

Elevage des larves et juvéniles de corégone (*Coregonus lavaretus* sp.) en cages lacustres éclairées pour l'attraction du zooplancton

Rearing of larvae and juveniles of whitefish (Coregonus lavaretus sp.) in lacustrine cages illuminated for zooplankton attraction

Alexis Champigneulle⁽¹⁾ et Ricardo Rojas Beltran⁽¹⁾

(1) Station d'Hydrobiologie Lacustre, INRA, BP 511, 75 av. de Corzent, 74203 Thonon-les-Bains cedex (France).

Résumé. – L'article présente une synthèse sur l'élevage de larves et juvéniles de corégone (*Coregonus lavaretus*) en cages lacustres éclairées pour attirer le zooplancton. Les techniques présentées sont les cages de surface ou immergées mises en charge avec des alevins vésiculés ou prénourris sur aliment sec. L'article s'appuie sur des travaux européens et en particulier ceux entrepris de 1983 à 1993 dans des lacs français (Bourget, Léman, Aiguebelette, Laffrey).

Mots clés. – Pacage lacustre, Corégones, larves, juvéniles, cages éclairées, zooplancton.

Abstract. – This paper summarizes the techniques of rearing larvae and juveniles of whitefish (*Coregonus lavaretus*) in lacustrine cages illuminated to attract zooplankton. The main rearing systems are emerged or submerged cages stocked with larvae unfed or prefed with dry food. Much of the information presented was obtained from European studies and especially those performed in the period 1983-1993 in French lakes (Bourget, Léman, Aiguebelette, Laffrey).

Key words. – Lake-ranching, Coregonids, larvae, juveniles, illuminated cages, zooplankton.

1 INTRODUCTION

Les corégones sont des salmonidés lacustres naissant à l'état de petites (9-13 mm) larves zooplanctonophages. Le recrutement naturel est très fluctuant, souvent affaibli ou supprimé par les phénomènes d'eutrophication qui provoquent de fortes mortalités au stade œuf. Les relâchers d'alevins vésiculés se sont souvent révélés peu efficaces pour augmenter et soutenir le recrutement en juvéniles quand il est le facteur limitant de la production de corégones en lac. Par ailleurs, l'espèce est potentiellement intéressante pour valoriser d'autres types de plans d'eau tels que barrages-réservoirs, ballastières et étangs froids et profonds. Ces divers besoins ont conduit à des travaux sur la mise au point de techniques de production de juvéniles (cages, étangs, bassins). Champigneulle *et al.* (1994b) ont présenté les techniques d'élevage des corégones en bassins avec des aliments secs. Le présent article concerne l'élevage de juvéniles en cages de *Coregonus lavaretus* L. qui est l'une des principales espèces de corégones en Europe. L'élevage permet de produire trois types de juvéniles : des alevins démarrés (15 à 25 mm) en fin d'hiver-début du printemps, des préestivaux (25 à 70 mm) en milieu de printemps-début été et des estivaux (70 à 150 mm) en fin été-automne. La production de chacun de ces stades correspond schématiquement aux phases de production 1, 2 et 3 dont il sera fait état dans la suite du texte.

2 PRINCIPE DE LA TECHNIQUE ET SON ÉVOLUTION

La technique d'élevage en cages des larves et des juvéniles de corégone a été initialement développée en Pologne dans le début des années 1970. Les tous premiers élevages étaient réalisés dans de grandes cages de surface non éclairées dont la mobilité autour d'un ancrage favorisait l'entrée du zooplancton dans l'enceinte en tulle (Dembinski et Zuromska, 1973). Des recherches dont celles de Uryn (1979, 1983) ont montré que l'éclairage nocturne à l'intérieur des cages améliorait la croissance et la survie. Cette lumière permet d'attirer et de concentrer le zooplancton à phototropisme positif et donc de le rendre plus abondant et disponible pour les larves qui sont par ailleurs protégées des prédateurs à l'intérieur de la cage. A la fin des années 1970 et au cours des années 1980 c'est surtout la technique d'élevage en cages cubiques de 6-8 m³ (fig. 1A) mises en charge avec des alevins vésiculés, éclairées et totalement immergées qui s'est développée. A la fin des années 1980 les techniques d'élevage se sont diversifiées avec l'utilisation de cages de surface éclairées (fig. 1B) permettant un meilleur contrôle de l'élevage et dans certains cas un apport d'aliment sec (Mamcarz et Nowak, 1987; Champigneulle *et al.*, 1992; Mamcarz et Kozlowski, 1988) venant se substituer ou en complément du zooplancton attiré. Par ailleurs, le développement de techniques de

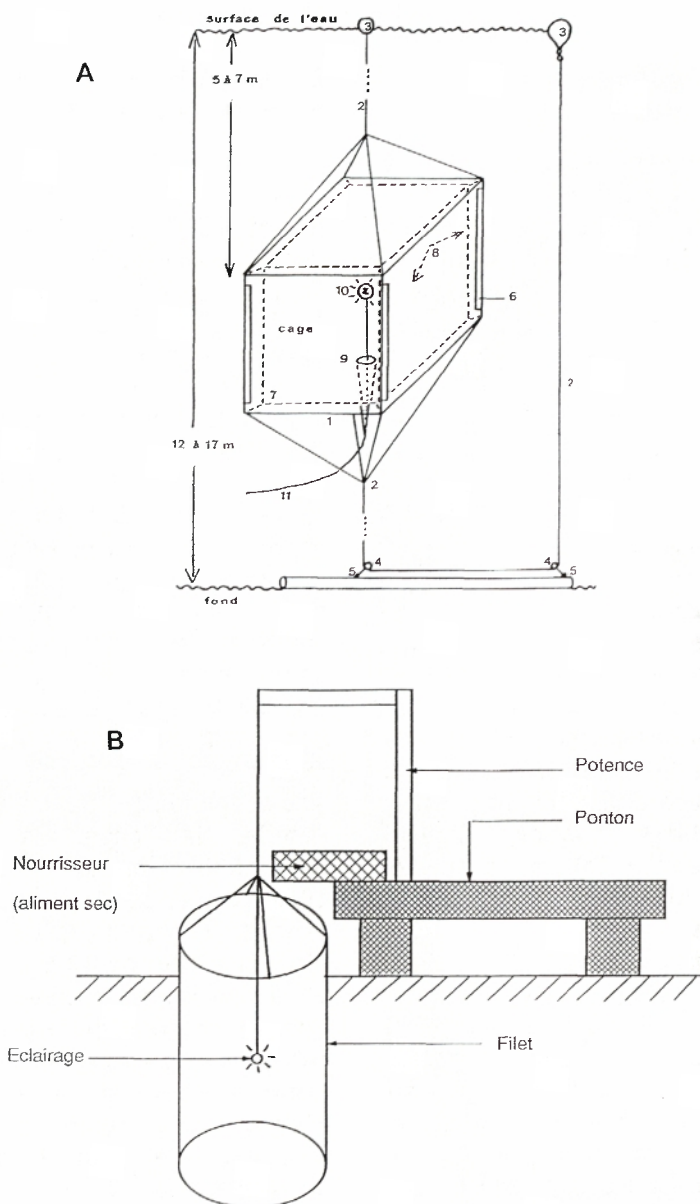


Fig. 1. – A) Schéma de montage des cages immergées utilisées dans le Léman (d'après Champigneulle *et al.*, 1986 a). 1 : cadre; 2 : filins supportant la cage; 3 : bouées; 4 : poulies; 5 : ancrage; 6 : ballast en tuyau PVC; 7 : filet; 8 : système d'ouverture (fermeture éclair); 9 : système de vidange; 10 : ampoule (100W, 24V) incluse dans un bocal étanche; 11 : câble électrique. B) Schéma d'une cage émergée ouverte à la surface utilisée dans les lacs protégés comme Aiguebelette et Laffrey.

Fig. 1. – A) Construction schema of a submerged illuminated cage (from Champigneulle *et al.*, 1986a). 1 : frame; 2 : lines supporting the cage; 3 : buoys; 4 : blocks; 5 : anchoring; 6 : ballast; 7 : cage net wall; 8 : opening system (zip fastener); 9 : emptying system; 10 : electric bulb (100W, 24V) in a waterproof glass-bottle; 11 : electric cable (24V).

B) Schema of an emerged cage opened to the surface used in sheltered lakes like Aiguebelette and Laffrey.

production de juvéniles en bassin sur aliment sec dans la fin des années 1980 (Champigneulle *et al.*, 1994b) a permis de développer des techniques mixtes associant un début d'élevage des juvéniles en bassins et leur finition en cages lacustres. Cette technique, initiée en France en 1988 au Léman et au lac du Bourget avec des alevins démarrés sur aliment sec commercial (Champigneulle et Rojas Beltran, 1990), se développe actuellement en Pologne (Mamcarz et Kolowski, 1991, 1992). L'impact polluant sur le milieu reste faible puisqu'il s'agit uniquement d'un élevage de juvéniles.

3 DIFFÉRENTS MODÈLES DE CAGES ET D'AGENCEMENT. CHOIX DU SITE

Les poches sont constituées de tulle ou de polyester, plus résistant, avec des coutures sur toile pour éviter les plis pouvant piéger les larves. Il est recommandé (Zaugg et Pedroli, 1986; Champigneulle *et al.*, 1991) d'utiliser successivement plusieurs maillages (0,7-0,9 mm; 1,3-1,8 mm, 3-5 mm) au fur et à mesure de la croissance des juvéniles.

3.1 Cages immergées

Les cages immergées utilisées ont le plus souvent une forme cubique d'un volume de 4 à 8 m³ et sont généralement immergées à 2 à 5 m sous la surface de l'eau par des fonds de 10 à 20 m. Les cages cubiques les

plus utilisées ont 2 m de côté. Les cages cylindriques ont un diamètre voisin de 1,5 m et une hauteur de 3-4 m. Les deux types de cages possèdent généralement une ouverture latérale avec fermeture éclair (fig. 1A).

En zone abritée ou moyennement abritée, les cages sont généralement soutenues par un radeau ancré (fig. 2) desservi par une petite embarcation. Le radeau sert de plate-forme de travail (flottaison de 100 à 150 kg/m²) et il reçoit parfois le transformateur. Il peut être équipé d'une potence par groupe de cages (Egloff, 1984) ou d'une potence par cage (fig. 2) ce qui permet de sortir les cages de l'eau et d'accéder à l'ouverture latérale. S'il est utilisé en zone peu abritée, comme dans le cas du lac du Bourget, il doit avoir des structures renforcées et posséder un système d'amortissement (bouée ou ressort intermédiaire) entre la cage et la potence. Certaines situations particulières peuvent être mises à profit comme l'existence de débarcadères ou jetées de port (Egloff, 1984).

En zone peu abritée, les cages peuvent être immergées individuellement, maintenues entre deux eaux grâce à un système de ballasts et de poulies (fig. 1A). Ces cages sont manipulées par une barge mobile munie d'une potence. Un tel système a été expérimenté de 1983 à 1988 au Léman (Champigneulle *et al.*, 1986a, b) et au lac du Bourget de 1987 à 1989 (Champigneulle *et al.*, 1994). Il permet la pratique de l'élevage en cages en site peu abrité mais le travail de maintenance est plus difficile et coûteux.

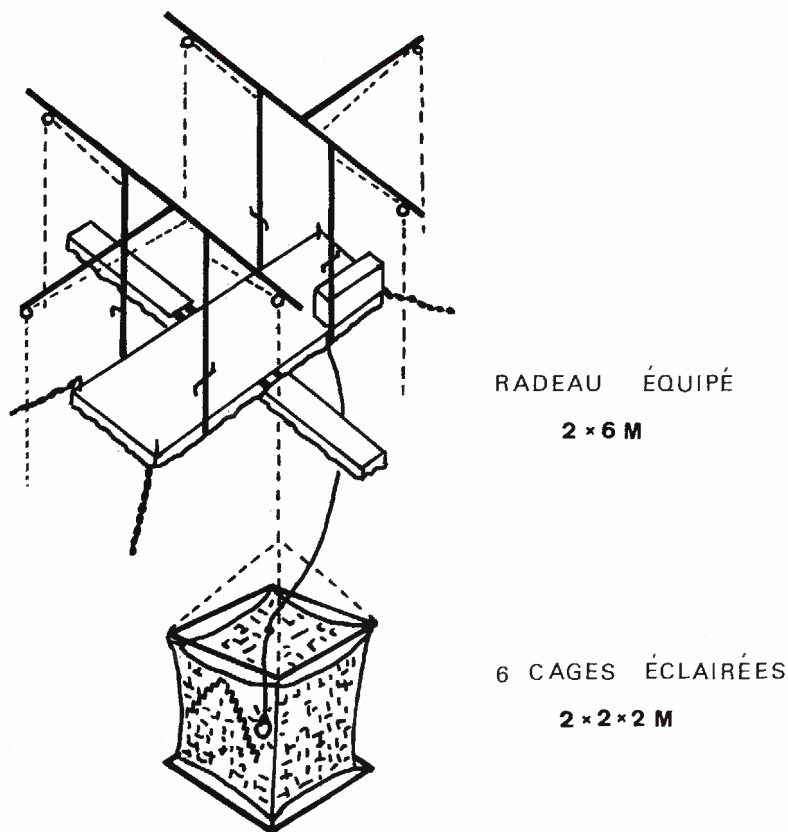


Fig. 2. — Schéma du radeau pilote de 6 cages immergées éclairées utilisées dans le lac du Bourget (Savoie).

Fig. 2. — Schema of the pilot raft of 6 illuminated and submerged cages used in Lake Bourget (Savoie).

3.2 Cages ouvertes à la surface

Les cages ouvertes à la surface (fig. 1B) ne peuvent être installées que dans des sites très abrités comme par exemple dans une baie à l'abris d'une île sur le lac d'Aiguebelette (500 ha) en Savoie. Le plus souvent, elles sont soutenues par un radeau et ont un volume ($5\text{-}8 \text{ m}^3$) et une forme (cubique ou cylindrique) voisins de ceux des cages immer-

gées. Dans certains lacs polonais (lac Justy), il existe des grandes cages ($3 \times 3 \times 2 \text{ m}$) attachées le long d'un ponton partant de la rive (Champigneulle, 1983). Les cages de surface permettent un bon suivi de l'élevage (Mamcarz et Nowak, 1987), par contre elles doivent être protégées des oiseaux piscivores par des filets. Dans la couche de surface le colmatage du filet est rapide et la température peut être trop élevée pour

l'élevage en été. La technique de cages mixtes pouvant aisément changer de mode d'exploitation (ouvertes en surface ou fermées et immergées) reste à tester.

3.3 Eléments de choix des sites

L'élevage de juvéniles en cages a été expérimenté dans des plans d'eau très variés y compris des milieux hypereutrophes comme l'étang côtier Hjarbaek au Danemark (Rasmussen, 1988) ou le lac Mutek en Pologne. Pour une espèce donnée et une technique donnée, les résultats varient fortement d'un lac à l'autre. Une étude comparative de Brylinski *et al.* (1979) réalisée en cages immergées dans 5 lacs polonais a montré que les productions de préestivaux étaient généralement meilleures dans les lacs petits, riches en zooplancton et chauffant rapidement en fin d'hiver-début du printemps. Selon Dembinski et Falkowski (1983), les lacs favorables sont ceux dont la densité en copépodes et cladocères dépasse 100 ind./l en avril-mai. En France les résultats obtenus avec les cages immergées au Bourget sont à la fois meilleurs et plus réguliers (Champigneulle *et al.*, 1992) que ceux observés au Léman (Champigneulle et Rojas Beltran, 1990). En donnant la possibilité de distribuer de l'aliment sec en complément du zooplancton naturel attiré, la technique des cages de surface permet de pratiquer des élevages dans des situations de déficience en zooplancton (Mamcarz et Nowak, 1987; Champigneulle *et al.*, 1992).

Il est préférable d'éviter les sites soumis à des vents ou des courants trop violents ou bien ceux trop proches d'embouchures de rivière. L'alimentation électrique est un élément important du choix du site. Elle est réalisée à partir de terre et la transformation de courant de 220 en 12 ou 24 V est réalisée soit à terre (Jager *et al.*, 1984; Champigneulle *et al.*, 1986a, b) ou sur la plate-forme supportant les cages. Il est donc nécessaire de disposer d'une possibilité de branchement électrique à proximité des cages. La fourniture d'énergie par panneaux photovoltaïques reste à tester. La facilité de surveillance et de maintenance doit être prise en compte.

Il est recommandé de pratiquer des élevages au stade expérimental avant de développer des installations de cages plus importantes sur un site donné.

4 MISE EN CHARGE ET BILAN DES PHASES D'ÉLEVAGE

L'analyse de la bibliographie indique des pratiques de mise en charge très variables (tab. I à III).

4.1 Phase 1

Pour un lac donné les résultats d'élevage dans la phase initiale varient fortement pour une année donnée avec la mise en charge et d'une année à l'autre pour une même mise en charge. Champigneulle *et al.* (1986a) ont montré, pour le site de la baie de Thonon au Léman en 1983, que la

survie à 50 jours diminuait de 36 à 25 et à 11 % quand la mise en charge passait de 4,3 à 8,6 et 17,2/l (tab. I). La densité de 8,6/l conduisant à la meilleure densité en fin de phase 1 a été choisie comme densité de référence dans les élevages ultérieurs au Léman. Les fluctuations de la production des cages avec cette mise en charge de référence pratiquée de 1983 à 1988 ont été analysées en prenant en compte la date de mise en charge et des paramètres du milieu (température et indice d'abondance du zooplancton). L'étude (Champigneulle et Rojas Beltran, 1990) a montré que la température de l'eau s'est avérée être le facteur initial majeur contrôlant la croissance initiale (10 premières semaines d'élevage) des larves ainsi que le gain moyen journalier de biomasse par cage entre la mise en charge et la récolte. Les résultats (survie, croissance, gain net journalier de biomasse) ont été très fluctuants et en moyenne faibles avec une mise en charge précoce (mi-février à début mars). Ils ont été améliorés par une mise en charge des alevins vésiculés plus tardive, de la mi-mars au début avril. Zaugg et Pedroli (1984) ont également montré un effet négatif très net de l'augmentation de la densité (gamme : 2,3 à 9,4/l) sur la survie au stade d'alevins démarrés (tab. I) ; la même densité finale (2,4 à 2,6/l) a été obtenue pour les mises en charge initiale augmentant de 4,7 à 9,4/l. Par contre dans le lac Dgalwielki en Pologne, Uryn (1979) n'a pas observé d'effet négatif avec une augmentation de la densité initiale

dans la gamme de 1,8 à 11,3/l. Cette dernière forte densité a permis d'obtenir avec une bonne survie (74 %) la plus forte production (8,3/l et 1,1 kg/m³) à 51 jours (Tab. II). Egloff (1984) a obtenu en 1983 des résultats encore meilleurs (12,5 alevins de 36 mm par litre) sur le bas Lac de Constance avec une mise en charge extrêmement forte de 31,2/l (tab. I). Sur des lacs polonais (Gieladzkie et Gluszynskie) Brylinski *et al.* (1979) ont obtenu de fortes densités à 43-44 jours (6,3 à 8,9/l) avec de fortes densités initiales (12,5 à 18,7/l) mais au détriment de la croissance (tab. II).

4.2 Deuxième phase

Les densités pratiquées avec des alevins démarrés de 20 à 200 mg au cours de la deuxième phase d'élevage sont généralement nettement plus faibles, variant entre 0,4 et 2,4/l (tab. I, II). La survie est généralement forte, variant entre 35 et 96 %. La densité de préestivaux de 3-4 à 7-8 cm récoltés en fin de printemps-tout début été varie le plus souvent entre 0,4 et 2 ind./l et la biomasse entre 0,4 et 1,9 kg/m³ (tab. I, II, III). Néanmoins le potentiel de production maximal au cours de la deuxième phase a rarement été évalué et, dans certains cas, il est possible que les mises en charges aient été trop faibles. En effet, avec des mises en charge plus élevées, il existe des lacs (Bourget (tab. III) ou Bas lac de Constance (tab. I)) ou des années pour lesquels la production de préestivaux peut être

Tableau I. – Expérimentations françaises, suisses et allemandes de production de corégones juvéniles (*Coregonus lavaretus*) en grand lac (21 500 à 58 240 ha) avec une mise en charge en alevins vésiculés à éclosion normale (AV) ou tardive AV(t) et en alevins déjà prégressés en cages (ADZ). (I, II, III). Phases de production.

Table I. – Synopsis of French, Swiss and German experiments of production in cages of juveniles whitefish (*Coregonus lavaretus*) in great lakes (21,500-58,240 ha) with stocking with normal (AV) or delayed yolk-sac fry AV(t) and with prefed fry (ADZ). Production stages (I, II & III).

Auteurs (Pays)	Lac (S en ha)	Mise en charge							Récolte								
		Phase	Cages m X V en m ³	Stade AV	L (mm)	P (mg)	N/m ³ (x1000)	Date	Date(Age)	S(%)	N/m ³ (x1000)	L mm	P (mg)	SGR %j ⁻¹	Poids kg/m ³		
CHAMPIGNEULLE et al. (1986 a,b) France	Léman (58240)	I	2 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	4,31	07/03/83	(50)	36	1,55						
		I	2 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	8,62	07/03/83	(50)	25	2,16						
		I	1 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	17,24	07/03/83	(50)	11	0,95						
		II	1 X 5,8 m ³	ADZ			1,55		14/06 (50)	59	0,92	46 (697)			0,64		
		II	2 X 5,8 m ³	ADZ			2,16		14/06 (50)	45	0,93	46 (751)			0,70		
		II	1 X 5,8 m ³	ADZ			0,95		14/06 (50)	63	1,22	46 (678)			0,82		
		I-II	1 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	4,31	07/03/83	14/06 (100)	21	0,92	46 (697)	4,8		0,64		
		I-II	1 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	8,62	07/03/83	14/06 (100)	11	0,93	46 (751)	4,8		0,70		
		I-II	1 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	17,24	07/03/83	14/06 (100)	7	1,22	46 (751)	4,7		0,82		
		I	2 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	8,62	19/02/88	18/04 (60)	22	1,88	16 (23)	2,2		0,04		
		I-II	3 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	8,62	19/02/88	09/06 (111)	21	1,81	50 (864)	4,5		1,56		
		I-II	3 X 5,8 m ³	ADZ	16	23	1,88	18/04/88	09/06 (51)	96	1,81	50 (864)	7,1		1,56		
		I	1 X 5,8 m ³	AV(t)	11,5	6	8,62	18/04/88	14/06 (57)	21	1,82	35 (278)	6,7		0,51		
		ZAUGG et PEDROLI 1984 (Suisse)	Neuchatel (21500)	I	1 X 3,4 m ³	AV		6	2,35	17/03/83	12/04 (26)	83	1,96				
				I	1 X 3,4 m ³	AV		6	4,70	17/03/83	12/04 (26)	52	2,45				
I	1 X 3,4 m ³			AV		6	7,05	17/03/83	12/04 (26)	35	2,45						
I	1 X 3,4 m ³			AV		6	9,40	17/03/83	12/04 (26)	28	2,65						
I-II	1 X 3,4 m ³			AV		6	2,94	12/04/83	11/07 (90)	28	0,82	33 (172)	3,7		0,14		
I-II	1 X 3,4 m ³			AV		6	5,88	12/04/83	11/07 (90)	28	1,65	34 (186)	3,8		0,26		
I-II	1 X 3,4 m ³			AV		6	11,76	12/04/83	11/07 (90)	6	0,71	30 (94)	3,1		0,07		
EGLOFF 1984 (Suisse)	Constance (53900)	I-II	4 X 8 m ³	AV	13,0	9	31,25	18/03/83	06/06 (79)	40	12,50	36 (290)	4,5		3,62		
		I-II	1 X 8 m ³	ADZ	36	290	6,25	06/06/83	13/07 (38)	72	4,50	76 (2300)	5,4		10,35		
		I-II	2 X 8 m ³	AV	12,7	8	12,50	04/04/84	08/06 (64)	74	9,25	35 (257)	5,4		2,45		
JAGER 1986 Allemagne		I	8 m ³	AV	12	7	5,25		(50)	90	4,69	20-25					
		II	8 m ³	ADZ	20-35	7	4,69		(50)	45	2,09	70					
		III	8 m ³	ADZ	70	7	0,63		(80)	90	0,56	100-120					

Table II. – Polish experiments of production in cages of whitefish (*Coregonus lavaretus*) juveniles in small lakes (47 to 811 ha) with a stocking of yolk-sac fry (AV) or fry prefed in cages (ADZ). Production stages (I, II & III).

Auteurs (Pays)	Lac (S en ha)	Mise en charge						Récolte						
		Phase	Cages m X V en m ³	Stade AV	L (mm)	P (mg)	N/m ³ (x1000)	Date	Date (Age)	S(%)	N/m ³ (x1000)	L (P) mm (mg)	SGR %j ⁻¹	Poids kg/m ³
BRYLINSKI et al. (1979) Pologne	Gieladzkie (476)	I	1 X 8 m ³	AV	12,7	8,4	0,64	30/03/74	15/03 (44)	82	0,53	26 (121)	6,1	0,06
		I	2 X 8 m ³	AV	12,7	8,4	1,81	30/03/74	15/03 (44)	87	1,56	26 (111)	5,9	0,17
		I	1 X 8 m ³	AV	12,7	8,4	12,50	30/03/74	15/06 (44)	71	8,87	21 (51)	4,1	0,45
	Gluszyńskie (608)	I	3 X 8 m ³	AV	12,4	8,1	6,25	03/04/74	16/05 (43)	43	2,71	19 (34)	3,3	0,09
		I	1 X 8 m ³	AV	12,4	8,1	18,75	03/04/74	16/05 (43)	33	6,25	17 (19)	2,0	0,12
	3 lacs (296 à 811)	I	10 X 8 m ³	AV	12,3 à 13,1	7,3 à 8,9	3,65 à 4,67	29/03/74 à 05/04	07/05 (32 à) à 23/05 (55)	59 à 67	2,45 à 3,16	19 à (35 à) 23 (68)	3,2 à 6,3	0,11 à 0,21
	4 lacs (47 à 811)	II	4 X 8 m ³	ADZ	20,7 à 27,0	51 à 126	0,87 à 1,80	07/05/74 à 27/05	02/07 (37 à) à 04/07 (57)	39 à 74	0,42 à 1,21	50 à (917 à) 68 (2351)	4,2 à 9,6	0,45 à 1,88
	4 lacs (47 à 811)	III	4 X 8 m ³	ADZ	49,7 à 68,4	917 à 2470	0,42 à 1,07	02/07/74 à 04/07	15/08 à 31/08	81 à 86	0,30 à 0,93	85 à (5467) 124 (à 13378)	1,6 à 3,8	1,53 à 6,50
URYN 1979 (Pologne)	Dgalwielki (100)	I	1 X 8 m ³	AV		7,9	1,76	30/03/74	21/05 (51)	85	1,49	(206)	6,4	0,31
		I	3 X 8 m ³	AV		7,9	4,56	30/03/74	21/05 (51)	74	3,39	(137)	5,6	0,47
		I	1 X 8 m ³	AV		7,9	11,30	30/03/74	21/05 (51)	74	8,33	(130)	5,5	1,09
		II	2 X 8 m ³	ADZ		168	0,48	22/05/74	07/07 (46)	90	0,44	(2059)	5,4	0,86
		II	3 X 8 m ³	ADZ		137	1,47	22/05/74	07/07 (46)	79	1,20	(1280)	4,9	1,39
		III	2 X 8 m ³	ADZ		797	0,13	08/07/74	04/10 (86)	79	0,10	(13924)	3,3	1,43
		III	3 X 8 m ³	ADZ		1566	0,74	08/07/74	04/10 (86)	86	0,65	(9537)	2,1	4,99
MAMCARZ et SZCERBOWSKI 1984 (Pologne)	Leginski (224)	I	8 m ³	AV		0,41-5,82		25/04/77	28/06	73		30-50 (201-1000)		
		I	8 m ³	AV		0,41-5,82		25/04/78	7/06	51				
		I	8 m ³	AV		0,41-5,82		23/04/79	9/06	3				
		II	8 m ³	ADZ	30-50	0,29-4,26		28/07/77	9/08	29		49-74 (800-2900)		
		II	8 m ³	ADZ	30-50	0,29-4,26		07/06/78	26/08	43		60-71 (1400-2400)		

Tableau III. – Expérimentations de production en cages éclairées de préestivaux de corégones (*Coregonus lavaretus*) avec une mise en charge d'alevins démarrés sur aliment sec (ADG) comparativement aux alevins vésiculés à éclosion normale (AV) ou tardive AV(t). (*): cage avec apport d'aliment sec. (**): cage avec panne d'éclairage.

Table III. – Production experiments of whitefish juveniles (*Coregonus lavaretus*) in illuminated cages stocked with fry prefed in tanks on dry diet (ADG) in comparison with normal (AV) or delayed AV(t) yolk sac fry. (*) cage with additional dry food. (**) cage with a lighting failure.

Auteurs (Pays)	Lac (S en ha)	Mise en charge						Récolte						
		Cages Phase m X V en m ³	Stade AV	L (mm)	P (mg)	N/m ³ (x1000)	Date	Date(Age)	S(%)	N/m ³ (x1000)	L mm	P (mg)	SGR % ⁻¹	Poids kg/m ³
CHAMPIGNEULLE et ROJAS BELTRAN (présente étude) (France)	Bourget (4400)	I-II 1 X 8 m ³	AV	11,2	6	2,50	13/03/87	18/06 (97)	43	1,07	55(1181)		5,4	1,39
		1 X 8 m ³	AV	11,2	6	2,50	03/03/87	07/07 (116)	9**	0,23**	46 (588)		4,0**	0,13**
		I-II 2 X 8 m ³	ADG	16,4	19	1,06	24/03/88	26/05 (63)	79	0,85	56 (1126)		6,4	0,96
		II 2 X 8 m ³	ADG	17,6	31	1,06	09/03/89	06/06 (90)	81	1,01	54 (954)		3,9	0,99
		I-II 1 X 8 m ³	AV	11,6	6	6,25	05/03/90	19/05 (74)	57	3,55	41 (480)		5,9	1,70
		II 2 X 8 m ³	ADG	15,2	15	5,00	07/03/90	19/05 (72)	56	2,80	42 (492)		4,9	1,38
		II 1 X 8 m ³	ADG	19,9	34	2,50	26/03/90	19/05 (53)	49	1,21	49 (826)		6,0	1,00
		II 1 X 8 m ³	ADG	39,9	376	1,55	04/05/90	19/05 (14)	89	1,38	51 (951)		6,6	1,31
		II 3 X 8 m ³	ADG	14-17,2	12-23	4,37-5,62	15/03/91	29/05 (75)	59	3,08	45 (586)		4,9	1,80
		II 2 X 8 m ³	ADG	26,2	91	1,25-1,50	20/04/91	29/05 (39)	93	1,29	45 (580)		4,8	0,75
		I-II 3 X 8 m ³	AV	11,2	6	11,25	27/02/92	29/05 (92)	52	5,95	44 (748)		5,3	4,45
		II 3 X 8 m ³	ADG	13,6	11	5,63	02-05/03/92	29/05 (84-87)	40	2,28	55 (1387)		5,7	3,16
		I-II 3 X 8 m ³	AV	11,2	6	9,88	16/02/93	27/05 (100)	40	3,99	33 (334)		4,0	1,33
		II 3 X 8 m ³	ADG	15,9	21	8,75	08/04/93	27/05 (49)	60	5,29	41 (566)		6,5	2,99
CHAMPIGNEULLE et ROJAS BELTRAN 1990 (France)	Léman (58240)	I 2 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	8,62	19/02/88	18/04 (60)	22	1,88	16 (23)		2,2	0,04
		I-II 3 X 5,8 m ³	AV	11,5	6	8,62	19/02/88	09/06 (111)	21	1,81	50 (864)		4,5	1,56
		II 3 X 5,8 m ³	ADZ	16	23	1,88	18/04/88	09/06 (51)	96	1,81	50 (864)		7,1	1,56
		I 1 X 5,8 m ³	AV(t)	11,5	6	8,62	18/04/88	14/06 (57)	21	1,82	35 (278)		6,7	0,51
		II 1 X 5,8 m ³	ADG	18,8	30	1,55	18/04/88	08/06 (51)	87	1,36	47 (674)		6,1	0,91
ROSCH et ECKMANN 1986 (Allemagne)	Constance (53900)	II 1 X 1 m ³	ADG	22	45	1,81		(33)	98	1,76	42 (529)		8,4	0,93
		II 1 X 1 m ³	ADG	24	78	0,97		(33)	86	0,84	45 (678)		7,4	0,57
		II 1 X 1 m ³	ADG	27	109	1,06		(33)	90	0,95	54 (1190)		8,3	1,13
MAMCARZ et KOZLOWSKI 1991 (Pologne)	Leginskie (224)	II 1 X 4,7 m ³	ADG	20	41	3,62	10/04/90	12/06 (64)	75	2,71	64 (2000)		2,7	5,43
		II 1 X 4,7 m ³	ADG	20	41	3,62	10/04/90	12/06 (64)	65	2,35	64 (1900)		2,6	4,46
		I-II 1 X 4,7 m ³	AV	7	7	3,46	10/04/90	12/06 (64)	80	2,77	46 (700)		1,9	1,94
		I-II 1 X 4,7 m ³	AV	7	7	3,46	10/04/90	12/06 (64)	66	2,28	42 (500)		1,7	1,14

nettement supérieure (4 à 12,5 ind./l et 2,4 à 10,4 kg/m³).

4.3 Troisième phase

Les productions de juvéniles en été-début automne ont surtout été testées en Pologne (Brylinski *et al.*, 1979; Uryn, 1979; Dembinski et Falkowski, 1983; Mamcarz et Szczerbowski, 1984) et en Allemagne (Jager, 1986) avec des densités initiales en préestivaux variant entre 0,13 et 1,1 ind./l. La survie est généralement forte (79 à 93%) mais la production finale reste assez faible avec 0,1 à 0,9 ind. de 9-12 cm/l pour une biomasse de 1,5 à 6 kg/m³ (Tab. I, II, III). Dans d'autres cas comme celui du lac Leginski (Mamcarz et Szczerbowski, 1984) les résultats sont moins bons (tab. II) en liaison avec des problèmes de parasitisme, de moins bonnes conditions physico-chimiques et de la raréfaction estivale du zooplancton. Selon Dembinski et Falkowski (1983), dans la plupart des lacs, il est difficile de produire en masse beaucoup de juvéniles en phase 3 sans apport extérieur de nourriture.

4.4 Utilisation d'alevins démarrés sur aliment sec

Le développement récent des productions de juvéniles sur aliment sec (Champigneulle et Rojas Beltran, 1990) a permis de développer une nouvelle technique de production en cages utilisant pour la mise en charge des alevins démarrés produits sur ali-

ment sec (tab. III). Cette technique a été testée avec succès en France dès 1988 dans le Léman et le lac du Bourget. Un premier essai pratiqué en 1988 au Léman a montré qu'une mise en charge (1,9 ind/l) tardive, en mi-avril, avec des alevins prégrossis sur aliment sec ($L = 17-18$ mm; $P = 20-30$ mg) conduisait en juin à un bon taux de survie ($> 75\%$) et à l'obtention d'une taille identique à celle obtenue avec une mise en charge à la mi-février avec des alevins vésiculés. Ces bons résultats ont été confirmés la même année et en 1989 au lac du Bourget avec une mise en charge de 1,1 al.prégrossis/l (Champigneulle et Rojas Beltran, 1990; tab. III). Dans ce dernier lac, la technique a été développée à plus grande échelle et avec de plus fortes mises en charge à partir de 1990 (tab. III). Des mises en charge en mars-début avril avec 4,4 à 8,8 alevins démarrés de 14-20 mm/l ont permis d'obtenir avec une survie de 40 à 56% des préestivaux de 4-6 cm en fin mai (tab. III). La densité et la biomasse finale sont élevées (2,3-5,3 ind./l; 1,4-3,2 kg/m³). L'expérimentation menée en 1990-91 a montré que des alevins élevés sur aliment sec jusqu'à 26-40 mm (91-376 mg) et déversés en cage de 8 m³ (1,3-1,6 ind./l) avaient une très bonne survie (89-93%), résultat qui complète celui obtenu à petite échelle par Rosch et Eckmann (1986) en cages de 1 m³ (tab. III).

Cette nouvelle technique permet de mieux optimiser le potentiel de production des cages. Elle permet de choisir une période de mise en charge

plus tardive dans des conditions plus favorables (température et densité en zooplancton plus élevées) avec un stade de juvénile moins sélectif vis-à-vis de la taille et du type de zooplancton. Par ailleurs, la mise en charge peut être directement pratiquée dans des poches à maillage plus grand, ce qui facilite l'entrée du zooplancton et améliore les conditions physico-chimiques à l'intérieur des cages.

5 FACTEURS DE PRODUCTION. MORTALITÉ

5.1 Caractéristiques initiales des larves

Une part importante de la mortalité peut intervenir dans la première partie de l'élevage (Champigneulle *et al.*, 1986a, b). La mise en charge doit être faite avant le stade de fin de résorption ou du point de non retour comme décrit par Dabrowski (1989). De fortes mortalités ont été observées avec des mises en charges pratiquées avec des alevins démarrés atteints de cytophagales (Champigneulle *et al.*, 1992). Rojas Beltran *et al.* (1995) ont par ailleurs mis en évidence une forte variabilité dans la qualité des alevins démarrés utilisables pour la mise en charge des cages. Ils proposent des premiers tests d'appréciation de la vitalité des larves.

5.2 Transport

Il faut éviter de transporter et de faire une mise en charge avec des alevins démarrés lorsqu'ils présentent

une phase de mortalité accrue dans leurs bacs d'origine car des mortalités majeures sont alors observées durant le transport et pendant les premiers jours en cage (Champigneulle *et al.*, 1991, 1992). Il faut transporter séparément et ne pas mélanger dans les cages des alevins de tailles trop différentes. En effet, on peut observer des problèmes de cannibalisme ou d'attaques entre alevins de tailles différentes (Champigneulle *et al.*, 1992).

5.3 Qualité physico-chimique du milieu

Le principal problème rencontré est le développement algal sur les parois des cages qui, en colmatant les mailles, limite la circulation d'eau et donc réduit les apports en oxygène et l'élimination des déchets (Zaugg et Pedrolì, 1986). Ces problèmes peuvent être réduits par un nettoyage régulier (au moins hebdomadaire) des poches avec un jet d'eau sous pression orienté de l'intérieur vers l'extérieur de la cage (Champigneulle *et al.*, 1986a). Par ailleurs, il est conseillé de changer les poches en passant à un maillage supérieur au fur et à mesure de la croissance des alevins (Jager, 1986; Zaugg et Pedrolì, 1986). Dans le cas des cages immergées, il est possible d'éviter la couche de surface où le développement algal est le plus important. Mamcarz (1990b) a observé des mortalités de larves de *C. peled* en cages liées à des fortes sursaturations gazeuses. Dans le cas du lac du Bourget un comportement d'écartement operculaire a été obser-

vé sur des alevins de 3-4 cm en cages lors à de fortes sursaturation (> 150% en oxygène), cependant il n'y pas eu de fortes mortalités.

5.4 Alimentation

Plusieurs études (Mamcarz et Murawska, 1988; Rojas Beltran *et al.*, 1991, 1992a) ont montré qu'en début d'élevage en cage les alevins de *Coregonus lavaretus* se nourrissent de copépodes (nauplii et copépodites au début) puis de cladocères et de copépodes adultes. Une étude au Léman (Rojas Beltran *et al.*, 1991, 1992a) a montré que les calanides étaient abondants dans l'estomac des larves sauvages et dans le zooplancton à proximité des cages alors qu'ils étaient peu représentés dans les contenus stomacaux des alevins des cages qui contenaient surtout des Cyclopidés. Une hypothèse explicative est que les grandes antennes des calanides gênaient leur passage au travers des petites mailles (0,8 mm) des filets utilisés.

Les besoins augmentent très rapidement avec la taille des alevins et la température de l'eau. Flüchter (1980) indique qu'à 10 °C les alevins de 12 et 29 mm mangent respectivement 20 et 200 Artémies par jour. En revanche, selon Dabrowski *et al.* (1986) à 16 °C des alevins de même taille seraient capables d'ingérer journalièrement respectivement environ 900 et 3 140 nauplii d' *Artemia*. Selon Dabrowski (1976), les alevins de *C. lavaretus* consomment au cours des 2 premières semaines d'alimentation

80-97 proies par jour et selon Braum (1967) la consommation journalière est de 13-14 proies au cours des trois premiers jours à 11 °C.

5.5 Problèmes

Il peut y avoir un apport en zooplancton en quantité insuffisante et dans ce cas la mise en charge doit être diminuée ou si cela est possible (cages ouvertes à la surface) il est nécessaire de pratiquer un apport complémentaire en aliment sec. Ce cas s'est présenté dans les élevages de surface au lac d'Aiguebelette (Champigneulle *et al.*, 1992). Le manque de nourriture adaptée peut être révélé par la présence dans les contenus stomacaux de périphyton présent sur les parois des cages (Marciak, 1979; Rojas Beltran *et al.*, 1992a). Une étude dans le lac Leginskie en Pologne a montré que l'abondance de zooplancton (copépodes et cladocères) est multipliée par 1,4 de nuit autour des cages (Szczerbowski et Mamcarz, 1984). Dans ce lac, plusieurs espèces de poissons (ablette, gardon et perche) se rassemblent autour des cages pour manger le plancton, ce qui limite fortement son entrée dans les cages.

Il peut également y avoir des problèmes liés à la qualité du plancton. Le plancton lacustre peut induire occasionnellement des mortalités, par exemple en étant l'hôte intermédiaire de parasites internes (cas du *Proteocephalus* dans les copépodes). Eckmann *et al.* (1986) ont mis en évidence dans des élevages de coré-

gonés aux printemps 1983 et 1984 l'existence de très fortes mortalités (> 85 %) qui ont été reliées à des substances non identifiées associées aux *Cyclops vicinus* du haut lac de Constance avec lesquels ils étaient nourris.

Les pannes d'éclairage doivent être rapidement détectées car elles conduisent à une diminution de l'apport en zooplancton suivie d'un ralentissement de la croissance (tab. III) et des mortalités accrues si elles durent; des alevins de 17-20 mm démarrés sur zooplancton atteignent le taux de 50 % de mortalité après 1 à 2 semaines de jeûne (Rojas Beltran *et al.*, 1992a).

Il est recommandé de suivre les fluctuations d'abondance du zooplancton autour des cages en pratiquant des traits verticaux à chaque fois identiques, par exemple entre 5-6 m et la surface avec un filet à plancton (ouverture : 0,35 m, maille : 200 microns). Par ailleurs, l'évolution de la prise d'aliment peut être suivie par l'étude des contenus stomacaux. Au démarrage le pourcentage de larves s'alimentant (indice de réplétion) peut être régulièrement évalué de façon simple en observant par transparence un échantillon de 50 à 100 larves.

5.6 Pathologie

Mamcarz et Worniallo (1986) ont mis en évidence l'existence de fortes mortalités d'alevins de *C. lavaretus* en cages éclairées liées à des déformations et à la destruction des lamelles

branchiales, consécutives à un bloom de *Ceratium hirundinella* (algues Dinophycées). Les auteurs recommandent de ne pas pratiquer l'élevage en cages éclairées dans les lacs à fort développement de *Ceratium*. Comme le phototaxisme positif de *Ceratium* favorise sa concentration dans les cages éclairées, en cas de développement ponctuel, il est cependant possible de stopper momentanément l'éclairage.

Les problèmes pathologiques les plus courants sont les parasites (*Chilodonella*, *Trichodina*, *Argulus*, *Ergasilus*, *Ichthyophthirius*, *Proteocephalus*). Les infestations peuvent rester mineures (Baturu, 1979) ou provoquer des mortalités massives (94 % en début août, Mamcarz et Szczerbowski, 1984). Selon Mamcarz et Nowak (1987), le système de cages de surface cylindro-coniques facilite la manipulation des alevins et la pratique de traitements contre les parasites externes (formol) ou les infections branchiales (chloramine T).

6 ASPECTS ÉCONOMIQUES

Il existe très peu de données publiées sur les rapports efficacité – coûts d'opérations de production de juvéniles de corégones en cage suivies de leur relâcher en lac. Une évaluation sur la base des données de Boutry (1983) indique un prix de revient (salaires compris) des préestivaux produits en 1983 en cages au Léman légèrement inférieur à 1 FF

pièce malgré la faible production par cage (5 000). Champigneulle et Gerdeaux (1992) ont montré l'existence de bons taux de recapture (25 kg pour 1 000 préestivaux), malgré la petite taille (3-4,5 cm) de ces mêmes préestivaux. L'étude a cependant montré que ces opérations étaient trop à la limite de la rentabilité pour justifier un accroissement de l'utilisation des cages dans le contexte du Léman.

Dans d'autres situations les coûts peuvent être nettement plus faibles. Jager (1986) a évalué à 25-50 marks le coût de production (salaires exclus) de 1 000 corégones de 7 cm produits dans le cadre d'une production commerciale. D'après Egloff (1984) le coût d'une installation de 7 cages sur une jetée serait de 100 000 FF et elle permettrait la production de 200.000 préestivaux et de 100.000 estivaux avec 20 000 FF de fonctionnement (salaires inclus représentant 85 % du fonctionnement). Cette production dont le coût est évaluable à 30-40 000 FF a été vendue à 200 000 FF. La part essentielle des coûts de production est due au travail et à la fourniture des alevins pour la mise en charge. Dans le cas du lac du Bourget, la participation en travail importante des pêcheurs professionnels (pêche de reproducteurs pour la récolte des œufs et gestion des cages) et les bons résultats de production des cages ont permis de très rapidement amortir l'installation (Champigneulle *et al.*, 1992). Les juvéniles relâchés contribuent très fortement à la réhabilitation du stock autochtone de ce lac (Champigneulle *et al.*, 1994 a).

7 CONCLUSION

La technique des cages éclairées installées dans des plans d'eau riches en zooplancton est une technique efficace pour l'élevage des juvéniles de corégones jusqu'en fin de printemps et début été. Au delà de cette période la poursuite du grossissement devient plus aléatoire. Cette technique offre également des possibilités intéressantes pour le démarrage d'autres espèces pouvant être zooplanctonophages au début de leur vie et/ou difficiles à démarrer sur aliment sec (ex. : omble chevalier, brochet jusqu'avant le stade de cannibalisme, truite fario sauvage). Dans le cas de corégones, les techniques testées se sont avérées être rapidement transférables au stade de développement.

Il existe une large gamme de systèmes de cages permettant d'optimiser le choix de la technique en fonction du site (cf. dans les références bibliographiques fournies). Les techniques utilisables sont plus faciles à mettre en œuvre sur des sites très abrités car il est alors possible d'utiliser des cages ouvertes à la surface, ce qui permet un meilleur contrôle ainsi que des possibilités d'apport complémentaire d'aliment artificiel. Dans tous les cas il est indispensable de régulièrement nettoyer les cages et d'accroître leur maillage au fur et à mesure de la croissance des juvéniles.

Les nouvelles possibilités de diversification de l'élevage larvaire (obtention d'alevins vésiculés tardifs, démarrage des larves de corégones

sur aliment sec en éclosérie) permettent d'optimiser la mise en charge en fonction du milieu et donc d'accroître et de régulariser la production de juvéniles de corégones en cages.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé, en partie, grâce à une convention INRA-APERA (Association pour la mise en valeur piscicole des Plans d'Eau en Rhône-Alpes). Nous tenons à remercier vivement les services de la D.D.A.F. de la Haute-Savoie (M. Michoud) et de la Savoie (J.C. Brun) ainsi que les Associations des pêcheurs professionnels des lacs Léman et du Bourget et les AAPP des lacs Aiguebelette et Laffrey.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baturo B. 1979. The health condition of peled fry (*Coregonus peled*) in the illuminated lake cages. *Third Europ. Ichthyol. Congress*, Warsaw, Poland., Sept. 1979.
- Boutry E. 1983. Les corégones du Léman : pêche, repeuplement et essais d'élevage de juvéniles en cages immergées. *Rapp. Inst. Limnol. Thonon*, 10 : 32 p.
- Braum E. 1967. Ecological aspects of the survival of fish eggs, embryos and larvae. *The biological basis of freshwater fish production*. Gerking ed., Blackwell Scient. Pub., Oxford : 113-131.
- Brylinski E., Radziej J. & Uryn B. 1979. Pdcchow wylegu i naybku siei (*Coregonus lavaretus*) w oswietlonych sadzacz jeziorowych. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 99 : 55-57.
- Champigneulle A. 1983. Compte rendu de mission en Pologne (22/05-1/06/1983), 1 vol. : 17 p.
- Champigneulle A. & Rojas Beltran R. 1990. First attempts to optimize the mass rearing of whitefish (*Coregonus lavaretus*) larvae from Lemman and Bourget lakes (France) in tanks and cages. *Aquat. Living Resour.*, 3 : 217-228.
- Champigneulle A. & Gerdeaux D. 1992. Survey of experimental stockings (1983-85) of lake Geneva with spring prefed *Coregonus lavaretus* fry (3-4,5 cm). *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 39 : 721-729.
- Champigneulle A., Guillard J. & Rojas Beltran R. 1991. Programme pilote et recherches appliquées au pacage lacustre de Salmonidés (octobre 1991). *Rapport Inst. Limnol. Thonon.*, 61 : 78 p.
- Champigneulle A., Rojas Beltran & Vincent G. 1992. Programme pilote et recherches appliquées au pacage lacustre de salmonidés (Octobre 1992). *Rapport Inst. Limnol. Thonon.*, 66 : 43 p.
- Champigneulle A., Boutry E., Dewaele P. & Maufroy C. 1986a. Rearing of larvae of Lake Lemman coregonids in France. Preliminary data on the production in small ponds, illuminated cages and tanks. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22 : 241-264.
- Champigneulle A., Rojas Beltran R., Gerdeaux D. & Gillet C. 1994a. Programme pilote et recherches appliquées au pacage lacustre de Salmonidés (Février 1994) : II – Rapport final des travaux sur les corégones. *Rapport Inst. Limnol. Thonon*, 73 : 75 p.
- Champigneulle A., Rojas Beltran R., Gillet C. & Michoud M. 1994b. Maîtrise de l'élevage en bassins avec un aliment sec des corégones (*Coregonus lavaretus*) pour le repeuplement. *La Pisciculture Française*, 116, 4-26.

- Champigneulle A., Michoud M., Ducret L., Foussat G., Mudry H., Noel D. & Zegna G. 1986b. Etude de la production de préestivaux de corégone (*Coregonus* sp.) en cages éclairées immergées dans le Léman. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 300 : 1-12.
- Dabrowski K. 1976. How to calculate the optimal density of food for fish larvae? *Env. Biol. Fish.*, 1 : 87-89.
- Dabrowski K. 1989. Formulation of a bioenergetic model for Coregonine early life history. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 118 : 138-150.
- Dabrowski K., Takashima F. & Strussmann C. 1986. Rearing coregonid larvae with live and artificial diets. *Bull. Jap. Soc. Scient. Res.*, 52 : 23-32.
- Dembinski W. & Zurowska H. 1973. Rearing of whitefish and peled fingerlings in drifting cages. *Gosp. Rybna*, 1 : 4-8.
- Dembinski W. & Falkowski S. 1983. Rearing of young forms of vendace (*Coregonus albula*), lake whitefish (*C. lavaretus*) and peled (*C. peled*) in surface lake cages. *Rocz. Nauk. Roln.*, 100 : 7-55 (in polish; english summary).
- Eckmann R., Rosch R., Ortlepp J. & Kleinfeld G. 1986. Survival and growth of coregonid larvae from Lake Constance fed on zooplankton from different origins. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22 : 204-214.
- Egloff K. 1984. Expériences réalisées dans le port de Steckborn (Lac inférieur de Constance) avec des corégones élevés à l'intérieur de cages en filet. *Cahier de la pêche*, Berne, 43 : 12-34.
- Flüchter J. 1980. Review of the present knowledge of rearing whitefish (*Coregoninae*) larvae. *Aquaculture*, 19 : 191-208.
- Jager T. 1986. Economic aspects of a coregonid culture in illuminated net cages. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22 : 213-239.
- Jager T., Nellen W. & Sell H. 1984. Beleuchtete Netzgehegeanlagen zur Aufzucht von Fischbrut bis zur Setzlingsgrösse. Eine Bauanleitung und Aufzuchtbeschreibung. *Berichte Institut für Meereskunde*, 126, 1 vol. : 72 p.
- Luczynski M. 1989. Thermal manipulation of the course of early ontogeny in coregoninae. Proceedings of the symposium on rearing of salmonid fishes, 1988-11-22-23, Marianske lake, Czechoslovakia : 40-69.
- Makinen T.T. & Koskela J. 1988. Temperature tolerance of newly hatched whitefish (*Coregonus muskun*) larvae. *Finn. Fish Res.*, 9 : 329-332.
- Mamcarz A. 1988. Development of schooling behaviour in coregonid larvae in illuminated cages. *Finn. Fish. Res.*, 9 : 323-328.
- Mamcarz A. 1990a. Studies on cage rearing of the coregonid fishes (coregonidae) in different water bodies. I Characteristics of abiotic factors. *Acta Acad. Agric. Tech. Olsz.*, 18 : 47-64.
- Mamcarz A. 1990b. Studies on cage rearing of the coregonid fishes in different water bodies. II Gas bubble disease of peled (*Coregonus peled*) larvae. *Acta Acad. Agric. Tech. Olsz.*, 18 : 65-76.
- Mamcarz A. & Szczerbowski J.A. 1984. Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cages. I Growth and survival of *Coregonus lavaretus* and *Coregonus peled*. *Aquaculture*, 40 : 135-145.
- Mamcarz A. & Worniallo E. 1986. Effect of diatom blooms on the gills of whitefish (*Coregonus lavaretus*) reared in illuminated cages. *Aquaculture*, 53 : 1-5.
- Mamcarz A. & Nowak M. 1987. New version of an illuminated cage for coregonid rearing. *Aquaculture*, 65 : 183-188.
- Mamcarz A. & Kozłowski J. 1988. An automatic food dispenser for coregonid larvae reared in illuminated cages. *Aquac. Engineer.*, 8 : 73-77.
- Mamcarz A. & Murawska E. 1988. Studies on the larvae and feeding of the two Coregonidae species during its first

- year of growth in illuminated cages. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 28 : 51-71.
- Mamcarz A. & Kozłowski J. 1991. A combined rearing system of tanks and illuminated cages for coregonid larvae. *Larvi'91 - Fish and crustacean larvi-culture symposium. Europ. Aquac. Soc., Spec. pub.*, 15 : 284-286.
- Mamcarz A. & Kozłowski J. 1992. Rearing peled (*Coregonus peled*) larvae in illuminated cages with supplemental utilization of artificial feed. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 39 : 703-711.
- Marciak Z. 1979. Food preference of juveniles of three coregonid species reared in cages. *Cultivation of fish fry and its live food. Europ. Mar. Soc., Spec. Publ.*, 4 : 127-137.
- Rasmussen K. 1988. Results of the rearing of whitefish in the hypertrophic Hjarbaek Fjord, Denmark. *Finn. Fish. Res.*, 9 : 425-434.
- Rosch R. & Eckmann R. 1986. Survival and growth of prefed *Coregonus lavaretus* held in illuminated net cages. *Aquaculture*, 52 : 245-252.
- Rojas Beltran R., Balvay G. & Tunowski J. 1992a. Survival, growth and feeding of *Coregonus lavaretus* fry using three stocking practices in cages submerged in lake Geneva. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 39 : 693-702.
- Rojas Beltran R., Champigneulle A. & Vincent G. 1995. Towards a better description of the variability and quality of batches of *Coregonus lavaretus* L. larvae reared on dry diets. *Archiv für Hydrobiologie. Spec. Issues Advan. Limnol.*, 46, 315-324.
- Rojas Beltran R., Champigneulle A., Gillet C. & Le Rouilly N. 1992b. Influence of egg source, initial characteristics, and rearing conditions on the growth, survival, and development of *Coregonus lavaretus* L. larvae initially fed on a dry diet. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 39 : 683-691.
- Rojas Beltran R., Balvay G., Tunowski T., Gerdeaux D. & Guillard J. 1991. Relations trophiques zooplancton-poissons dans le lac Léman : première approche de l'alimentation des larves de *Coregonus lavaretus* en conditions naturelles et semi-naturelles. *Hommage à F.A. Forel. J.P. Vernet Ed.*, Morges, Suisse : 128-131.
- Straub M. 1984. Etudes et premières expériences d'exploitation réalisées avec des cages en filet immergées dans le Greifensee. *Cahiers de la pêche*, Berne, 43 : 25-52.
- Szczerbowski J.A. & Mamcarz A. 1984. Rearing of coregonid fishes (*Coregonidae*) in illuminated lake cages. II Environmental conditions during fish rearing. *Aquaculture*, 40 : 147-161.
- Uryn B.A. 1979. Farming of juvenile whitefish (*Coregonus lavaretus*) in submerged illuminated cages. *Europ. Aquacult. Marin. Soc. Spec. pub.*, 4 : 289-297.
- Uryn B.A. 1983. The effect of artificial light on the results of rearing of whitefish (*Coregonus lavaretus*) stocking material in submerged lake cages. *Rocz. Nauk. Rol.*, 100 : 197-217.
- Zaugg B. & Pedrolì J.C. 1984. Elevages de jeunes poissons en cages éclairées, immergées dans le milieu naturel : expérimentation d'une pisciculture flottante sur le lac de Neuchâtel (Suisse). *Rapport Inspection Cantonale de la Pêche du Canton de Neuchâtel*, 1 vol. : 45 p.
- Zaugg B. & Pedrolì J.C. 1986. The rearing of young fish in illuminated net cages in Lake Neuchâtel, Switzerland. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22 : 215-230.