	7,16	33
AB expérimental (80 m²)	N_E = 140	R_E = 28	S I ‰	
AC théorique (240 m²)	N_T = 407	R_T = 27	4,71	22
AC expérimental (240 m²)	N_E = 318	R_E = 21	S I ‰	

Effet de la fratrie

La comparaison des performances des lots isolés A, B, C met en évidence l'influence du « facteur famille » sur le taux de survie et la croissance (tableau 4).

L'effet famille peut être considérable ; ainsi les alevins A ont-ils une croissance en moyenne double de celle des alevins C. Ils ont également un taux de survie nettement supérieur, si bien qu'en biomasse la famille A est environ 3 fois plus productive que la famille C (530 et 720 g/100m² contre 200 : lots 240 m²) et 2 fois plus que la famille B (1 390 g/100 m² contre 580 et 650 : lots 80 m²).

Tableau 4 : Influence du « facteur famille » (lots isolés A, B, C) sur le taux de survie et le poids moyen des brochetons

TYPE D'ETANG	LOTS 240 M²			LOTS 80 M²	
Peuplement	A	B	C	A	B
% de survie	31,6	20	23	54	30
Valeur du X 2 et niveau de signification	X 2 (2 DL) = 83,8 S 1 ‰			X 2 (1 DL) = 81,5 S 1 ‰	
Poids moyens ..... (grammes)	3,2	-	1,4	4,1	3,2
Valeur de t et niveau de signification	t = 38,1 S 1 ‰			t = 9,2 S 1 ‰	

Effet de la morphologie des bassins

La morphologie des étangs influence non seulement le taux de survie (tableau 2) mais aussi la croissance : le poids moyen des brochetons de la famille A passe de 3,2 g (lots 240 m²) à 4,1 g dans le lot A/80 (écart normal : 10,3 - $P < 0,001$).

La combinaison d'un taux de survie plus élevé et d'une croissance plus rapide dans les lots de 80 m² conduit à une biomasse double de celle des 240 m². Ces petits étangs ont montré une productivité remarquable : 58 à 139 kg/ha en 50 jours. La profondeur plus faible des lots de 80 m² est probablement à l'origine d'un profil thermique plus élevé et, par suite, d'une plus grande abondance de nourriture (plancton et invertébrés). Il convient également de noter que le rapport périmètre/surface est deux fois plus élevé dans les bassins de 80 m² que dans ceux de 240 m² et que, par conséquent, le nombre d'alevins par mètre de berge y est deux fois plus faible (12 contre 24). Les berges pourraient en effet constituer une zone d'abris privilégiés pour les brochetons et leurs proies.

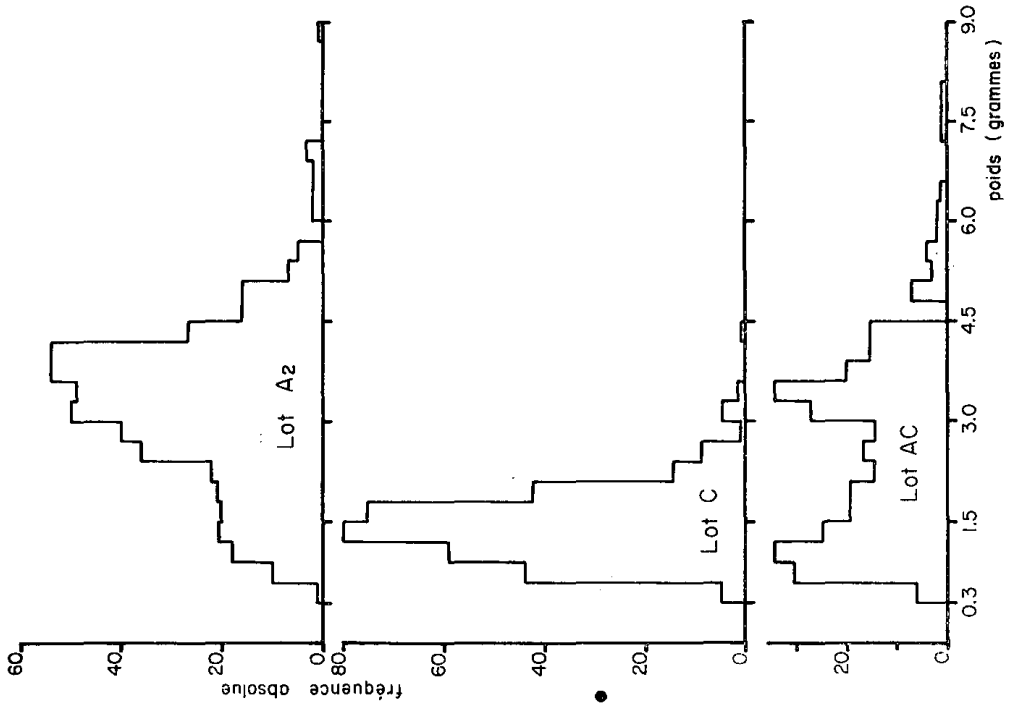

Fig. 1 : Structure des distributions du poids dans les lots A_2/240, C/240 et AC/240.

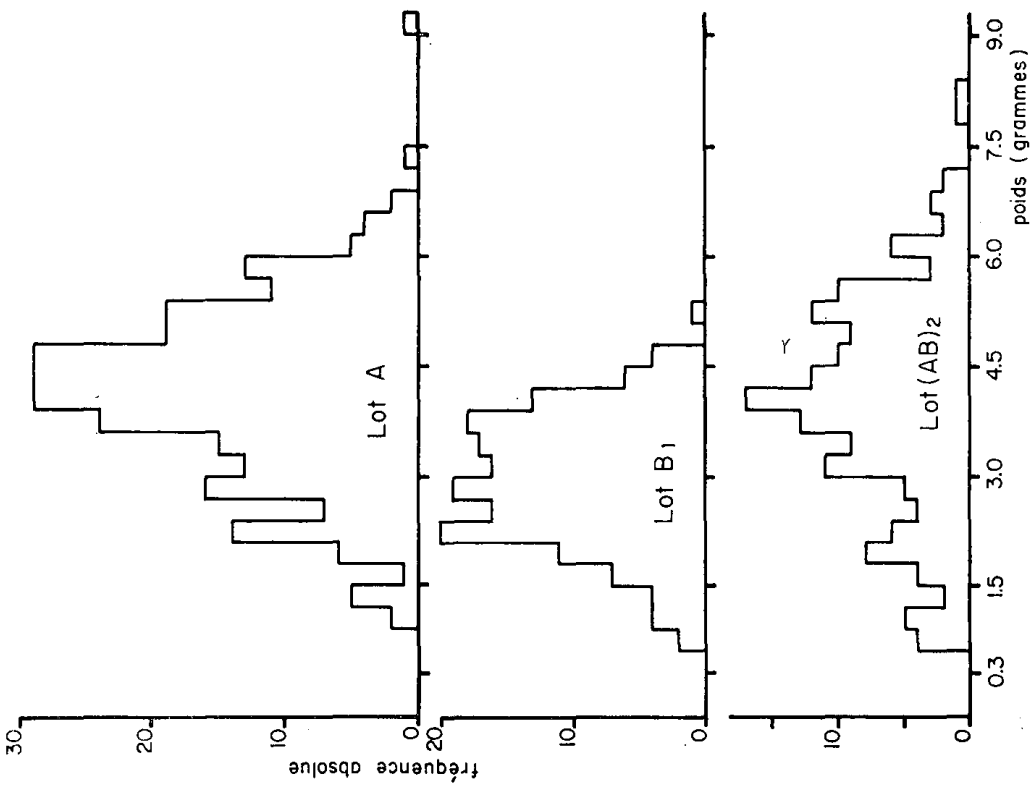

Fig. 2 : Structure des distributions du poids dans les lots A/80, B_1/80 et $(AB)_2$/80.

CONCLUSIONS

Le mélange de deux fratries d'alevins de brochet se traduit, après cinquante jours d'élevage extensif, par un déficit numérique de 20 à 33 % par rapport au taux de survie moyen des composantes du mélange. Ce déficit est attribuable à une intensification du cannibalisme dans les lots mixtes, vraisemblablement liée à des croissances plus hétérogènes.

Il existe un « effet famille » important, notamment sur la croissance.

De petits étangs peu profonds de 80 m^2 assurent une survie et une croissance nettement supérieures à celles observées en lots de 240 m^2. La biomasse de brochetons produite à partir de ces étangs de 80 m^2 va de 58 à 139 kg/ha. Cette production nette, réalisée en 50 jours, peut être considérée comme élevée, en fonction des données de la littérature (HUET, 1976).

Nos résultats suggèrent d'isoler les alevins issus de différentes femelles et d'opérer en petits étangs peu profonds pour la période de grossissement en élevage extensif. La réduction du cannibalisme précoce offre également un grand intérêt en élevage intensif où ce phénomène peut survenir dès que la fréquence des distributions d'aliments est inférieure à six heures (WESTERS, 1978).

RESUME

Le mélange de 2 fratries d'alevins de brochet s'est traduit, à l'issue d'un élevage de 50 jours en étangs, par un déficit numérique de 20 à 33 % par rapport au taux de survie moyen des composantes du mélange.

Il existe un « effet famille » important, à la fois sur la croissance et le taux de survie. Des paramètres de l'environnement tels que la profondeur des étangs et l'importance relative des berges sont également susceptibles d'influer sur les rendements numérique et pondéral de l'élevage. Les résultats obtenus indiquent que l'isolement des fratries d'alevins et l'utilisation de petits étangs peu profonds peuvent permettre d'améliorer la productivité de ce type d'élevage.

SUMMARY

After 50 days of pond culture fewer pike fingerlings (20 to 33 p. 100) were recovered from the mixing of two full-sib families than from isolated families. Growth and survival were influenced by the family effect. Environmental parameters, such as depth and extent of the banks, may also affect growth and survival. Our results indicated that isolating full-sib families and using small, shallow ponds increased the recovery and growth rate of fingerlings.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été prise en charge par le Conseil Supérieur de la Pêche.

Nos remerciements vont à Messieurs CAVITTE et NEVEU pour l'accueil qu'ils nous ont réservé au Paraclet, ainsi qu'à G. BURGER, F. CLARY, M. LE VILAIN, G. MAISSE et D. MARIE pour leur collaboration.

REFERENCES

ARRIGNON J., 1972. Station expérimentale d'élevage du Brochet du Vivier du Grès. Bull. fr. Pisci., *246*, 33-44.

BILLARD R., DEBRUILLE M., GERARD J.-P., de MONTALEMBERT G., 1976. L'insémination artificielle du Brochet. Bull. fr. Pisci., *262*, 30-34.

BILLARD R., 1977. Utilisation d'un système Tris-Glycocolle pour tamponner le dilueur d'insémination pour Truite. Bull. fr. Pisci., *264*, 102-112.

BRY C., BILLARD R., de MONTALEMBERT G., 1978. Induction de la maturation ovocytaire et de l'ovulation par traitement hormonal chez le Brochet. Bull. fr. Pisci., *271*, 21-32.

BUCK D. H., THOITS C. F., ROSE C. R., 1970. Variation in Carp production in replicate ponds. Trans. Am. Fish. Soc., *1*, 74-79.

BUSS K., 1961. A literature survey of the life history and culture of the northern pike. Special purpose report, Pennsylvania Fish Commission, Benner Spring Fish Research Station.

CARBINE W. F., 1945. Growth potential of the northern pike, *Esox lucius*. Pap. Mich. Acad. Sci., *30*, 205-220.

CHAUDERON L., 1969. Pisciculture en étangs des poissons de repeuplement pour les cours d'eau de la deuxième catégorie. Club halieutique interdépartemental.

CHODOROWSKI A., 1973. Quelques problèmes écologiques concernant l'élevage combiné des carnassiers en pisciculture de repeuplement. Ann. Stat. Biol. Besse-en-Chandesse, *7*, 235-272.

COLAS H., 1937. Das vorstrecken der Hechte. Fischerei Zeitung, *40*, 517-521.

COLAS H., 1938. Das vorstrecken der Hechte. Fischerei Zeitung, *41*, 473-475.

FRANKLIN D. R., SMITH L. L., 1963. Early life history of the northern pike *(Esox lucius)* with special reference to the factors influencing the numerical strength of year classes. Trans. Am. Fish. Soc., *92* (2), 91-110.

HINER L. E., 1961. Propagation of northern pike. Trans. Am. Fish. Soc., *90* (3), 298-302.

HUET M., 1948. La production de brochetons. Bull. fr. Pisci., *148*, 121-124.

HUET M., TIMMERMANS J. A., 1958. Esociculture, Production de brochetons de sept semaines. Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, Série D, *24*, 18 p.

HUET M., 1972. Elevage et maturation de géniteurs brochets en petits étangs Verh. Internat. Verein. Limnol. *18*, 1128-1134.

HUET M., 1976. Reproduction, incubation et alevinage du Brochet. EIFAC (Eur. Inland Fish. Advis. Comm.) Tech. Pap., *25*, 147-163.

HUNT B. P., CARBINE W. F., 1951. Food of young pike, *Esox lucius*, and associated fishes in Peterson's ditches, Houghton Lake, Michigan. Trans. Am. Fish. Soc., *80*, 67-83.

KIPLING C., FROST W. E., 1970. A study of the mortality, population numbers, year class strengths, production and food consumption of Pike in Windermere from 1944 to 1962. J. Anim. Ecol., *39*, 115-157.

MOAV R., WOHLFARTH G. W., 1973. Carp breeding in Israel. Agricultural genetics, selected topics, p. 295 - 318. R. Moav Editor, the Hebrew University of Jerusalem.

MONTALEMBERT G. de, JALABERT B., BRY C., 1978a. Precocious induction of maturation and ovulation in northern pike. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., *18* (4), 969-975.

MONTALEMBERT G. de, BRY C., BILLARD R., 1978b. Control of reproduction in northern pike. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. *11*, 217-225.

WESTERS H., 1978. Biological considerations in hatchery design for coolwater fishes. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. *11*, 246-253.

WURTZ A., 1944. Développement, Biologie et nutrition des jeunes alevins de Brochet. Bull. fr. Pisc., *135*, 57-69.