

Rôle de l'aquaculture dans la conservation des espèces : exemple des esturgeons

Patrick Williot

CEMAGREF, UR Ressources aquatiques continentales, 50 av. de Verdun, 33612 Cestas cedex, France
patrick.williot@cemagref.fr

Dans ce court essai sur le rôle joué par l'aquaculture dans la préservation des esturgeons, après un rappel des divers objectifs de l'aquaculture d'esturgeons, je propose une analyse des avantages et inconvénients de telles pratiques, à partir de quelques exemples.

De nos jours, la plupart des quelque 24 espèces d'esturgeons et spatules réparties dans tout l'Hémisphère nord (fig. 1, ci-dessous) sont menacées ou en danger (Birstein, 1993). Même celles qui étaient soit disant gérées sont en déclin et quelques-unes sont déjà considérées comme éteintes (cf. récente synthèse relative aux espèces eurasiatiques, Williot *et al.*, 2002a). Les quelques très rares populations qui semblent avoir un fonctionnement normal sont celles qui sont exploitées par la pêche sportive (Bruch, 1999 ; Williot *et al.*, 2002a).

L'aquaculture a été mise en œuvre pour pallier les conséquences négatives des activités anthropiques et comme maintien, voire développement, de l'activité de pêche : c'est l'aquaculture pour le soutien de stock (communément appelé repeuplement). Ultérieurement, l'aquaculture d'esturgeons s'est aussi développée pour mettre sur le marché des produits à base de chair - le caviar sera commercialisé plus tard. Est-ce que l'aquaculture de repeuplement a été efficace pour la conservation des populations sauvages ? Quelles en sont les autres conséquences ainsi que celles des diverses formes d'élevage ?



Figure 1. Carte de répartition des esturgeons dans le monde

4 genres : *Acipenser* (16 espèces) ; *Huso* (2 espèces) ; *Scaphirhynchus* (3 espèces) ; *Pseudoscaphirhynchus* (3 espèces)
(Bemis *et al.*, 1997).

Les objectifs de l'aquaculture d'esturgeons

Le terme aquaculture est pris ici dans une acception large de production (ou d'élevage) quels que soient le volume de production et la destination des produits. De cette manière, l'aquaculture d'esturgeon recouvre quatre catégories dont les deux premières ont été jusque-là les plus remarquables : ce sont la production d'alevins ou de juvéniles pour le soutien de stocks sauvages et la production de gros animaux pour la consommation humaine directe. Une troisième forme d'élevage est apparue récemment, qui s'inscrit dans le cadre de la conservation du patrimoine ou de la biodiversité : c'est la conservation *ex situ* qui est une forme particulière de la biologie de la conservation. Enfin, il existe une quatrième forme d'aquaculture, qui consiste en l'élevage d'une espèce comme modèle biologique afin de permettre le développement des méthodologies destinées à être appliquées sur une ou plusieurs espèces sur lesquelles l'expérimentation est impossible.

Différentes par la nature de leurs objectifs, ces quatre formes d'aquaculture ont leurs principaux acteurs également différents. La production d'alevins destinés au repeuplement est essentiellement le fait de structures étatiques (ou fédérales). Ce sont ces mêmes structures et/ou institutions de recherche qui peuvent être à l'origine de la constitution de stocks de sauvegarde. La constitution de stock comme modèle biologique, très rare dans ce domaine, est le fait de structures de recherche. C'est le secteur privé qui développe l'aquaculture de production pour la chair et maintenant, pour le caviar.

Soutien de stock

C'est dans le but de soutenir les stocks naturels jugés en déclin par l'évolution des captures et/ou dans le but d'accroître ces captures que les premiers essais de repeuplement ont été menés au XIX^e siècle aux États-Unis (Binkowski et Doroshov, 1985), en Russie (Barannikova, 1987) et en Allemagne (Gessner, 2000). Le faible niveau de production, la quasi-impossibilité d'envisager des améliorations par manque de connaissance et, peut-être, l'incapacité de juger de l'efficacité d'une telle pratique, ont conduit plus ou moins rapidement à l'arrêt de ces premières tentatives. Suite à des améliorations des techniques de reproduction et d'élevage larvaire, de nouveaux programmes vont voir le jour en URSS (Mers caspienne et d'Azov) vers le milieu du XX^e et connaîtront un développement jusque vers le début des années 1980 (Barannikova, 1987 ; Chebanov *et al.*, 1999). Cette pratique du repeuplement sera aussi mise en œuvre par d'autres pays (tab. I, ci-après). Les principales espèces concernées sont l'Esturgeon russe, *Acipenser gueldenstaedtii*, l'Esturgeon étoilé, *Acipenser stellatus*, et le Beluga, *Huso huso*. Ce sont environ 100 à 140 millions d'alevins qui seront déversés annuellement dans le bassin de la Caspienne (~75%) et de la mer d'Azov (~25%) jusqu'au milieu des années 1980 (Barannikova, 1987). Ultérieurement, ce volume de repeuplement diminuera par manque de géniteurs de bonne qualité, en particulier dans le bassin de la Mer caspienne. Le reconditionnement en pisciculture de géniteurs d'origine sauvage de l'Esturgeon russe (*A. gueldenstaedtii*) pourrait permettre de pallier cette déficience (Burtsev *et al.*, 2002). Cette pratique régulière du repeuplement est à nouveau en expansion en Iran pour les mêmes espèces, avec un effort particulier envers une espèce proche de l'esturgeon russe, l'Esturgeon perse, *Acipenser persicus*. Des lâchers sont régulièrement pratiqués en jeunes Esturgeons chinois, *Acipenser sinensis*, dans le fleuve Yang-Tseu-Kiang (Wei *et al.*, 1997), en Esturgeon adriatique, *Acipenser naccarii*, dans le Pô, en Sterlet, *Acipenser ruthenus*, dans le Danube hongrois. Des lâchers réguliers auraient repris en diverses espèces en Azerbaïdjan (Kasimov, *in* Williot *et al.*, 2002a). Des déversements irréguliers d'*A. ruthenus* sont également réalisés dans la Drau, un affluent autrichien du Danube (Williot *et al.*, 2002a). Un seul déversement d'*Acipenser sturio* a eu lieu en France (Williot *et al.*, 2002a). Des lâchers sporadiques sont pratiqués aux États-Unis en *Acipenser brevirostrum* (Smith *et al.*, 2002), *Acipenser transmontanus* (Ireland *et*

al., 2002) et en *Acipenser fulvescens* (Runstrom *et al.*, 2002). Ils sont rares en *Acipenser oxyrinchus* (Smith et Clugston, 1997).

Tableau I. Estimation des nombres annuels (ou durant une période donnée mentionnée entre crochets) d'alevins (plus rarement de juvéniles) d'esturgeon pour le repeuplement
Les données pour l'Eurasie sont tirées pour l'essentiel de Williot *et al.*, 2002a complété avec Chebanov et Billard, 2001.

Pays (rivière)	Espèces (importance relative, %)	Nombre (alevins)
Russie (Volga) ^a	<i>Huso huso</i> (27)	~ 50.10 ⁶
	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> (55)	
	<i>Acipenser stellatus</i> (18)	
Kazakhstan (Oural)	<i>Huso huso</i>	~ 6.10 ⁶
	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	
	<i>Acipenser stellatus</i>	
Azerbaïdjan (Kura)	<i>Huso huso</i>	~ 12.10 ⁶
	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	
	<i>Acipenser stellatus</i>	
Iran	<i>Huso huso</i>	~ 24.10 ⁶
	<i>Acipenser persicus</i> (~ 80%)	
	<i>Acipenser stellatus</i>	
	<i>Acipenser nudiventris</i>	
Russie (Kuban) ^b	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> (65)	~ 30 10 ⁶
	<i>Acipenser stellatus</i> (35)	
Russie (fleuves sibériens) ^c	<i>Acipenser baerii</i>	2,5.10 ⁶ [1999]
	<i>Acipenser ruthenus</i>	0,9.10 ⁶ [1999]
	(Lac Baïkal) <i>Acipenser baerii</i>	0,9.10 ⁶ [1999]
	(Amour) <i>Acipenser shrenckii</i>	3.10 ⁶ [1992 – 2000]
	<i>Huso dauricus</i>	1.10 ⁶ [1992 – 2000]
Chine (Yang Tseu Kiang)	<i>Acipenser sinensis</i>	~ 1.10 ⁶
Hongrie (Danube)	<i>Acipenser ruthenus</i>	~ 1.10 ⁵
Italie (Pô)	<i>Acipenser naccarii</i>	~ 1.10 ⁵
Autriche (Drau)	<i>Acipenser ruthenus</i>	~ 10 ² – 4.10 ²
		[1982, 83, 87, 91, 95]
France (Garonne / Dordogne)	<i>Acipenser sturio</i>	9.10 ³ [1995]
USA – SC/GA (Savannah) ^d	<i>Acipenser brevirostrum</i>	≤1.10 ⁵ [1985-1992]
USA – WI (Wolf) ^e	<i>Acipenser fulvescens</i>	≥ 3.10 ⁴ [> 1994]
USA – Idaho (Kootenai) ^f	<i>Acipenser transmontanus</i>	2,63.10 ³ [1992-1999]
USA – Fla.(Suwannee) ^g	<i>Acipenser oxyrinchus</i>	1,2.10 ³ [1992]
N.Y. (Hudson)		5.10 ³ [1994]

^a Ivanov, 2000.

^b Une synthèse récente dans Chebanov *et al.*, 2002.

^c Chebanov et Billard, 2001.

^d Smith *et al.* 2002.

^e Runstrom *et al.*, 2002.

^f Ireland *et al.*, 2002.

^g Smith et Clugston, 1997.

Production de chair et de caviar

Le développement de cette activité est un sous-produit des efforts menés pour le soutien des stocks évoqués ci-dessus, car ces programmes ont nécessité une amélioration notable des techniques d'élevage. Logiquement, l'aquaculture d'esturgeons pour la consommation de chair s'est donc d'abord développée en URSS. C'est un hybride, le bester (*beluga* × *sterlet* ; *H. huso* ♀ × *A. ruthenus* ♂) (Charlon et Williot, 1978) qui a été à la base de ce développement. Actuellement, le développement est surtout basé sur *Acipenser baerii* et *A. gueldentaedtii*, et avoisinerait les 1 500 t/an (Chebanov et Billard, 2001). À partir des années 1990, l'élevage d'esturgeon va lentement se développer en Europe de l'Ouest (revue Williot *et al.*, 2001) et aux États-Unis (Mims et Doroshov, 2000). En Europe de l'Ouest, les espèces concernées sont l'Esturgeon blanc (*A. transmontanus*), l'Esturgeon sibérien (*A. baerii*) et l'Esturgeon adriatique (*A. naccarii*). La production américaine, essentiellement californienne, est basée sur l'Esturgeon blanc (*A. transmontanus*). En Europe, les principaux pays producteurs sont la France, l'Italie, l'Espagne et l'Allemagne. Les productions européennes et américaines étaient comprises entre 1 000 et 1 500 t/an en 1999. Pour la même année, la production de caviar européen était de 5 à 6 t, issue d'esturgeon d'élevage avec deux principaux acteurs, la France et l'Italie (Williot *et al.*, 2001). Les stocks en élevage en Europe devraient conduire à une augmentation notable de la production de caviar dans les prochaines années. Cette tendance à l'augmentation de la production d'esturgeons (chair et caviar) va se confirmer au niveau mondial par l'émergence de nouveaux pays dont l'élevage est en cours de développement ; ce sont l'Iran avec le beluga, la Hongrie et la Chine avec l'esturgeon russe.

Conservation *ex situ*

Lorsque les populations naturelles se trouvent dans un état d'affaiblissement extrême et/ou lorsque le milieu naturel n'est plus propre à permettre le bon déroulement du cycle biologique d'une espèce, la première solution pour éviter une disparition totale consiste en la constitution d'un stock en élevage. Appliquée à l'Esturgeon adriatique, *A. naccarii*, cette pratique a très vraisemblablement évité sa disparition (Arlati *et al.*, 1988). Cette voie est considérée comme le seul moyen de conservation de l'Esturgeon blanc, *A. transmontanus*, dans la rivière Kootenai (USA, Canada) (Duke *et al.*, 1999), de la Spatule chinoise, *Psephurus gladius*, dans le Yang Tseu Kiang (Wei *et al.*, 1997), de l'Esturgeon atlantique américain, *A. oxyrinchus*, dans le Nord-Est des États-Unis (St. Pierre, 1999), et d'espèces russes communes ou rares à titre de précaution (Artyukhin *et al.*, 1999). La conservation *ex situ* est considérée comme la seule voie à côté de la protection des habitats et la réglementation des pêches pour les espèces nord-américaines (Beamesderfer et Farr, 1997). L'état de la population relique de l'Esturgeon atlantique européen, *A. sturio*, est tellement inquiétant que l'élevage peut être une assurance contre sa disparition. Des essais sont en cours depuis le début des années 1990 ; un état très synthétique récent de la situation est fourni par le tableau 2 (ci-après). L'absence de standard physiologique en regard des conditions environnementales et de nombreuses données biologiques, la longueur du cycle biologique, le caractère amphihalal de cette espèce et le faible nombre d'individus disponibles compliquent la réussite d'un tel élevage. La seule cryobanque signalée est celle concernant le sperme par des instituts de recherche en Russie (Chebanov et Billard, 2001).

Fourniture d'animaux expérimentaux

C'est beaucoup moins connu que les autres objectifs mais l'élevage peut permettre de fournir à la recherche des animaux expérimentaux utilisées comme modèle biologique pour développer des méthodes applicables ultérieurement à d'autres espèces. Dans le cas de la France, l'Esturgeon sibérien a joué (et joue encore) ce rôle de modèle biologique pour aider à la restauration et à la conservation de l'Esturgeon atlantique européen en danger (Williot *et al.*, 1997). Il est certain que nous n'aurions pas tiré le même profit des très rares opportunités de reproduction des géniteurs sauvages d'*A. sturio* (Williot *et al.*, 2002b) sans l'expérience acquise avec *A. baerii*.

Tableau II. Caractéristiques de la conservation *ex situ* d'individus de *Acipenser sturio* dans la station du Cemagref (juin 2002) Complété d'après Williot, soumis.

Il s'agit d'élevages répartis dans plusieurs circuits fermés principalement en eau saumâtre. Les poissons sont nourris essentiellement de crevettes, ils présentent une variabilité inter-individuelle importante, tant en ce qui concerne la prise alimentaire et la croissance que pour ce qui concerne leur gamétogénèse. Le reconditionnement de quelques mâles est en cours (gestion courante, simulation de migration et obtention de sperme).

Etat des stocks en élevage			
Origine	Année de naissance	Nombre	Gamme de poids (kg)
Sauvage	84-89	7	11-23
	94	5	8.5-16
	94(95) ^a	24	2-15
Elevage	95 ^b	101	2-9

^a Nés dans la nature en 1994 et capturés en 1995.

^b 27 spécimens sont en expérimentation à l'institut Leibniz de Berlin dans le cadre d'une coopération.

Conséquences de l'aquaculture

Conséquences négatives

L'aquaculture, en favorisant la dispersion des espèces faciles à élever et/ou celles ayant la meilleure croissance comme, par exemple, l'Esturgeon sibérien et l'Esturgeon blanc, *A. baerii* et *A. transmontanus* respectivement, a tendance à détourner l'intérêt qu'il faut porter à des populations menacées. Dans le cas où, comme en Europe, à l'exception d'*A. naccarii* en Italie, les autres espèces élevées ne sont pas indigènes, on observe l'échappement de spécimens d'espèces allochtones (Gessner *et al.*, 1999 ; Arndt *et al.*, 2002). Un exemple de « pollution génétique » a récemment été fourni en mettant en évidence la présence de séquences ADN de l'Esturgeon sibérien (*A. baerii*) chez des individus d'Esturgeon russe (*A. gueldenstaedti*) de la Volga (Jenneckens *et al.*, 2000). Ce phénomène est potentiellement d'autant plus néfaste que les espèces concernées ont la même ploïdie conduisant ainsi à un hybride fertile.

On peut également penser que le développement de l'élevage du bester, en URSS, fondé sur des belugas (*H. huso*) sauvages, a contribué au déclin de cette espèce. Une telle production d'hybrides ne devrait être encouragée que lorsque les parents sont tous deux issus d'élevage.

Jusqu'alors, aucun exemple de transfert direct ou indirect de germe pathogène ou de parasite par l'aquaculture n'est rapporté.

Conséquences positives

L'aquaculture de repeuplement est considérée comme indispensable à la survie des populations d'*A. oxyrinchus* au Nord-Est des États-Unis (St. Pierre, 1999) et à celles de l'Esturgeon blanc, *A. transmontanus*, dans la rivière Columbia au Canada (Hildebrand *et al.*, 1999).

L'aquaculture a permis le maintien pendant 2 à 3 décennies d'une population de Beluga (*H. huso*) dans la Volga dont les barrages hydroélectriques empêchaient l'accès aux frayères très amont pour cette espèce (Barannikova, 1987). L'amélioration de l'état des populations de Sterlets (*A. ruthenus*) dans le Danube hongrois est pour partie attribué au repeuplement, l'autre raison étant la réduction de la pollution (Hensel et Holčík, 1997 ; Williot *et al.*, 2002a). Le manque de réussite de l'élevage expérimental du Grand Nez-pelle de l'Amou-Daria, *Pseudoscaphyrhynchus kaufmanni*, est regretté car cette espèce pourrait avoir disparu (Zholdasova, 1997).

L'élevage peut permettre la production de caviar avec toutes les garanties de qualité vis-à-vis du consommateur, comparé avec certains produits issus d'esturgeons sauvages présentant de fortes teneurs en polluants (Kirschbaum *et al.*, 1999 ; Krüger et Pudenz, 2002).

L'élevage de spécimens d'un modèle biologique permet de mettre au point diverses méthodes (marquage, détermination précoce du sexe, cryoconservation du sperme, sélection des meilleurs géniteurs avant l'injection hormonale, etc.) utiles pour la conservation d'espèces en danger sur lesquelles il est impossible de mener certaines expérimentations par insuffisance d'individus ou à cause des risques de pertes. C'est la recherche d'une méthode de détermination précoce du sexe qui a permis de mettre en évidence une action oestrogéno-mimétique des aliments composés conduisant à la production de vitellogénine chez les mâles d'esturgeons sibériens (Pellisero, 1990). En contrepartie, cette observation procure un moyen de détecter une pollution œstrogénique.

Conclusions

Comme toute activité humaine, l'aquaculture peut avoir des conséquences positives et négatives. Celles-ci dépendent du cadre dans lequel cette activité est développée. Ainsi, l'aquaculture de repeuplement est souvent critiquée pour son inefficacité dans deux situations. C'est le cas lorsque les repeuplements sont pratiqués dans des milieux perturbés et/ou pollués impropres au bon déroulement du cycle vital des animaux. La survie des animaux relâchés est alors négligeable. C'est aussi le cas lorsqu'il est impossible d'estimer l'efficacité du repeuplement de façon indubitable. Ainsi que Secor *et al.* (2000) soulignent leur incapacité à conclure en un effet positif indéniable des efforts de repeuplement soviétiques puis russes en faveur des populations d'esturgeon de la Caspienne. Dans ces deux situations décrites, ce n'est pas tant l'aquaculture qui devrait être mise en cause que les conditions dans lesquelles ce moyen est appliqué. Cependant, bien qu'imparfaite, l'aquaculture peut être le seul moyen d'éviter la disparition totale des nombreuses espèces menacées d'esturgeons. Malheureusement, ces techniques d'élevage doivent en général être mises en œuvre dans l'urgence par défaut d'anticipation et absence de contraintes à l'exploitation des stocks (Williot *et al.*, 2002a) ■

Références bibliographiques

- ARLATI G., BRONZI P., COLOMBO L., GIOVANNINI G., 1988. Induced breeding of the Italian sturgeon (*Acipenser naccarii*) reared in captivity. *Riv. Ital. Acquacol.*, 23, 94-96.
- ARNDT G.M., GESSNER J., RAYMAKERS C., 2002. Trends in farming, trade and occurrence of native and exotic sturgeons in natural habitats in Central and western Europe. *J. Appl. Ichthyol.*, 18, 444-448.
- ARTYUKHIN E., BARANNIKOVA I.A., ROMANOV A.G., 1999. Russian strategies for conservation and reproduction of rare and common Caspian sturgeon species. *J. Appl. Ichthyol.*, 15, 191-192.
- BARANNIKOVA I.A., 1987. Review of sturgeon farming in the Soviet Union. *J. Ichthyol.*, 27, 62-71.
- BEAMESDERFER R.C.P., FARR R.A., 1997. Alternatives for the protection and restoration of sturgeons and their habitat. *Environ. Biol. Fishes*, 48, 407-417.
- BINKOWSKI F.P., DOROSHOV S.I., 1985. Preface. In F.P. BINKOWSKI & S.I. DOROSHOV : *North American sturgeons : biology and aquaculture potential*. Dr Junk Publishers, 7-8.
- BEMIS W.E., FINDEIS E.K., GRANDE L., 1997. An overview of acipenseriformes. *Environ. Biol. Fishes*, 48, 25-71.

- BIRSTEIN V.J., 1993. Sturgeons and paddlefishes : threatened fishes in need of conservation. *Cons. Biol.*, 7, 773-787.
- BRUCH R., 1999. Management of lake sturgeon on the Winnebago system – long term impacts of harvest and regulations on population structure. *J. Appl. Ichthyol.*, 15, 142-152.
- BURTSEV I.A., NIKOLAEV A.I., MALTSEV S.A., IGUMNOVA L.V., 2002. Formation of domesticated broodstocks as a guarantee of sustainable hatchery reproduction of sturgeon for sea ranching. *J. Appl. Ichthyol.*, 18, 655-658.
- CHARLON N., WILLIOT P., 1978. Élevage d'esturgeons de repeuplement et de consommation en URSS. *Bull. Cent. Étude Rech. Scient. Biarritz*, 12, 7-156.
- CHEBANOV M.S., SAVELYEVA E.A., 1999. New strategies for brood stock management of sturgeon in the sea of Azov basin in response to changes in patterns of spawning migration. *J. Appl. Ichthyol.*, 15, 183-190.
- CHEBANOV M.S., BILLARD R., 2001. The culture of sturgeons in Russia : production of juveniles for stocking and meat for human consumption. *Aquat. Living Resour.*, 14, 375-381.
- CHEBANOV M.S., KARNAUKHOV G.I., GALICH E.V., CHMIR YU.N., 2002. Hatchery stock enhancement and conservation of sturgeon, with emphasis on the Azov sea populations. *J. Appl. Ichthyol.*, 18, 463-469.
- DUKE S., ANDERS P., ENNIS G., HALLOCK R., HAMMOND J., IRELAND S., LAUFLE J., LAUZIER L., LOCKHARD L., MAROTZ B., PARAGAMIAN V.L., WESTERHOF R., 1999. Recovery plan for Kootenai River white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *J. Appl. Ichthyol.*, 15, 157-163.
- GESSNER J., DEBUS L., FILIPIAK J., SPRATTE S., SKORA K.E., ARNDT G.M., 1999. Development of sturgeon catches in German and adjacent waters since 1980. *J. Appl. Ichthyol.*, 15, 136-141.
- GESSNER J., 2000. Reasons for the decline of *Acipenser sturio* L., 1758 in central Europe. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.*, 16, 117-126.
- HENSEL K., HOLČIK J., 1997. Past and present status of sturgeons in the upper and middle Danube River. *Environ. Biol. Fishes*, 48, 185-200.
- HILDEBRAND L., MCLEOD C., MCKENZIE S., 1999. Status and management of white sturgeon in the Columbia River in British Columbia, Canada : an overview. *J. Appl. Ichthyol.*, 15, 164-172.
- IRELAND S.C., BEAMESDERFER R.C.P., PARAGAMIAN V.L., WAKKINEN V.D., SIPLE J.T., 2002. Success of hatchery-reared juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) following release in the Kootenai River, Idaho, USA. *J. Appl. Ichthyol.*, 18, 642-650.
- IVANOV V.P., 2000. *Biological resources of the Caspian sea*. Éditions CaspNIRKha, Astrakhan, 96 p.
- JENNECKENS I., MEYER J.N., DEBUS L., PITRA C., LUDWIG A., 2000. Evidence of mitochondrial DNA clones of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, within Russian sturgeon, *Acipenser gueldenstaedtii*, caught in River Volga. *Ecology letters*, 3, contribution n° 179 disc.
- KIRSCHBAUM F., WIRTH M., GESSNER J., KRÜGER A., PATRICHE N., WILLIOT P., BILLARD R., 1999. Les caractéristiques physico-chimiques de caviars d'esturgeons d'élevage et sauvages. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 85, 85-96.
- KRÜGER A., PUDENZ S., 2002. Chlorinated hydrocarbon pollution in caviar samples. *Intern. Rev. Hydrobiol.*, 87, 629-636.
- MAGNIN E., 1962. Recherches sur la systématique et la biologie des Acipenséridés *Acipenser sturio* L., *Acipenser oxyrinchus Mitchill* et *Acipenser fulvescens* Raf. *Ann. Stat. Centr. Hydrobiol. Appl.*, 9, 7-242.
- MIMS S.D., DOROSHOV S.I., 2000. Sturgeon and paddlefish culture in the United States. *European Aquaculture Society, Special publication*, 28, 479.
- PELISSERO C., 1990. *Interaction de l'alimentation sur la présence de stéroïdes, d'isoflavones et de leur dérivés, dans le plasma de l'esturgeon sibérien (Acipenser baerii). Conséquences sur la vitellogénèse*. Thèse n° 427, université de Bordeaux I, 173 p.
- RUNSTROM A., BRUCH R.M., REITER D., COX D., 2002. Lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) on the Menominee Indian Reservation : an effort toward co-management and population restoration. *J. Appl. Ichthyol.*, 18, 481-485.
- ST. PIERRE R.A., 1999. Restoration of the Atlantic sturgeon in the Northeastern USA with special emphasis on culture and restocking. *J. Appl. Ichthyol.*, 15, 180-182.
- SECOR D.H., AREFEV V., NIKOLAEV A., SHAROV A., 2000. Restoration of sturgeons: lessons from the Caspian Sea sturgeon ranching programme. *Fish and Fisheries*, 1, 215-230.
- SMITH T.I.J., CLUGSTON J.P., 1997. Status and management of Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus*, in North America. *Environ. Biol. Fishes*, 48, 335-346.
- SMITH T.I.J., MCCORD J.W., COLLINS M.R., POST W.C., 2002. Occurrence of stocked shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum* in non-target rivers. *J. Appl. Ichthyol.*, 18, 470-474.
- WEI Q., KE F., ZHANG J., ZHUANG P., LUO J., ZHOU R., YANG W., 1997. Biology, fisheries, and conservation of sturgeons and paddlefish in China. *Environ. Biol. Fishes*, 48, 241-255.
- WILLIOT P., ROCHARD E., CASTELNAUD G., ROUAULT T., BRUN R., LEPAGE M., ELIE P., 1997. Biological characteristics of European Atlantic sturgeon, *Acipenser sturio*, as the basis for a restoration program in France. *Environmental Biology of Fishes*, 48, 359-370.
- WILLIOT P., SABEAU L., GESSNER J., ARLATI G., BRONZI P., GULYAS T., BERNI P., 2001. Sturgeon farming in western Europe : recent developments and perspectives. *Aquat. Living Resour.*, 14, 367-374.
- WILLIOT P., ARLATI G., CHEBANOV M., GULYAS T., KASIMOV R., KIRSCHBAUM F., PATRICHE N., PAVLOVSKAYA L., POLIAKOVA L., POURKAZEMI M., KIM Y., ZHUANG P., ZHOLDASOVA I.M., 2002a. Status and management of Eurasian sturgeon: an overview. *Intern. Rev. Hydrobiol.*, 87, 483-506.
- WILLIOT P., ROUAULT T., BRUN R., PELARD M., MERCIER D., 2002b. Status of caught wild spawners and propagation of the endangered sturgeon *Acipenser sturio* in France: a synthesis. *International Review of Hydrobiology*, 87, 515-524.
- WILLIOT P., ROUAULT T., ROCHARD E., CASTELNAUD G., LEPAGE M., GONTHIER P., ELIE P., 2004. *French attempts to protect and restore Acipenser sturio in the Gironde : status and perspectives, the research point of view*. Bundesamt für Naturschutz. (sous presse)
- ZHOLDASOVA I., 1997. Sturgeons and the Aral sea ecological catastrophe. *Environ. Biol. Fishes*, 48, 373-380.

