



HAL
open science

Les possibilités d'intervention génétique en pisciculture d'étang

Bernard Chevassus-Au-Louis

► **To cite this version:**

Bernard Chevassus-Au-Louis. Les possibilités d'intervention génétique en pisciculture d'étang. La pisciculture en étang, INRA Publi., 1980. hal-01601582

HAL Id: hal-01601582

<https://hal.science/hal-01601582>

Submitted on 8 Jun 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

LES POSSIBILITÉS D'INTERVENTION GÉNÉTIQUE EN PISCICULTURE D'ÉTANG

B. CHEVASSUS

*Laboratoire de Physiologie des Poissons
Centre national de Recherches Zootechniques, I.N.R.A.
78350 Jouy-en-Josas*

Résumé

Trois thèmes seront développés :

— *La sélection des reproducteurs* : elle peut se faire sur la base des performances individuelles (sélection massale) ou en tenant compte des performances des apparentés (sélection de groupe). Dans le cas de la croissance et des paramètres qui lui sont corrélés (fertilité), les considérations théoriques et les résultats décevants de sélection massale obtenus chez la Carpe conduisent à mettre en doute l'efficacité de cette méthode. Par contre, une sélection de groupe exploitant dans un premier temps la diversité interpopulation devrait se révéler efficace.

— *Le croisement intra et interspécifique* : lorsque les populations locales sont *a priori* relativement consanguines, leur recroisement devrait fournir des effets d'hétérosis notables (cas de la carpe). En outre, il permet de recombinaison les caractéristiques de souches différentes (exemple des variétés européennes et asiatiques de carpe commune). Le croisement interspécifique (hybridation) correspond à des finalités voisines (cas des esturgeons). En outre, il peut permettre un contrôle de la reproduction lorsque les hybrides sont monosexes (cas des tilapia) ou stériles (cas des carpes asiatiques).

— *La création de populations monosexes* : l'utilisation des techniques de gynogenèse et d'inversion sexuelle permet d'envisager un sexage génétique à la naissance qui peut s'avérer utile, soit pour éviter la propagation d'une espèce (carpe herbivore aux U.S.A.), soit pour tirer parti d'un dimorphisme de croissance (élimination des mâles de carpe commune en Hongrie). L'extension de ces techniques à d'autres espèces apparaît aisément réalisable.

Summary

Genetic management in pond fish-farming

Three topics are discussed in this article : the selection of breeding fish, intra and interspecific crossing and the production of monosexual populations.

— *The selection of breeding fish*. The fish may be chosen on the basis of individual performance (mass selection) or performance of relatives (groupe selection). Concerning growth and its correlated parameters (fertility), theoretical considerations and the disappointing results obtained with mass selection of carp make this method of doubtful efficiency. On the contrary, group selection initially based on interpopulation diversity, seems to be efficient.

— *Intra and interspecific crossing*. When local populations are relatively inbred, recrossing them should produce notable heterosis (as in carp). Besides, the characteristics of different strains can be combined (example : European and Asiatic varieties of the common carp). Interspecific crossing (hybridation) produces similar results, as in sturgeons, and permits reproduction control when the hybrids are monosexual (tilapia) or sterile (Asiatic carp).

— *Production of monosexual populations*. The use of the techniques of gynogenesis and sex

inversion permit genetic sexing at birth either to avoid the propagation of a species (herbivorous carp in the U.S.A.) or to utilize a growth dimorphism (elimination of the common carp male in Hungary). It would be easy to extend these techniques to other species

Les recherches développées depuis une quinzaine d'années principalement en Europe de l'Est (Pologne, Hongrie, U.R.S.S.) et en Israël permettent d'envisager un certain nombre d'interventions génétiques visant à améliorer la productivité de la pisciculture d'étang. Nous examinerons plus particulièrement trois types d'intervention :

- la sélection des reproducteurs,
- le croisement entre groupes différents,
- la production de populations « monosexes ».

I. La sélection des reproducteurs

Les données disponibles concernent principalement la carpe commune *Cyprinus carpio*.

A. Importance de la variabilité phénotypique

L'apparition dans une population d'alevins de tailles sensiblement homogènes à l'éclosion, d'une très grande hétérogénéité au bout de quelques semaines d'alimentation a été signalée chez de nombreuses espèces élevées en étang, notamment la carpe (Moav et Wohlfarth, 1973), le brochet (Bry et Gillet, 1980) et divers salmonidés (Chevassus, 1976a).

En outre, la distribution des tailles présente souvent une assymétrie marquée, un faible nombre d'individus pouvant atteindre une taille considérable relativement à la moyenne de la population (fig. 1).

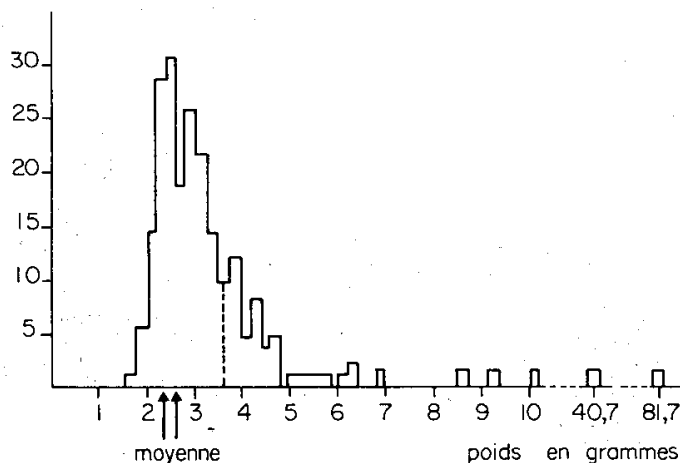


FIG. 1. — Distribution des poids d'alevins de carpes de 4 mois (d'après Moav et Wohlfarth, 1973).

Au cours de la croissance, cette variabilité semble se réduire notablement, sans que les causes de cette réduction (mortalité des petits individus, cannibalisme, croissance compensatrice) soient clairement établies (Zarnecki *et al.*, 1964, chez la carpe commune, Chevassus, 1976, chez la truite arc-en-ciel, Bry, 1980, chez le brochet). Cependant, la diversité des tailles en fin d'élevage reste notable, surtout si on la compare à celle observée dans d'autres populations d'élevage, notamment de volailles ou de mammifères.

Il apparaît donc tentant d'attribuer au moins partiellement cette diversité à une variabilité génétique sous-jacente et de conserver comme reproducteurs les individus ayant présenté la plus forte croissance.

Un certain nombre d'expériences conduisent cependant à douter du bien-fondé d'une telle attitude.

B. Rôle de la compétition interindividus

La très forte variabilité observée à l'issue des premières semaines de croissance semble résulter essentiellement d'interactions sociales entre les alevins. En effet, l'élevage d'individus en compartiments individuels conduit à des distributions quasi-homogènes (fig. 2) chez la carpe (Nakamura et Kasahara, 1957), ce résultat étant

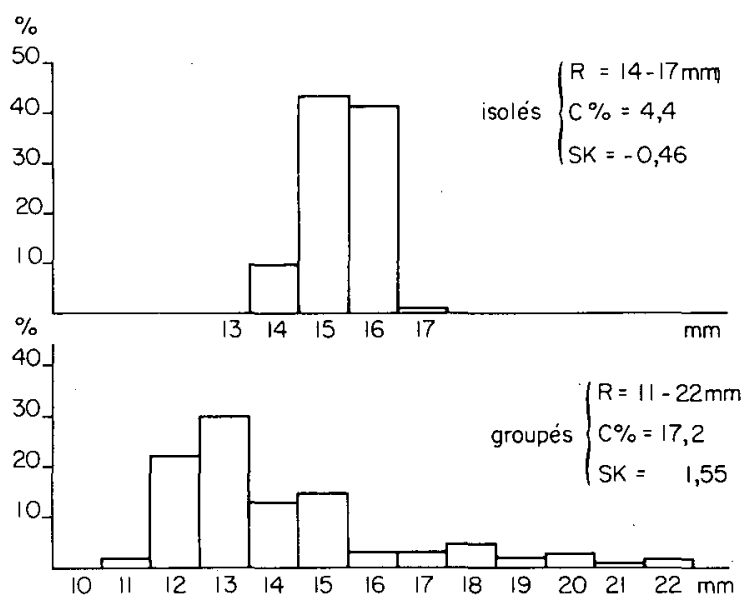


FIG. 2. — Effet de l'isolement chez la carpe : Distribution des tailles d'alevins de 25 jours (d'après Nakamura et Kasahara, 1957).

R : étendue (minimum, maximum).
 C % : coefficient de variation.
 SK : coefficient d'asymétrie.

également observé chez les pleuronectidés (Purdom, 1972) et les salmonidés (Chevassus, 1976b).

Diverses causes possibles (compétition alimentaire, agressivité liée à un comportement territorial, sécrétion d'inhibiteurs de croissance pour les plus gros individus) ont été évoquées pour rendre compte de ce phénomène, mais leur mise en évidence directe reste à réaliser.

C. Effet d'un avantage initial

A l'éclosion, plusieurs phénomènes peuvent conférer à des alevins un certain avantage initial. Deux d'entre eux ont fait l'objet d'études :

- l'antériorité d'éclosion, liée soit à une ponte plus précoce, soit à un certain étalement de la période d'éclosion
- une plus grande taille, liée à des réserves vitellines plus abondantes.

Hulata *et al.* (1976) en manipulant artificiellement ces deux paramètres, ont notamment obtenu une inversion complète du classement des performances de croissance de quatre groupes de carpes communes élevées dans le même étang (tabl. 1). Bry et Gillet (1980) mettent également en évidence chez le brochet une variabilité beaucoup plus importante de la taille des alevins lorsque ceux-ci résultent du mélange de plusieurs pontes. Il semble donc que des avantages initiaux fortuits, amplifiés par la compétition entre individus, puissent suffire à rendre compte de l'apparition d'individus « dominants » qui, du fait de leur situation conserveront ultérieurement cette position.

Cette manière de voir est confortée par les observations de Nakamura et Kasahara (1957, 1969) qui toujours chez la carpe commune, font apparaître de nouveaux « dominants » en éliminant les plus gros individus, sauf dans le cas où ceux-ci sont remplacés par des individus non dominants mais issus de pontes plus précoces, et donc de taille équivalente. Des observations analogues ont également été réalisées chez la truite fario (Brown, 1946).

D. Inefficacité de la sélection massale

Si l'hypothèse précédemment évoquée est correcte, la descendance d'individus

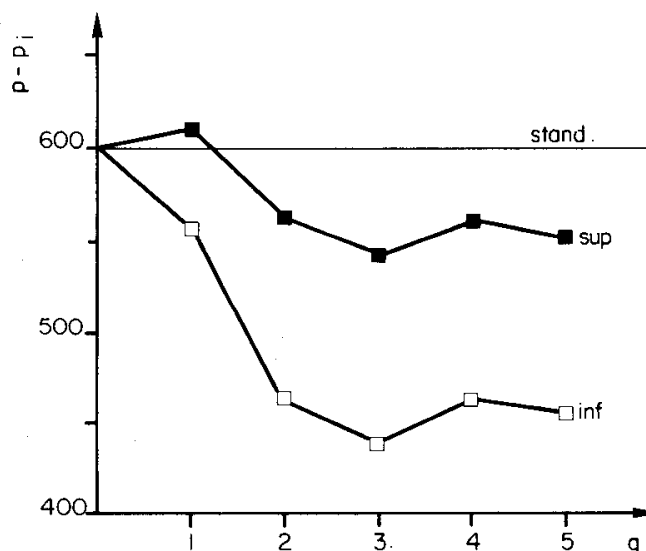


FIG. 3. — Effet de la sélection individuelle pour la croissance en étang chez la carpe (d'après Moav et Wohlfarth, 1976).

stand : lignée témoin.

sup : sélection montante.

inf : sélection descendante.

$p-p_i$: gain de poids en 1 été.

g : génération de sélection.

sélectionnés pour leur forte croissance en situation de compétition ne devraient pas présenter de supériorité de croissance par rapport aux descendants d'individus choisis

TABLEAU 1

Effets maternels, effets d'antériorité et effets génétiques sur la croissance précoce chez la carpe (poids en mg à 28 j) (d'après Hulata et al., 1976)

	Génotype	Etang 1		Etang 2		Etang 3		Etang 4	
		Situation	Performance (Rang)	Situation	Performance (Rang)	Situation	Performance (Rang)	Situation	Performance (Rang)
Lignées européennes	Gold (Go)	VP	43 (4)	JP	100 (4)	VP	259 (1)	VP	265 (1)
	Greg (Gr)	VP	59 (3)	VP	194 (3)	JT	169 (4)	VT	218 (3)
	F ₁ = Go × Gr	VP	77 (2)	VP	269 (2)	JT	200 (3)	VT	256 (2)
Lignée asiatique : Big belly		VP	241 (1)	VP	376 (1)	JT	221 (2)	JT	189 (4)

J : issu d'une mère jeune (1⁺).

V : issu d'une mère âgée (2⁺).

P : issu d'une ponte précoce.

T : issu d'une ponte tardive (1 jour de retard).

au hasard dans la population. Une telle expérience a été réalisée par Moav et Wohlfarth (1976) chez la carpe commune, la sélection étant répétée pendant cinq générations successives sans conduire à une supériorité de la lignée sélectionnée par rapport à la lignée témoin (fig. 3). Par contre, une sélection portant sur les plus petits individus se révèle rapidement efficace, son intérêt pratique étant hélas réduit.

Diverses interprétations peuvent être données à cet échec de la sélection individuelle. On peut notamment supposer que la variabilité observée résulte au moins partiellement d'une diversité génétique entre les individus, mais que les facteurs génétiques conférant une supériorité de croissance en situation de compétition sont spécifiques de cette situation et ne s'exprimeront plus lorsque les descendants seront testés dans des étangs séparés. Une telle hypothèse mériterait d'être vérifiée en réalisant une compétition précoce entre les descendants des individus sélectionnés et la lignée témoin, ce qui suppose de résoudre un délicat problème de marquage. On peut également supposer que le petit groupe d'individus ayant présenté une forte croissance est constitué d'animaux apparentés et que des effets de consanguinité se manifestant dans leur descendance (voir II.2) viennent contrecarrer les effets positifs de la sélection. Quoiqu'il en soit la conclusion reste la même : Chez la carpe,

La sélection de reproducteurs ayant présenté une forte croissance par rapport à la population dont ils sont issus ne conduit pas à une descendance présentant de meilleures performances de croissance.

E. Possibilité d'une sélection de groupe

Si les performances de croissance des individus semblent traduire en grande partie une certaine hétérogénéité initiale d'origine essentiellement fortuite, on peut supposer que les performances moyennes de groupes d'animaux, mesurées en conditions standards, seront beaucoup moins sujettes à de telles perturbations et refléteront plus fidèlement d'éventuelles différences dans les aptitudes à la croissance de ces différents groupes.

Or, de telles différences existent. Ainsi, un testage portant sur 16 groupes de carpes communes représentant 16 femelles différentes et réalisée simultanément dans cinq

TABLEAU 2

Performances de 3 meilleurs et des 3 plus faibles groupes dans une expérience de testage portant sur 16 familles et répétée dans 5 fermes d'élevage (gain de poids en un été) (d'après Moav et Wohlfarth, 1973)

Groupe	Classement moyen	Croissance (g)	Classement dans les 5 fermes				
			n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5
SUP	1	623	1	1	3	3	8
	2	593	2	2	5	2	3
	3	590	3	3	2	1	9
INF	14	504	13	12	14	13	14
	15	480	—	14	15	14	15
	16	440	14	13	16	15	16
			(sur 14)	(sur 14)		(sur 15)	

fermes de production conduit à des gains de poids moyens allant de 440 g à 623 g (tabl. 2), le classement des différents groupes étant sensiblement le même dans les différentes fermes (Moav et Wohlfarth, 1966).

Pour réaliser une telle sélection, deux conditions sont cependant nécessaires :

1. *Améliorer les méthodes de testage*

Pour comparer la croissance de n groupes, il faut tout d'abord les élever en étangs séparés jusqu'à une taille où ils peuvent être marqués et regroupés. Ceci pose deux problèmes :

- D'une part la standardisation des conditions d'alevinage ou du moins la mesure de l'hétérogénéité des milieux utilisés, qui, en favorisant plus ou moins la croissance initiale, peuvent conférer à un groupe donné un avantage à long terme purement fortuit. Wohlfarth et Moav (1972) ont notamment mis en évidence une influence de la taille au marquage sur la performance ultérieure de croissance et ont proposé une correction mathématique pour tenir compte de cet effet.

- D'autre part, l'étude des effets de compétition pendant le testage. Moav et Wohlfarth (1974) ont montré qu'il existe un « effet d'amplification » lié à la compétition, les écarts entre les groupes testés étant plus élevés qu'en situation d'isolement, sans toutefois que le classement des performances de ces groupes ne soit perturbé. Une telle situation favorable n'est sans doute pas générale et des groupes présentant une « aptitude spécifique à la compétition » (bonne performance en compétition et médiocres résultats en bassins séparés) existent sans doute chez certaines espèces.

2. *Etudier la zone de diffusion d'un groupe sélectionné*

Autrement dit les limites d'environnement entre lesquelles ce groupe continuera à manifester sa supériorité. Moav et Wohlfarth (1973) indiquent notamment que des facteurs comme l'intensification de l'élevage peuvent conduire à de faibles performances de génotypes sélectionnés pour l'élevage extensif alors que la diversité physicochimique des étangs ne semble pas créer de telles interactions, au moins en Israël.

II. Le croisement

Le croisement entre groupes différents peut intervenir à divers niveaux dans un schéma d'amélioration génétique. Nous n'examinerons ici que les croisements « terminaux », dans lesquels l'individu issu de croisement est directement destiné à l'élevage.

De manière générale, le croisement vise à regrouper des caractéristiques intéressantes existant dans des groupes différents et/ou à bénéficier d'une caractéristique spécifique du croisement de ces groupes, la plus communément recherchée étant l'hétérosis, ou vigueur hybride. Dans ces deux cas, les groupes croisés doivent donc présenter une certaine différenciation du point de vue génétique.

Nous examinerons trois cas :

- le croisement entre groupes déjà différenciés (races géographiques),
- la création préalable de lignées consanguines,
- le croisement entre espèces différentes (hybridation).

A. Croisement entre races géographiques

Une illustration de cette méthode est fournie par le croisement entre les races européennes et asiatiques de la carpe commune (Moav *et al.*, 1975 ; Wohlfarth *et al.*, 1975). Le premier type, sélectionné pour l'élevage extensif, voit ses performances très altérées par l'intensification (fig. 4). Le type asiatique, par contre, s'adapte beaucoup

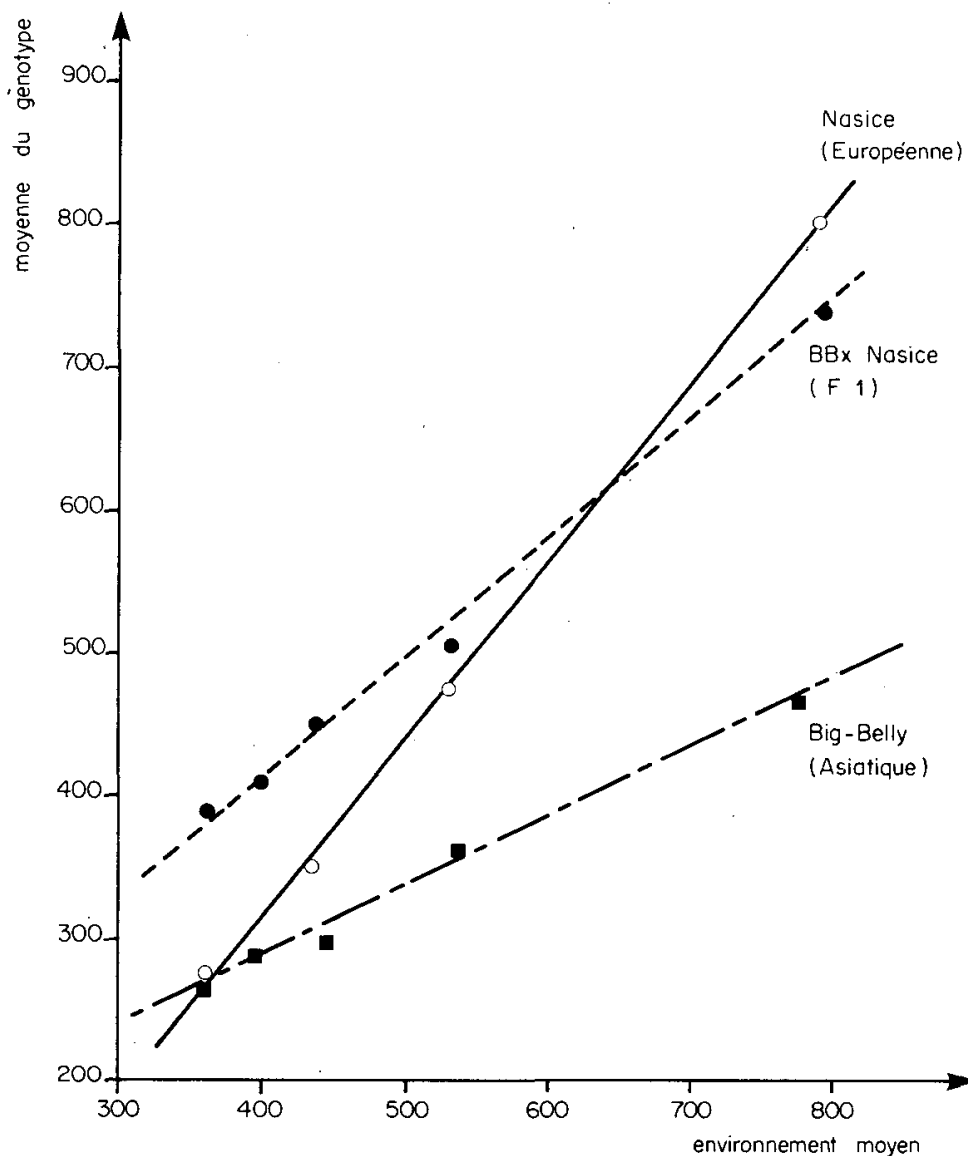


FIG. 4. — Performance de croissance de lignées européennes, asiatiques et hybrides de carpe commune (d'après Moav *et al.*, 1975). (Les valeurs croissantes de l'environnement moyen = croissance moyenne des groupes, correspondent à des densités décroissantes.)

mieux mais possède des potentialités maximales de croissance plus limitées. L'hybride obtenu apparaît supérieur aux races parentales dans la quasi totalité des cas, ce qui peut s'interpréter soit comme un effet d'hétérosis, soit comme une combinaison des aptitudes à la croissance de la carpe européenne et de la tolérance à l'intensification de la carpe asiatique. Des résultats intéressants semblent également apparaître lorsque les groupes parentaux sont des populations d'élevage maintenues isolées pendant de nombreuses

générations. Ainsi chez la carpe (tabl. 3), le croisement entre diverses populations d'Europe de l'Est conduit à un hétérosis marqué portant sur la croissance, le taux de survie et le taux de conversion de l'aliment (Novak *et al.*, 1979).

TABLEAU 3

*Effets d'hétérosis chez la carpe commune sur une période de testage d'un an
(d'après Nowak *et al.*, 1979)
Mise en charge initiale 10 000 alevins/ha*

Lignée		Gain de poids (g)	Survie (%)	Production (kg/H ^{ct})	Coefficient de conversion
Populations isolées	Z	98	57	559	3,20
	G	140	83	1 162	2,85
	W	128	90	1 152	2,55
Hybrides	W × Z	174	99	1 723	2,02
	W × G	162	96	1 555	2,13

B. Croisement entre lignées consanguines

Dans l'étude précédente, les faibles performances des groupes parentaux peuvent être attribuées à un niveau de consanguinité relativement élevé résultant de leur longue maintenance en populations isolées comportant un faible nombre de reproducteurs. De tels effets de consanguinité ont effectivement été mis en évidence, en réalisant notamment des croisements frère × sœur. Moav et Wohlfarth (1966) évaluent à 10 à 20 % la dépression de croissance qui en résulte et notent également dans les groupes consanguins une diminution de la viabilité et une augmentation de la fréquence des malformations.

Le recours à des croisements entre populations éloignées apparaît donc comme une méthode permettant d'obtenir immédiatement un progrès génétique notable et est d'ors et déjà utilisée à grande échelle en Hongrie (Bakos, 1976) et en Israël (Moav et Wohlfarth, 1973).

Pour améliorer l'efficacité d'une telle méthode, il est classique de réaliser dans un premier temps une consanguinité systématique aboutissant à fractionner les populations en un grand nombre de lignées pures puis de rechercher le meilleur croisement possible entre ces lignées, qui sera fourni aux éleveurs sous forme de géniteurs des lignées pures choisies ou d'alevins hybrides. Pour qu'une telle opération soit envisageable, il faut cependant disposer d'une méthode efficace permettant l'obtention rapide de lignées pures. Le recours à des croisements frère × sœur répétés apparaît beaucoup trop lent du fait de l'intervalle des générations (2 à 3 ans chez la plupart des espèces d'intérêt économique). L'autofécondation d'individus hermaphrodites est une méthode plus rapide mais nécessite un traitement hormonal des animaux difficile à maîtriser (Jalabert *et al.*, 1975). La mise au point d'une gynogénèse induite chez diverses espèces, notamment la carpe commune (Golovinskaia, 1968) la carpe chinoise *ctenopharyngodon idella* (Stanley et Jones, 1976) le silure *Silurus glanis* (Nagy *et al.*, 1978), les esturgeons (Romashov *et al.*, 1963) apporte une solution nouvelle. Schématiquement (fig. 5) cette technique consiste à réaliser une « pseudofécondation » en induisant le développement de l'ovule par un spermatozoïde dont le noyau a été inactivé par un traitement physique

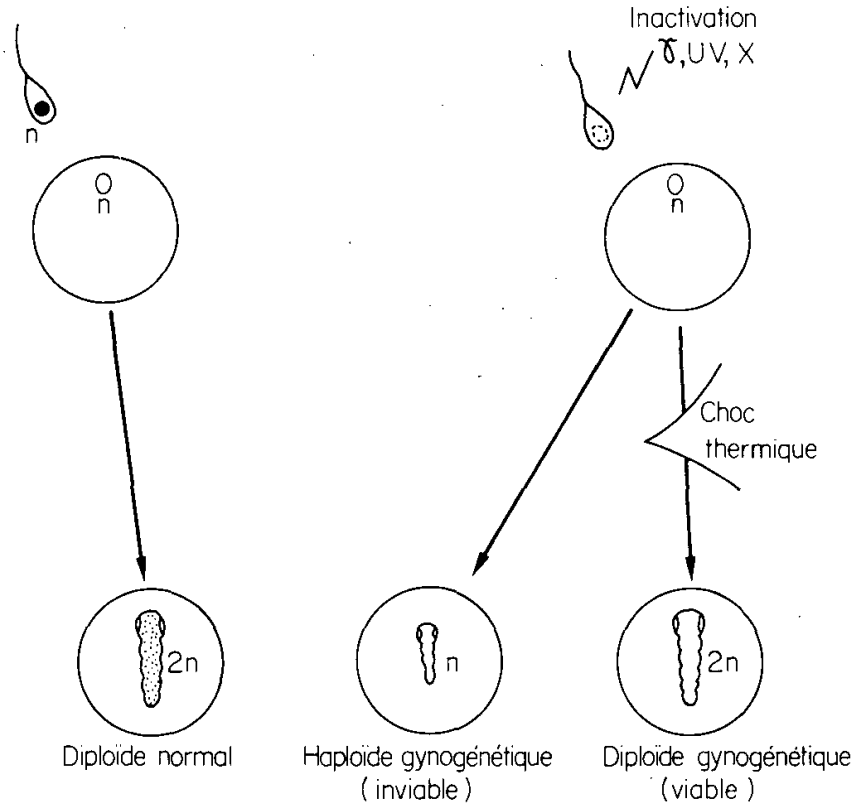


FIG. 5. — Gynogenèse induite chez les poissons : un spermatozoïde inactivé peut dans certain cas stimuler le développement de l'ovule. Un choc thermique adéquat rétablit ensuite un stock génétique diploïde à partir des seuls chromosomes de l'ovule.

(rayons ultra-violet, X ou gammas) ou chimique, puis à compenser l'absence du stock génétique paternel par un doublement du stock génétique de l'ovule. On obtient, ainsi un individu dont tous les gènes sont d'origine maternelle et dont le niveau de consanguinité est extrêmement élevé. On peut espérer ainsi, en répétant l'opération un faible nombre de fois, obtenir des lignées pures qui pourront être évaluées pour leur aptitude au croisement.

C. Croisement entre espèces différentes

Le croisement entre espèces différentes peut viser à combiner dans un même individu les aptitudes spécifiques des espèces parentales. Ainsi le Bester, hybride entre deux espèces d'esturgeon, le Beluga (*Huso huso*) et le Sterlet (*Acipenser ruthenus*) combine les fortes potentialités de croissance du premier avec la précocité sexuelle et les qualités gustatives du second (Charlon et Williot, 1978). Sa production et son élevage en étang sont réalisés à grande échelle en Union Soviétique et fournit des animaux de 800 g à 1 kg à la fin du 3^e été.

En outre, le croisement interspécifique permet dans certains cas d'obtenir des individus stériles. Deux cas sont à distinguer :

— Les cas les plus fréquents ou les individus présentent une gonade développée, mais ou les gamètes produites sont inviables, que ce soit pour l'obtention d'un F_2 (hybride de 2^e génération) ou le croisement avec les espèces parentales. C'est notamment le cas

du croisement carpe commune ♀ (*Cyprinus carpio*) X carpe argentées ♂ (*Hypophthalmichthys molitrix*) chez les cyprinidés (Bakos *et al.*, 1978). De tels hybrides permettent de tester de nouvelles formules de production en évitant la prolifération et la dissémination éventuelle des animaux utilisés.

— Les cas ou les individus présentent une réduction marquée de la croissance de la gonade. Outre l'intérêt évoqué précédemment, ces animaux peuvent permettre d'améliorer la rentabilité des élevages, leur indice de carcasse étant notablement plus élevé que ceux d'animaux fertiles de même âge. On peut citer notamment la truite « Tigre » (Truite commune *Salmo trutta* ♀ X Saumon de fontaine *Salvelinus fontinalis* ♂), utilisée notamment en Tchécoslovaquie dans les lacs réservoirs, pour y contrôler les proliférations de poissons blancs.

Il semble donc que l'exploration des possibilités offertes par le croisement entre espèces différentes ou entre groupes de la même espèce devrait permettre de fournir aux pisciculteurs d'étangs des animaux leur permettant d'améliorer et/ou de diversifier leur production.

III. Les populations monosexes

A. Intérêt de ces populations

L'élevage de population monosexes apparaît une solution intéressante dans un certain nombre de cas :

— Lorsque la prolifération rapide des animaux conduit à une surdensité perturbant la croissance. C'est notamment le cas de l'élevage des *Tilapia* en zone tropicale.

— Lorsque l'on souhaite prévenir la dissémination éventuelle d'une espèce introduite. On peut citer le cas de la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*) introduite dans divers réseaux d'irrigation pour y effectuer un certain « faucardage naturel », notamment dans le sud des Etats-Unis (Stanley, 1976).

— Lorsque l'un des sexes présente des performances plus intéressantes en élevage, notamment une croissance plus rapide ou une maturité sexuelle plus tardive. Chez les poissons, c'est généralement le sexe femelle qui présente éventuellement ces caractéristiques.

B. Techniques de production

Un certain nombre de techniques permettent d'envisager la production de ces populations monosexes. On en trouvera un exposé plus détaillé dans un autre article (Chevassus *et al.*, 1979). Nous nous limiterons à décrire celle qui semble présenter le plus d'intérêt, à savoir la méthode de « Sexage génétique ». Elle comprend trois phases (fig. 6) :

1. Gynogénèse initiale

Nous avons vu précédemment que dans la gynogénèse tout le matériel génétique des individus produits est d'origine maternel. Lorsque ce matériel génétique ne contient que

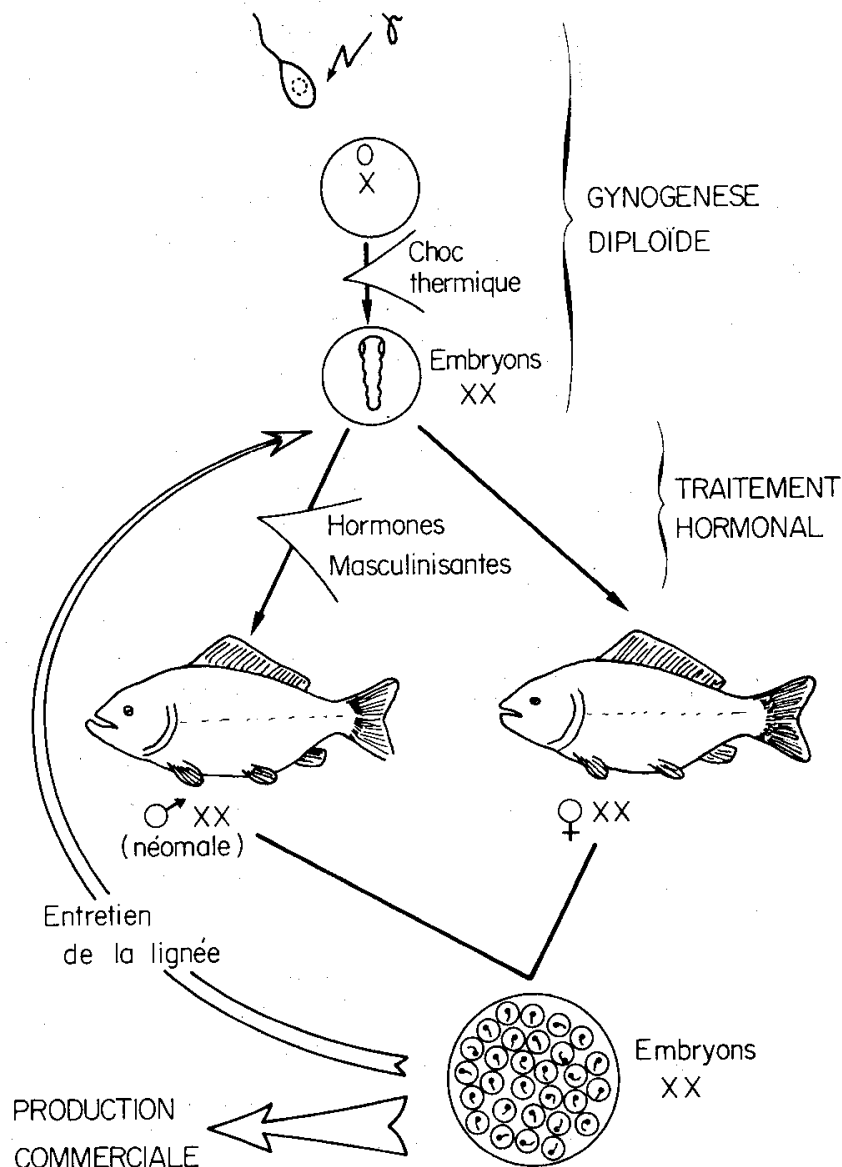


FIG. 6. — Principe du sexage génétique chez les espèces « femelle homogamétique ». Le système repose sur la création et l'entretien d'une petite population de « néomales » génétiquement femelles, dont la descendance est donc génétiquement femelle.

des facteurs génétiques induisant un sexe femelle (on dit que la femelle est homogamétique et l'on représente ses déterminants sexuels par les symboles XX) les descendants obtenus seront tous femelles. C'est notamment ce que l'on observe chez la carpe herbivore (Stanley 1976) et la carpe commune (Nagy *et al.*, 1978). On a donc une première technique conduisant à l'obtention d'une descendance monosexue. Malheureusement, nous avons vu que les animaux obtenus étaient fortement consanguins et pouvaient donc présenter des performances moins satisfaisantes.

2. Inversion sexuelle

Ces animaux ne sont donc pas utilisés pour une production commerciale. Dans la mesure où la différenciation sexuelle des animaux ne s'achève qu'après plusieurs semaines de croissance, il est relativement aisé d'influer sur cette différenciation et d'obtenir des individus que nous appellerons « néomales » car bien que génétiquement

femelles, ils se différencieront en mâles et produiront du sperme. La technique actuellement la plus efficace semble être l'incorporation de faibles quantités d'hormones masculinisantes (Méthyltestostérone) dans l'aliment utilisé au cours des premières semaines de croissance (Yamazaki, 1976).

3. Production commerciale

Les « néomales » étant génétiquement femelles, leur sperme ne propagera aucun déterminant sexuel mâle, du moins dans le cas des espèces « femelle homogamétique ». Lorsqu'ils seront utilisés pour féconder des ovules normaux, les embryons obtenus seront donc tous de sexe femelle et pourront faire l'objet d'un élevage commercial, dans la mesure où un faible nombre de mâles est suffisant pour féconder un grand nombre de femelles.

Une telle technique peut donc être mise en œuvre assez rapidement, la production et l'entretien de la population de « néomales » étant réalisés dans des centres spécialisés fournissant à l'éleveur soit des « néomales certifiés » soit des œufs fécondés « 100 % femelles ».

Conclusion

Les données et conclusions que nous avons présentées, émanent pour la plupart de pays (Europe de l'Est, Israël, Etats-Unis) où il existe une activité de recherche spécifiquement axée sur la pisciculture d'étang. L'application de ces méthodes dans le contexte français nécessite sans aucun doute la mise en place d'expérimentation, visant à les adapter aux espèces et aux conditions locales, mais peut représenter l'une des clés de la compétitivité et donc de la survie de ce type de pisciculture.

Références bibliographiques

- BAKOS J., 1976. Crossbreeding Hungarian races of common carp to develop more productive hybrids. *FAO Techn. Conf. on Aquaculture, Kyoto*, E 74.
- BAKOS J., KRASZNAI Z., MARIAN T., 1978. Cross-breeding experiments with carp, tench and asian phytophagous cyprinids. *Aquacultura Hungarica* (Szarvas), 1, 51-57.
- BROWN M. E., 1946. The Growth of Brown trout (*Salmo trutta* L.). I. Factors influencing the growth of trout fry. *J. Exp. Zool.*, 22, 118-130.
- BRY C., 1980. Influence de la densité initiale de peuplement sur la survie et la croissance du Brochet, (*Esox lucius*) stocké à l'âge de 3 mois. 317-323, in R. Billard, *La Pisciculture en Etang*, I.N.R.A. Publ. Paris.
- BRY C., GILLET C., 1980. Reduction of cannibalism in Pike (*Esox lucius*) fry by isolation of full-sib Families. *Reprod. Nutr. Develop.*, 20, 173-182.
- CHARLON N., WILLIOT P., 1978. Elevage d'esturgeons de repeuplement et de consommation en U.R.S.S. *Bull. Cent. Rech. Sci.*, Biarritz, 12, 7-156.
- CHEVASSUS B., 1976a. Variabilité et héritabilité des performances de croissance chez la truite Arc-en-ciel (*Salmo gairdnerii* Richardson). *Ann. Génét. Sel. Anim.*, 8, 273-283.
- CHEVASSUS B., 1976b. Génétique et aquaculture : Esquisse d'une méthodologie. *Océanis.*, 2 (5), 187-218.
- CHEVASSUS B., CHOURROUT D., JALABERT B., 1979. Le contrôle de la reproduction chez les poissons. I. Les populations « monosexes ». *Bull. Français. Pisc.*, 274, 18-31.
- GOLOVINSKAYA K. A., 1969. Artificial gynogenesis in carp, pp. 74-78. In : B.I. Cherfas (ed.), Genetics, selection, and hybridization of fish. Ministry of Fish. R.S.F.S.R. *Transl. from. Russ. for. Nat. Mar. Fish. Serv.*, Washington, D.C., 1972.

- HULATA G., MOAV R., WOHLFARTH G., 1976. The effects of maternal age, relative hatching time and density of stocking on growth rate of fry in the European and Chinese races of the common carp. *J. Fish. Biol.*, **9**, 499-513.
- JALABERT B., BILLARD R., CHEVASSUS B., 1975. Preliminary experiments on sex control in trout : Production of sterile Fishes and Simultaneous Self. fertilisable hermaphrodites. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **15**, 19-28.
- MOAV R., WOHLFARTH G., 1966. Genetic improvement of yield in carp. *FAO Fish. Rep.*, **44** (4), 12-29.
- MOAV R., WOHLFARTH G., 1973. Carp breeding in Israel. In *Agricultural genetics Selected topics*, J. Moav, New York, Wiley.
- MOAV R., WOHLFARTH G., 1974. Magnification through competition of genetic differences in yield capacity in carp. *Heredity.*, **33**, 181-202.
- MOAV R., HULATA G., WOHLFARTH G., 1975. Genetic differences between the chinese and european races of the common carp. I. Analysis of genotype-environment interactions for growth rate. *Heredity.*, **34**, 323-340.
- MOAV R., WOHLFARTH G., 1976. Two-way selection for growth rate in the common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Genetics.*, **82**, 83-101.
- NAGY A., RAJKI K., HORVATH L., CSANYI V., 1978. Investigation on carp (*Cyprinus carpio* L.) gynogenesis. *J. Fish. Biol.*, **13**, 215-224.
- NAKAMURA N., KASAHARA S., 1957. A Study of the phenomenon of the tobi koi or shoot carp. III. On the results of culturing the modal group and the growth of carp fry reared individually. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **22** (11), 674-678 (in Japanese with English summary).
- NAKAMURA N., KASAHARA S., 1969. A Study of the phenomenon of the tobi koi or shoot carp. IV. Effects of adding a small number of larger individuals to the experimental batches of carp fry and of culture density upon the occurrence of shoot carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **27** (11), 958-962 (in Japanese with English summary).
- NOWAK M., MEJZA T., WRONA J., 1979. Kryteria prowadzenia prac selekcyjnych oraz gospodarcze efekty heterozyjnych krzyżówek karpia. Comm. au 3^e Congrès Européen d'Ichthyologie, Varsovie.
- PURDOM C., 1972. Genetics and Fish Farming. Laboratory Leaflet (New series) n° 25 Lowestoft. Suffolk.
- ROMASHOV D. D., NIKOLYUKIN N. I., BELYAEVA V. N., TIMOFEEVA N. A., 1963. Possibilities of producing diploid radiation-induced gynogenesis in sturgeons. *Radiobiologia*, **3**, 104-109., Transl. From. Russ., *Radiobiology*, **3**, 145-154.
- STANLEY J., 1976a. A review of methods for obtaining monosex fish and progress report on production of monosex white Amur. *J. of Aquatic plant management*, **14**, 68-70.
- STANLEY J., 1976b. Female homogamety in Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*) determined by gynogenesis. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **33**, 1373-1374.
- STANLEY J., JONES J. B., 1976. Morphology of androgenetic an gynogenetic grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) (Valenciennes). *J. Fish. Biol.*, **9**, 523-528.
- WOHLFARTH G. W., MOAV R., 1972. The regression of weight gain on initial weight in carp. I. Methods and Results. *Aquaculture*, **1**, 7-28.
- WOHLFARTH G., MOAV R., HULATA G., 1975. Genetic differences between the chinese and european races of the common carp. II. Multicharacter variation. A response to the diverse methods of fish cultivation in Europe and China. *Heredity.*, **34**, 341-350.
- YAMAZAKI F., 1976. Application of hormones in fish culture. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **33**, 948-958.
- ZARNECKI S., 1964. Das Problem der Vorwüchse in den Karpfenteichen. *Zeit. für Fisherei und deren Hilfswissenschaften.*, **12** (8.9.10), 685-707.