

## Introductions et élevage du poisson-spatule *Polyodon spathula* en Europe

Arcadie Vedrasco<sup>ab</sup>, Vitali Lobchenko<sup>a</sup>, Roland Billard<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup> Institut de recherche sur les pêches et l'aquaculture Chisinau, Moldavia

<sup>b</sup> MNHN, Laboratoire d'ichtyologie, 43, rue Cuvier, 75231 Paris cedex 05, France

Reçu le 5 mai 2000 ; accepté le 26 juillet 2001

---

**Abstract – Introductions and culture of the paddlefish *Polyodon spathula* in Europe.** Five thousand paddlefish *Polyodon spathula* hatched larvae (3–4 d) originating from the USA (Missouri) were first introduced in eastern Europe in the former USSR in 1974, in the framework of the bilateral scientific cooperation between the two countries. This first attempt was partly successful; at the end of the second year there were only few survivors (600–900 g) which reached sexual maturity later and reproduced in 1984 and 1986. Further introductions were carried out, one in 1976, apparently not successful (no written report available), and one in 1977 which ended with the production of cohorts in two experimental hatcheries (Goreachi Cluch and Krasnodar-Ikreneo). In 1978, one hundred specimens were exported from Goreachi Cluch to Moldavia and grown in several fish farms in polyculture condition up to maturity with successful reproduction of three females in 1988 and 1989. From Moldavia, juvenile paddlefish were exported to Ikreneo and to Romania and Hungary. The Nucet research station in Romania also imported *P. spathula* from the USA in 1992, 1993 and 1994 (around 2 000 each time). In Russia, Moldavia and Romania, significant research activities were carried out on this species and presently its culture has started in commercial farms for meat production. The possibility of producing caviar was shown in a Copernicus project. *P. spathula* is produced in polyculture and comes as a complement or even as partial replacement of carps and has higher commercial value. Now, the problem is that the second generation present in Russia, Moldavia, Romania and possibly Hungary, is derived from a very limited number of parents with risks of loss of genetic variability. © 2001 Ifremer/CNRS/INRA/IRD/Cemagref/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**paddlefish / filter-feeding / fish introduction / polyculture / *Polyodon spathula* / Europe**

**Résumé –** Cinq mille larves de poisson-spatule *Polyodon spathula* âgées de 3–4 jours, en provenance du Missouri aux États-Unis, ont été introduites dans l'ex-URSS, en 1974 dans le cadre des accords de coopération scientifique entre les deux pays. Cette première tentative n'a été que partiellement réussie ; seuls quelques survivants ont atteint 600–900 g après 2 ans puis la maturité sexuelle et se sont reproduits en 1984 et 1986. L'élevage de cette espèce étant apparu possible, de nouvelles introductions ont eu lieu, l'une en 1976, qui fut sans succès et une autre en 1977, réparties dans deux écloseries (Goreachi Cluch et Krasnodar-Ikreneo). En 1978, une centaine des spécimens de Goreachi Cluch ont été exportés en Moldavie et élevés en polyculture dans plusieurs piscicultures où la reproduction de trois femelles a été obtenue en 1988 et 1989. Des juvéniles issus de ces reproductions ont été exportés en URSS (Ikreneo) et en Roumanie et Hongrie. Par ailleurs, la station de recherches de Nucet en Roumanie a importé des larves de poisson-spatule des États-Unis en 1992, 1993 et 1994 (environ 2 000 larves à chaque introduction). Dans ces différents pays, des recherches ont été conduites sur cette espèce. Actuellement, la production commerciale a débuté en Russie et Moldavie pour la chair, et il a été montré, dans le cadre d'un projet CE Copernicus, qu'il était possible de produire du caviar. *P. spathula* peut venir en complément ou en substitution partielle de carpes, en polyculture et a une valeur commerciale plus élevée. Le problème est que la seconde génération présente en Russie, Moldavie, Roumanie, et peut être en Hongrie, est dérivée d'un nombre limité de parents, avec des risques de perte de variabilité génétique. © 2001 Ifremer/CNRS/INRA/IRD/Cemagref/Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**poisson-spatule / poisson filtreur / introduction d'espèces / polyculture / *Polyodon spathula* / Europe**

---

\*Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : billard@mnhn.fr (R. Billard).

## 1. INTRODUCTION

Les hydrobiologistes soviétiques ont cherché à diversifier les espèces en élevage en particulier dans les systèmes de polyculture en étangs, lacs ou réservoirs où l'objectif est d'utiliser les différents niveaux du réseau trophique de ces milieux pour améliorer la croissance des poissons. C'est ainsi que des carpes de Chine ont été introduites, dès la fin des années 1950. En 1960, un chercheur soviétique, Ilyin, avait proposé d'introduire des États-Unis des poissons-spatule *Polyodon spathula* (Walbaum, 1792), poisson Chondrostéen filtreur, dans le sud de l'URSS où le plancton était abondant et la saison de croissance plus longue qu'au nord. Un peu plus tard, une publication de Vasiliewskii (1971) donnait des détails sur la systématique et la biologie du genre *Polyodon* et en particulier de *P. spathula* qui était peu connu en URSS (il faut noter qu'un autre Polyodontidé, *Psephurus gladius*, existe dans le fleuve Amour mais il est piscivore). Finalement, un processus d'introduction de *P. spathula* a été engagé dès 1974.

Le poisson-spatule, dont l'écologie a été revue par Jennings et Zigler (2000), atteint une taille de 2,5 m et un poids de 100 kg à plus de 30 ans d'âge. Comme les autres Acipensériformes, il est dépourvu d'écaille et la maturité sexuelle a lieu à l'âge de 4–9 ans pour les mâles et 6–12 ans pour les femelles. Cette espèce est planctonophage et capture des proies par filtration de grands volumes d'eau. Les juvéniles de moins de 12 cm capturent surtout du zooplancton, et au-delà de 20 cm, lorsque l'appareil filtreur se met en place, ils consomment du zooplancton et occasionnellement des insectes (larves et adultes) et des débris en suspension (Costache et al., 1998). *P. spathula* aurait la capacité de détecter et de capturer les daphnies par les bruits qu'elles émettent (Russel et al., 1999) donnant à penser que la filtration ne serait pas seulement passive. Cette alimentation du poisson-spatule, à base de plancton, justifiait son introduction dans les systèmes de polyculture d'autant que sa croissance était réputée meilleure que celles des espèces conventionnelles (Sokolsky et al., 1999).

Cet article fait le point sur les introductions de cette espèce faites en Europe à diverses périodes, sur l'élevage et les recherches en cours.

## 2. LES TRANSPLANTATIONS DE *POLYODON SPATHULA*

### 2.1. Les exportations récentes enregistrées par la CITES de 1992 à 1993

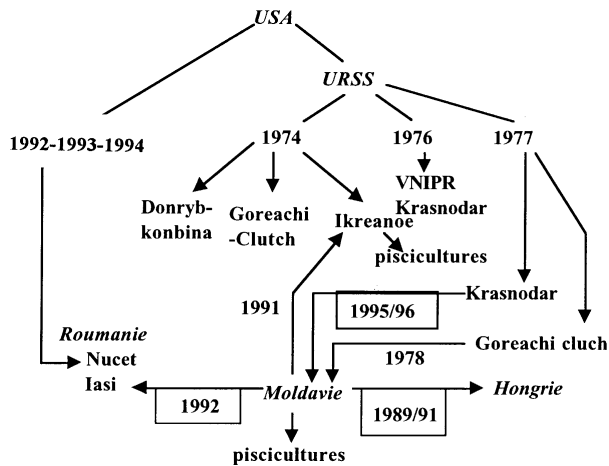
*Polyodon spathula* est une espèce protégée et inscrite depuis 1992 à l'annexe II de la Convention de Washington (CITES, *Convention on International Trade of Endangered Species of wild Fauna and Flora*) et l'on connaît depuis cette date les mouvements opérés à partir des États-Unis. De 1993 à 1998, les exportations ont porté sur plus d'un million d'œufs

fécondés et d'alevins. La Chine a été le premier importateur avec 37 % du total exporté, et parmi les pays d'Europe, la Hongrie a importé 16 %, la Roumanie et l'Allemagne 11 %, la France 7 %, la Grèce 3 %, la République Tchèque et l'Autriche 2 %. Les autres destinataires étaient Israël 7 %, Taiwan et le Japon 2 %. Au total, l'Europe a été destinataire de la moitié des exportations. En Roumanie, les importations ont eu lieu en 1993–1995 à la station de Nucet et portaient chaque fois sur environ 2 000 larves (Stoicescu et al., 1995).

### 2.2. Introductions de 1974, 1976 et 1977 en ex-URSS

En 1974, une première introduction de *P. spathula*, en provenance du Missouri, fut effectuée à titre expérimental dans le cadre des échanges scientifiques entre les États-Unis et l'URSS (Burtzev et Gershanovich, 1975 ; Vinogradov et al., 1987). Des larves de 3–4 jours (11–50 mg et 12–14 mm) au nombre de 5 000 furent introduites en avril et élevées durant 11 jours dans des aquariums de 100–200 L au VNIRO à Moscou. Une mortalité de 70 % est survenue au cours du 2<sup>e</sup> jour à cause de l'arrivée d'eau javellisée dans les bassins. L'alimentation active a débuté 6 jours plus tard et des crustacés microplanctoniques (*Cyclops*) puis des annélides oligochètes hachées ont été distribués. Au 12<sup>e</sup> jour, 1 000 larves survivantes ont été transférées dans trois sites dans lesquels existaient des éclosiers et un savoir-faire pour l'élevage des larves de poissons planctonophages (*figure 1*): 1) Donrybocombinat en Ukraine (Slavjansk), 2) Station expérimentale Ikreanoe de l'Institut de recherche d'Astrakan, 3) Goreachi Cluch dépendant du Centre de recherche de Krasnodar, sur la mer d'Azov.

Peu d'informations existent sur le devenir des polyodons dans les deux dernières piscicultures. On sait cependant que les individus transférés à Ikreanoe ont atteint 600–900 g à l'automne 1975. Quelques données ont été recueillies sur les performances d'élevage au Donrybocombinat. L'élevage des larves de 11 jours s'est poursuivi en bacs de ciment de 1 à 3 m<sup>3</sup> en eau courante ; les larves sont rapidement devenues pélagiques et ont consommé abondamment le zooplancton distribué (densité maintenue à 100–200 g·m<sup>-3</sup> ce qui est 10 fois plus que les normes appliquées actuellement). À la taille de 6–7,5 g, les jeunes polyodons ont été transférés dans deux étangs, l'un de 400 m<sup>2</sup> et l'autre de 7 400 m<sup>2</sup>, dans lesquels la survie a été respectivement de 28 et 1 % (il y a eu prédation par oiseaux et batraciens dans le grand étang). À l'automne, les poissons (sujets d'un été) pesaient en moyenne 385 g (minimum 170 g, maximum 520 g) pour une longueur supérieure à 30 cm. La survie durant l'hivernage a été de 100 %. Au cours de la 2<sup>e</sup> année des problèmes d'anoxie sont apparus dans les étangs avec 1–2 mg O<sub>2</sub>·L<sup>-1</sup> en juin et 0,08 mg·L<sup>-1</sup> en juillet de sorte que seuls quelques poissons-spatule ont survécu, lesquels ont pu être élevés jusqu'à la maturité



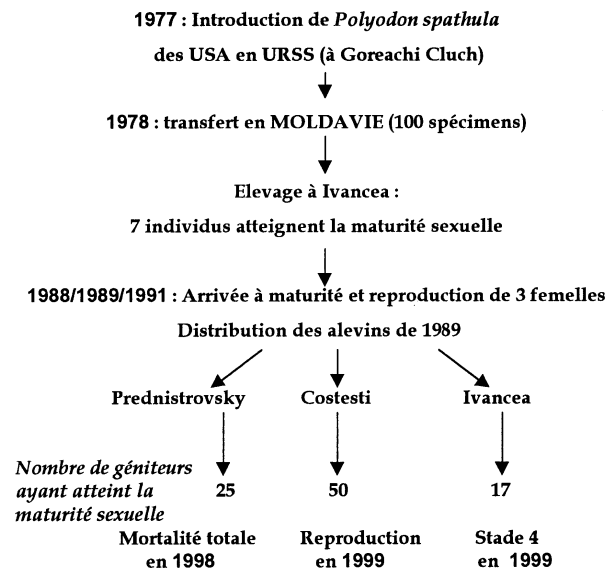
**Figure 1.** Schéma des diverses introductions de *Polyodon spathula* en provenance des États-Unis et des redistributions faites en Europe de l'Est et en Russie.

Introductions of *Polyodon spathula* from the USA to the former USSR and Central Europe.

sexuelle et se sont reproduits en 1984 et 1986. Deux nouvelles introductions de larves ont eu lieu, l'une en 1976 et l'autre en 1977. On sait qu'une partie au moins de l'introduction de 1977 est arrivée à Goreachi Cluch où la croissance en étang a été plus faible, les sujets n'atteignant que 200 g à l'automne.

### 2.3. Transferts en Moldavie et pays voisins

En 1978, 100 individus, issus de l'introduction de 1977 à l'écloserie Goreachi Cluch, et alors âgés de 1 an, ont été transférés en Moldavie et répartis dans plusieurs piscicultures privées où ils ont été mis en grossissement en étang en système de polyculture (figure 2). Des reproductions ont été obtenues en 1988 et 1989 (deux femelles) et 1990–1991 (une femelle) mais en 1992 tous les géniteurs (et aussi les autres poissons en grossissement) ont péri en raison du conflit armé ayant opposé l'armée moldave aux « nationalistes » de Transnistrie. La Moldavie a ainsi disposé de plusieurs cohortes qui ont été largement distribuées dans les pays limitrophes. Tout d'abord en Hongrie (10 000 œufs en 1989 et 15 000 en 1991) puis, en 1992, un envoi de 3 000 larves à Ikreanoe où le premier arrivage de 1974 n'avait pas eu de suite. Toujours en 1992, il y a eu trois envois à Iasi en Roumanie (pisciculture de Tiganasi) : un en avril (115 spécimens de 1 an) un autre en mai (5 000 larves) et un troisième en octobre portant sur 15 individus de 5 ans pesant 4,5 kg (dix d'entre eux sont encore vivants en 2000 et leur première reproduction est prévue en 2001). Aicoboiaie (1998) a donné des résultats de croissance de *P. spathula* en polyculture avec des cyprinidés, les taux de survie atteignant 100 % et des gains de poids allant de 1,12 à 12,4 g par jour au-delà de la 3<sup>e</sup> année. La génération de *P. spathula* qui dérive des reproductions de 1988 à 1991 et



**Figure 2.** Historique de l'introduction de *Polyodon spathula* en Moldavie.

History of the introduction of *Polyodon spathula* in Moldavia.

distribuée en Roumanie, Hongrie et Russie a donc pour origine un nombre restreint de parents (trois femelles et cinq mâles) et risque fort de présenter une variabilité génétique appauvrie.

En 1995 et 1996, 5 000 larves ont été fournies par le Centre de Krasnodar à la Moldavie. À la suite de ces divers échanges et introductions dans des piscicultures expérimentales ou privées, il y a eu des échappées dans les eaux libres. Dans les cas recensés en Moldavie, l'un en rivière Prut et l'autre dans le Dniepr, il y a eu des recaptures par des pêcheurs mais aucune reproduction naturelle n'a été jusqu'à présent observée. D'autre part, des poissons-spatule sont commercialisés pour l'aquariophilie et il est probable, qu'une fois devenus grands, les spécimens se retrouvent dans les rivières, les lacs ou les étangs.

Les localisations et les quantités de *Polyodon spathula* existantes en Europe ne sont pas connues avec précision. Il ne semble pas y avoir de stocks significatifs dans les pays de l'Union Européenne, et Bronzi et al. (1999) dans leur synthèse sur l'élevage des esturgeons en Europe de l'Ouest ne signalent pas la présence de cette espèce. Les stocks les plus importants se trouvent vraisemblablement en Roumanie, Moldavie et Russie. La Roumanie dispose à Tiganasi et Iasi de 43 géniteurs, nés en 1991, en cours de gamétogenèse dont la reproduction devrait intervenir en 2001 et quelques centaines de sujets de 5 à 6 ans à Nucet, provenant des introductions des États-Unis de 1993 à 1995. En Roumanie, il y aurait en outre de 10 000 à 15 000 juvéniles (issus des reproductions de quatre femelles en 1999 en Moldavie), 120 sujets de

4 ans et 50 géniteurs (trente femelles et vingt mâles). Le devenir des œufs vendus en Hongrie n'est pas connu.

La Moldavie continue de recevoir des commandes de fournitures de larves et de juvéniles par différents pays : Hongrie, République Tchèque et Ukraine, mais elles ne sont plus honorées (les géniteurs, répartis dans des piscicultures privées sont en fait devenus la propriété de particuliers qui refusent la vente de larves qu'ils espèrent mettre eux-mêmes en élevage). Cependant, les capacités d'incubation des écloseries existantes ne permettent pas l'incubation de tous les œufs obtenus. Cela explique les mauvaises performances de la campagne de reproduction 1999 où quatre femelles ont atteint le stade d'ovulation, produisant plus d'un million d'œufs mais ne donnant in fine que 30 000 larves.

### 3. LES RECHERCHES SUR LA BIOLOGIE ET L'ÉLEVAGE DE *POLYODON SPATHULA*

#### 3.1. En Russie

Dès les premières introductions des années 1970, des recherches ont été entreprises pour mettre au point les techniques de production. Vinogradov et al. (1986) ont publié une note technique donnant des directives d'élevage. Certaines recommandations, par exemple les mises en charge à mettre en œuvre en polyculture (tableau I), étaient établies a priori sans validation expérimentale, et n'ont pas donné lieu à des développements importants (aucune publication de confirmation n'est parue ensuite). Il est vrai que les deux systèmes de polyculture proposés étaient quelque peu complexes et irréalistes. Une simplification pourrait

consister à simplement remplacer la carpe marbrée (*Aristichthys nobilis*) par *P. spathula* qui consomme le zooplancton et de conserver la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*) et un faible pourcentage de carpe commune pour exploiter respectivement les compartiments microalgues et benthos. Curieusement, Sokolsvsky et al. (1999) ont rapporté des essais de polyculture dans lesquels des polyodons au nombre de 170 ind·ha<sup>-1</sup> étaient associés à des carpes marbrées (14 mâles·ha<sup>-1</sup>) et atteignaient un poids de 5,5 kg à 4 ans. Une autre approche est d'associer des polyodons zooplanctonophages avec des *Acipenser* benthophages, et dans un essai de Vedrasco (non publié), des performances de croissance et de survie de *P. spathula* en 1<sup>re</sup> année, ont été meilleures dans l'association avec *Acipenser bearii* que dans le lot en monoculture (tableau II).

Il existe des géniteurs dans des laboratoires en Russie et des études y sont activement conduites. Vinogradov et al. (1987) ont développé des travaux de base sur *P. spathula* : gamétogenèse (Ilyasova, 1989) et identification du sexe (Ilyasova et al., 1998a, 1998b) ; un travail de recherche portant sur l'embryogenèse du polyodon et réalisé à Goreachi Cluch (Bredenko, 1999) a fait appel à la production d'œufs et d'embryons prélevés sur 118 femelles (sur une période d'une dizaine d'années de sorte qu'une même femelle a pu être utilisée à plusieurs reprises). Un travail récent de Chebanov et al. (1999) a consisté à maintenir pendant un mois dès le début avril des géniteurs polyodons à 4,5–5,5 °C et a permis de retarder la maturation des femelles et d'obtenir des œufs, au moment où le zooplancton est devenu disponible en étangs, constituant des proies vivantes pour les larves à l'éclosion. Des travaux ont aussi été conduits sur la biologie et l'élevage des jeunes stades. Chez *P. spa*

**Tableau I.** Recommandations de mise en charge de *Polyodon spathula* en étangs en polyculture avec des carpes (Vinogradov et al., 1986). Recommendations regarding the stocking of *Polyodon spathula* in polyculture with carp, in ponds (Vinogradov et al., 1986).

Âge ou poids	Variante I				Variante II				
	P.s.	H.m.	C.i.	M.p.	P.s.	A.n.	H.m.	C.i.	M.p.
larves < 2 jours <sup>(1)</sup>	–	25,5	3,0	1,5	–	6	20	3	1,5
< 25 mg <sup>(1)</sup>	–	13,5	1,0	0,5	–	1	10	1	0,5
< 150 mg <sup>(1)</sup>	3				2				
Ind·ha <sup>-1</sup> à									
1 an	150	440	70	40	70	80	400	70	40
2 ans	70	250	60	30	40	45	200	60	30
3 ans	50	190	50	20	35	40	150	50	20
4 ans	40	180	50	20	35	35	130	50	20
5 ans	35	170	50	10	25	30	100	50	10
6 ans <sup>(2)</sup>	30	80	10	5	20	20	60	10	5
7 ans	25				20				
8 ans	25				20				
9 ans	20				10				
10 ans	10				5				

P.s. : *Polyodon spathula* ; H.m. : carpe argentée, *Hypophthalmichthys molitrix* ; C.i. : carpe herbivore, *Ctenopharyngodon idella* ; M.p. : *Mylopharyngodon piceus* ; A.n. : carpe marbrée, *Aristichthys nobilis*.

<sup>(1)</sup> Densité : 1 000 ind·ha<sup>-1</sup>.

<sup>(2)</sup> Les géniteurs, âgés de 6 ans et plus, sont élevés en monoculture.

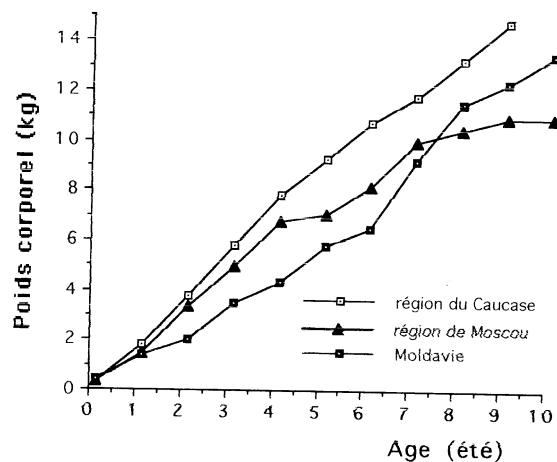
**Tableau II.** Croissance comparée d'alevins de *Polyodon spathula* élevés en étang, en mono- et polyculture avec des esturgeons au cours du premier été (Vedrasco et al., non publié).Growth of *Polyodon spathula* juveniles in mono- and polyculture with sturgeon in pond during the first summer (Vedrasco et al., unpubl. data).

Système d'élevage	Surface des étangs (ha)	Densité ( $10^3 \times \text{ind}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	Poids moyen (g)		Survie (%)
			initial	fin d'été	
Monoculture	0,32	11,7	15,2	46	35
<i>P. spathula</i> seul					
Polyculture	0,32	8,3	15,2	114	59
<i>P. spathula</i>					
<i>Acipenser baerii</i>					

*thula*, la durée du processus d'éclosion s'étale sur environ 56 h à 17 °C et 225 h plus tard à 17 °C (112–152 h à 20–22 °C ou 480 h à 12–14 °C), les larves s'alimentent activement. Durant les premiers jours d'alimentation active, les larves consomment du zooplancton par attaque directe des proies. Les larves de moins de 12 cm (longueur totale) consomment principalement de grandes formes de zooplancton (daphnies) plus faciles à capturer. Elles commencent à filtrer après 30–35 jours ayant atteint une taille de 12–25 cm. En bassins intérieurs, le sevrage se fait mieux après distribution de nauplii d'artémia à 17 °C, mais à 18–20 °C l'alimentation de départ peut inclure des cladocères. La température optimale d'élevage est de 20 à 24 °C pour des larves de 0,2 à 2 g et de 20 à 26 °C pour les alevins. En étangs, l'alimentation des larves est, à 80 %, à base de cladocères. Tikhonova et Mednaya (non publié) ont montré, d'autre part, qu'à la température de 12,2–14,1 °C les mortalités n'excédaient pas 7 % durant l'incubation, alors qu'à 11,7 °C, elles étaient de 45 %.

Une méthode d'élevage des juvéniles a été mise au point par Melchenkov (1995) en eau réchauffée à 22–24 °C. Une première phase va de la prise de nourriture des larves jusqu'à ce qu'elles atteignent 300 mg, dans une eau thermorégulée et recyclée avec essentiellement des proies vivantes. Une seconde phase se déroule en bassins, étangs ou cages jusqu'à 2–3 g, suivie d'un grossissement jusqu'à 60 g et plus, en polyculture avec des carpes chinoises (carpe argentée *Hypophthalmichthys molitrix*; carpe herbivore *Ctenopharyngodon idella*, carpe marbrée *Aristichthys nobilis*). Les jeunes polyodons ainsi obtenus peuvent être maintenus in situ à des stades plus avancés ou servir pour le repeuplement des réservoirs, voire des milieux saumâtres (*P. spathula* supportant des salinités allant jusqu'à 4 ‰). À la station de recherche de Rybnoe, Dimitrov a réalisé un ensemble de travaux sur l'élevage de *P. spathula* en circuit fermé (Ilyasov et Kisselev, 1993; Kisselev et al., 1995). L'ensemble des travaux effectués en URSS a permis d'établir des normes de références pour les élevages, par exemple des courbes de croissance observées dans trois régions climatiques différentes (figure 3).

Finalement, une filière de production se met en place, basée sur des stocks de géniteurs captifs et l'on assiste au développement de cette espèce en piscicul-

**Figure 3.** Croissance de *Polyodon spathula* dans trois zones climatiques différentes de Russie. Les valeurs sont données mâles et femelles confondus et ne reposent que sur des effectifs limités, < 100 individus pour les classes d'âge les plus avancées (d'après Vinogradov et al., 1986, et Vedrasco A., non publié).

Growth of *Polyodon spathula* in three climatic zones of Russia. Values (males and females mixed) are based on limited number of fish < 100 individuals for the most advanced age class (after Vinogradov et al., 1986, and Vedrasco A., unpublished).

ture dans le delta de la Volga (Sokolsky et al., 1999). Actuellement, des reproductions ont lieu à la station de recherche Ikreanoe, et des juvéniles, distribués en pisciculture, donnent lieu à des productions commerciales (M. Chebanov, comm. pers.).

### 3.2. En Europe Centrale

Les équipes moldaves et roumaines ont mis au point des techniques d'élevage, plutôt intensives en Roumanie, et plutôt extensives en polyculture en Moldavie et ont publié localement divers travaux sur la biologie de *P. spathula*. Des données ont aussi été rapportées sur les rendements d'éviscération (tableau III). *P. spathula* et les diverses espèces d'esturgeons associées en élevage durant les 1<sup>er</sup> stades s'intéressent aux mêmes proies et se trouvent en compétition, ce qui peut être un avantage dans le cas de production de juvéniles pour le repeuplement (par exemple en réservoirs) car constituant une préparation à la compétition dans le

**Tableau 3.** Évolution de poids du corps et de différents organes chez *Polyodon spathula* au cours des quatre premières années de vie (Vedrasco A., non publié).Changes in the weight of the body and various organs of *Polyodon spathula* with time during the first four years of life (Vedrasco A., unpubl. data).

Âge (an)	Nombre d'individus	Poids (kg)	Poids en % du poids du corps				
			Chair + peau	Viscères	Tête	Rostre	Gonades
1	15	0,1	36,5	4,8	43,8	11,6	–
2	10	1,0	54,5	5,5	33,2	7,4	–
3	5	2,2	57,5	5,0	30,5	7,0	–
4	5	4,3	54,3	6,3	25,8	4,7	3,8

milieu naturel. En Moldavie, des femelles issues de la cohorte de polyodons nés en 1989–1991 ont atteint le stade IV de maturation (achèvement de l'ovogenèse) et du caviar a été préparé à partir de leurs ovaires dans le cadre d'un projet de la Commission Européenne (Copernicus) démontrant des potentialités dans ce domaine pour cette espèce (Cardinal et Cornet, 1999 ; Kirschbaum, 1999). Plus récemment, des recherches sur *P. spathula* ont été engagées en République Tchèque sur la reproduction (Stech et al., 1999 ; Linhart et al., 2000) et sur la polypléidisation en vue d'obtenir des lignées monosexes (en collaboration avec l'université de Kentucky aux États-Unis ; Mims, 2001).

### 3.3. Aux États-Unis

L'élevage larvaire des polyodons commence à être pratiqué aux États-Unis où une filière se met en place. Il faut noter qu'un ensemble d'actions Recherche-Développement existe depuis quelques années aux États-Unis avec l'objectif de promouvoir une filière caviar polyodon (Mims, 2001). Il faut souligner que cette espèce n'est en fait pas réellement domestiquée et il n'y a pas de géniteurs en élevage dans les piscicultures mais il est fait appel à des géniteurs pris dans les fleuves pour procéder aux reproductions et obtenir les individus nécessaires aux élevages et aux expérimentations. Ces travaux peuvent prendre appui sur un ensemble considérable de publications et une connaissance approfondie de cette espèce par la communauté scientifique et technique.

## 4. PREMIER BILAN DES INTRODUCTIONS EN EUROPE

Vingt-cinq ans après l'introduction de *P. spathula* en Europe, on peut considérer que l'élevage de cette espèce est bien maîtrisé et constater que des activités de production commerciale ont été timidement engagées. Déjà en Moldavie, le fait que les travaux de mise au point aient été effectués par les chercheurs directement dans les piscicultures a conduit à une prise en main directe des techniques par quelques pisciculteurs qui se sont ainsi trouvés engagés dans une filière polyodon. Cette dernière est, à court terme, à finalité consommation de chair avec production en polyculture avec la carpe commune et en substitution à la carpe marbrée. Il est en même temps envisagé de mettre

régulièrement une partie des juvéniles en grossissement dans des lacs ou réservoirs pour, à plus long terme, disposer de sujets sexuellement mûrs pour la production de caviar. Dans ce pays où la situation économique de la pisciculture, comme celle de l'agriculture en général, est catastrophique, *P. spathula* ouvre quelques perspectives. La polyculture est le seul système possible en Roumanie, Moldavie, voire même en Ukraine car il n'y a pas d'aliments artificiels disponibles sur le marché et les pisciculteurs n'ont pas la trésorerie nécessaire pour acquérir des aliments importés.

L'introduction du *P. spathula* devrait théoriquement apporter une plus value aux systèmes de polyculture pratiqués en étangs en Europe de l'Est : 1) ses qualités gastronomiques sont excellentes, chair fine, absence d'arêtes et il devrait être bien accepté par les consommateurs ; 2) sa croissance en conditions extensives en étang paraît acceptable 0,5–1 kg en deux étés et 2 kg en trois étés ; 3) venant en supplément aux autres espèces dans des systèmes de polyculture, il devrait en améliorer la productivité, mais ce point n'a pas encore été expérimentalement démontré de façon rigoureuse.

Un autre impact de la production de *P. spathula* en pisciculture devrait être en principe une diminution de la pression de la pêche en rivières sur les esturgeons dont la plupart des stocks sont fortement menacés. Il conviendrait en premier lieu de réduire la pression sur les stades immatures (individus de quelques kilogrammes) et commercialisés pour la consommation de la chair, pratique qui semble se développer. En effet, il n'y a pas eu jusqu'ici en Europe Centrale, Russie et Ukraine d'élevage d'esturgeons susceptibles de produire des tonnages importants de chair et l'on doit attribuer à une origine sauvage les esturgeons juvéniles (n'ayant pas atteint la maturité sexuelle) offerts actuellement sur les marchés de ces pays. La production de caviar par des poissons-spatule d'élevage peut aussi contribuer à réduire la pression de pêche sur les stocks naturels, mais l'exercice est plus difficile car la pression du braconnage est également forte dans les piscicultures, rendant plus aléatoire l'élevage sur le long terme. Dans les conditions d'exploitation actuelles, il est impossible, tant en Moldavie qu'en Roumanie, de garantir la continuité dans une pisciculture d'une biomasse importante pendant une dizaine d'années. C'est pour cette raison que des mises en grossissement à faible densité dans des plans d'eau plus

difficiles à braconner comme des lacs et réservoirs commencent à être pratiquées.

## 5. CONCLUSION

*Polyodon spathula* introduit en URSS il y a plus de 25 ans en tant qu'espèce planctonophage dans un contexte un peu théorique de diversification des espèces élevées en système de polyculture, a trouvé soudainement une légitimité écologique et économique avec l'intérêt porté à la production de caviar et le souci de trouver des espèces de remplacements des cyprinidés de faible valeur marchande dans les systèmes de polyculture. *P. spathula* est en fait l'une des rares espèces ayant une bonne valeur commerciale et qui, étant zooplanctonophage, puisse être produite localement car n'exigeant pas un apport de granulés que les pays d'Europe de l'Est ne peuvent pas actuellement produire ou importer.

*P. spathula* illustre bien les problèmes d'introductions de nouvelles espèces à des fins commerciales. Il y a les risques sanitaires (il ne semble pas que des précautions particulières aient été prises lors des introductions) et des transmissions de maladies lors des échappées ou lâchers de polyodons dans le réseau hydrographique. En outre, avec des importations fractionnées, non coordonnées, portant sur de petits effectifs et en l'absence de stratégie de gestion génétique, on se trouve ainsi avec une seconde génération de juvéniles destinés au grossissement dont les caractéristiques génétiques et les performances zootechniques n'ont pas été évaluées. Il conviendrait de mettre en œuvre les outils offerts par la biologie moléculaire pour caractériser les géniteurs et les populations actuellement présentes en Europe et d'utiliser les techniques de gestion génétique de populations à faibles effectifs employées pour des animaux domestiques et des espèces sauvages conservées in situ.

**Remerciements.** Ce travail s'insère dans le projet Copernicus IC T961005. A.V. a été chercheur invité du Muséum. La dactylographie a été assurée par J. Barthélémy.

## Références

- Aicoboaie, C., 1998. Dezvoltarea speciei americane *Polyodon spathula* (Wal.) in cultura. La SCPP Acvares Iasi, Aquarom'98 Galati Roumania, 18-22 mai 1998, pp. 238–239.
- Bredenko, M.V., 1999. Ecological and morphological features of earliest development of the paddlefish related to artificial reproduction. Dissertation thesis, Rybnoe Moscow (en russe).
- Bronzi, P., Rosenthal, H., Arlati, G., Williot, P., 1999. A brief overview on the status and prospects of sturgeons farming in western and Central Europe. J. Appl. Ichthyol. 15, 224–227.
- Burtzev, I.A., Gershanovich, A.D., 1975. Paddlefish success in Russia. Aquaculture and the Fish Farmer, n° 7/8 (en russe).
- Cardinal, M., Cornet, J., 1999. Caractéristiques sensorielles de caviars d'esturgeons sauvages et d'élevage. C. R. Acad. Agric. Fr. 85, 97–104.
- Chebanov, M.S., Savelyeva, E.A., Tleouj, M.G., Chertihin, V.G., Melchenkov, E.A., 1999. An experiment on seasonal control of paddlefish propagation. J. Appl. Ichthyol. 15, 325–326.
- Costache, M., Mester, L., Stoicescu, C.R., Vizitiu, D., 1998. Certari privind hrana si comportamentul de hranire al speciei *Polyodon spathula* (Walb.). Aquarom'98 Galati Roumania, 18-22 mai 1998, pp. 254–256.
- Ilyasov, A.Y., Kisselev, A.Y., 1993. Paddlefish (*Polyodon spathula* Wal.) growing up in closed water recirculation systems, Coll. Scientific Work, Questions genetical and ecological monitoring fish-breeding objects, 70. All-Russia Research Institute of Freshwater Fisheries, Moscow, pp. 24–31. (en russe).
- Ilyasova, V.A., 1989. Gametogenesis and sexual cycle of *Polyodon*. Dissertation thesis, Rybnoe Moscow (en russe).
- Ilyasova, V.A., Borshev, V.N., Ilyasov, A.Y., 1998a. Method of early paddlefish sexing. J. Fish. Econom., series Aquaculture: Survey Information, n° 3. All-Russia Research and Project-Designer Institute, Economics, Information and Management Automation Systems, Moscow, pp. 26–35. (en russe).
- Ilyasova, V.A., Ilyasov, A.Y., Peskareva, M.A., 1998b. Paddlefish early sexing in the time of growing in closed water recirculation systems, Coll. Scientific Work, 71. All-Russia Research Institute of Freshwater Fisheries, Moscow, pp. 22–23. (en russe).
- Jennings, C.A., Zigler, S.J., 2000. Ecology and biology of paddlefish in North America: historical perspectives, management approaches, and research priorities. Rev. Fish Biol. Fish. 10, 167–181.
- Kirschbaum, F., 1999. Les caractéristiques physico-chimiques de caviars d'esturgeons d'élevage et sauvages. C. R. Acad. Agric. Fr. 85, 85–96.
- Kisselev, A.Y., Shiryayev, A.V., Ilyasov, A.Y., Filatov, V.I., Bogdanova, L.A., 1995. Technology for rearing paddlefish up to the weight of gram in closed water recirculation systems. All-Russia Research Institute of Freshwater Fisheries, Moscow (en russe).
- Linhart, O., Mims, S.D., Gomelsky, B., Hiott, A.E., Shelton, W.L., Cosson, J., Rodina, M., Gela, D., 2000. Spermiation of paddlefish, *Polyodon spathula* (Acipenseriformes), stimulated with injection of LHRH analogue and carp pituitary powder. Aquat. Living Resour. 13, 455–460.
- Melchenkov, E.A., 1995. Rearing of the juveniles of the paddlefish, *Polyodon spathula*. In : 'Aquaculture developments in inland waters' (Ed.), Conf. 50th anniversary of the Pond Aquaculture Department at the Moscow Agriculture Academy, pp. 36–37. (en russe).
- Mims, S.D., 2001. Aquaculture of paddlefish in the United States. Aquat. Living Resour. 14, 391–398.

- Russel, D.F., Wilken, L.A., Moss, F., 1999. Use of behavioural stochastic resonance by paddlefish for feeding. *Nature* 402, 291–293.
- Sokolsky, A., Mednaya, L., Mikouiza, A.S., 1999. Acclimatization of paddlefish to the river Volga Delta *Polyodon spathula*. *J. Appl. Ichthyol.* 15, 347–348.
- Stech, L., Linhart, O., Shelton, W.L., Mims, S.D., 1999. Minimally invasive surgical removal of ovulated eggs from paddlefish. *Aquac. Int.* 7, 129–133.
- Stoicescu, C.R., Vizitiu, D., Dumitru, C., Costache, M., Mircea, V., 1995. Rezultate experimentelor privind dezvoltarea si cresterea in conditii de helesteu a speciei *Polyodon spathula* Walbaum (Pisces Polyodontidae) realizate la S.C.P., Nucet in perioada 1992-1994. *Aquarom'95*, pp. 151–168.
- Vasiliewskii, S.G., 1971. Poissons du genre Polyodontidé. *Vopr. Ichtyol.* 11, 26–42. (en russe).
- Vinogradov, V.I., Melchenkov, E., Erohina, L., Voropaev, N., Cerithin, V., 1986. Growth, reproduction and development of *Polyodon spathula*; primary recommendations. *Rybnoe Moscow* (en russe).
- Vinogradov, V.I., Melchenkov, E., Erohina, L., Voropaev, N., Cerithin, V., 1987. Razvedenie Veslonosia Rybavodstvo 4, 20–23. (en russe).