

ELEVAGE DU BAR AMERICAIN *ROCCUS SAXATILIS* (WALBAUM, 1792)

I. - Méthodes utilisées

par Anne DELOR

Introduction.

Désirant acquérir les techniques piscicoles nécessaires pour aborder les problèmes que pose l'élevage des poissons marins, nous avons effectué un stage de formation aux U.S.A. et avons choisi comme sujet d'étude le bar rayé américain (*Roccus saxatilis* WALB, 1972) dont l'élevage semi-intensif est en plein essor (1).

En premier lieu, nous rappellerons quelques données biologiques. C'est un Perciforme de la famille des Serranidés, très abondant sur la côte atlantique des États-Unis. On le rencontre depuis le Canada jusqu'au nord de la Floride, ce qui traduit une importante eurythermie.

C'est en outre un poisson extrêmement euryhalin : il vit soit en mer, le long des côtes, soit en eau saumâtre, dans les baies et les estuaires et peut remonter très haut dans les zones de salinité presque nulle. On remarque la présence d'individus adultes de même âge et d'âge différent en mer et en eau saumâtre ; il est donc impossible de relier certains stades de la croissance à des salinités préférentielles.

Au moment de la reproduction, ce poisson effectue des migrations anadromes et pond en eau douce, en amont des rivières côtières. Les œufs sont démersaux et donnent naissance à des larves vésiculées qui se développent ensuite selon un schéma commun à la plupart des téléostéens marins.

La croissance linéaire du bar rayé est rapide et maximum pendant le printemps et l'été. La croissance pondérale est importante durant les mois d'hiver précédant la maturation des produits génitaux.

Le régime alimentaire des adultes comprend essentiellement des poissons et des crustacés.

Le bar rayé, en raison de sa taille, de sa combativité, et la saveur de sa chair, se range parmi les poissons sportifs et commerciaux les plus importants aux États-Unis ; il fut l'objet de nombreuses recherches effectuées tant par les biologistes que par les pisciculteurs. Les premières expériences datent de la fin du XIX^e siècle. Devant l'intérêt accru des pêcheurs, il fut acclimaté sur la côte pacifique dans la baie de San-Francisco en Californie. Pendant les trente années qui suivirent cette première introduction, l'espèce s'est répandue tout le long de la côte pacifique des États-Unis. Simultanément, devant faire face à une importante baisse des populations sur la côte atlantique, WORTH réalisa les premières expériences de fécondations artificielles. Ainsi, dès 1900, commença l'élevage du bar rayé. Il ne prit son véritable essor qu'en 1960 où débutèrent les expériences d'injection hormonale et d'ovulation artificielle de STEVENS. Depuis, on a montré, en maintenant des populations en réservoir, qu'il était possible de réaliser le cycle biologique complet de *Roccus saxatilis* en eau douce, ce qui permet d'envisager l'élevage intensif. Actuellement, de nombreuses piscicultures s'implantent dans le centre des U.S.A., s'ajoutant aux établissements côtiers et participant au réempoissonnement artificiel de nombreux lacs, rivières et réservoirs.

(1) Cette étude a fait l'objet d'une thèse de Doctorat de 3^e cycle, présentée à la Faculté des Sciences de Paris.

Le travail que nous nous proposons de présenter se divise en deux parties : la première est une mise au point des techniques piscicoles employées dans l'élevage de *Roccus saxatilis*, la seconde (1) une tentative de réponse aux problèmes biologiques que nous avons rencontrés au cours de notre séjour.

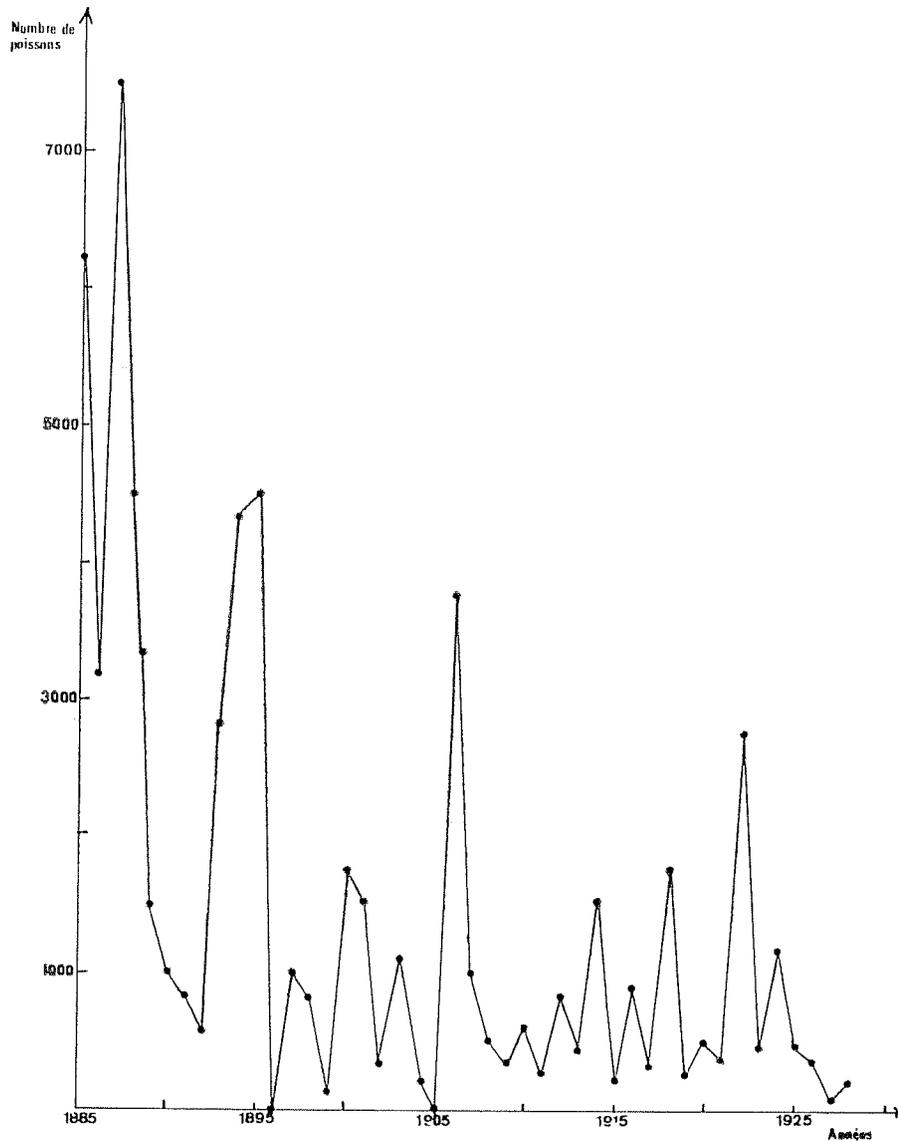


FIG. 1. — Nombre de bars rayés pris au filet dans la baie de Fort-Pond, Long Island, de 1884 à 1908 (MERRIMAN, 1937).

A. - Historique.

Comme le montre la courbe établie par MERRIMAN (1937) (fig. 1), les populations de bar rayé ont considérablement diminué dans la région de Long Island entre 1885 et 1928. Ce phénomène n'est pas particulier à cette région ; de nombreux auteurs l'ont constaté tout le long des côtes des États-Unis.

(1) Cette deuxième partie fera l'objet d'une publication ultérieure dans Science et Pêche.

NORNY (1882) et WORTH (1882) furent les premiers à poser le problème d'un réempoissonnement artificiel.

Située le long de la rivière Roanoke, sur une aire de reproduction du bar rayé, la pisciculture de Weldon (Caroline du Nord) (fig. 2) fut construite au début du 19^e siècle afin d'étudier les populations du Clupéidé commercial *Alosa sapidissima* et du Serranidé *Roccus saxatilis*. Le bar rayé, principal prédateur de cette alose, joue le rôle de régulateur de population. De 1884 à 1904, WORTH mena à Weldon les premières expériences de fécondation artificielle et d'incubation des œufs de *Roccus saxatilis*. Cette pisciculture fut pendant longtemps la seule à fournir un grand nombre de larves de bar rayé, destinées à réempoissonner divers lacs et rivières.

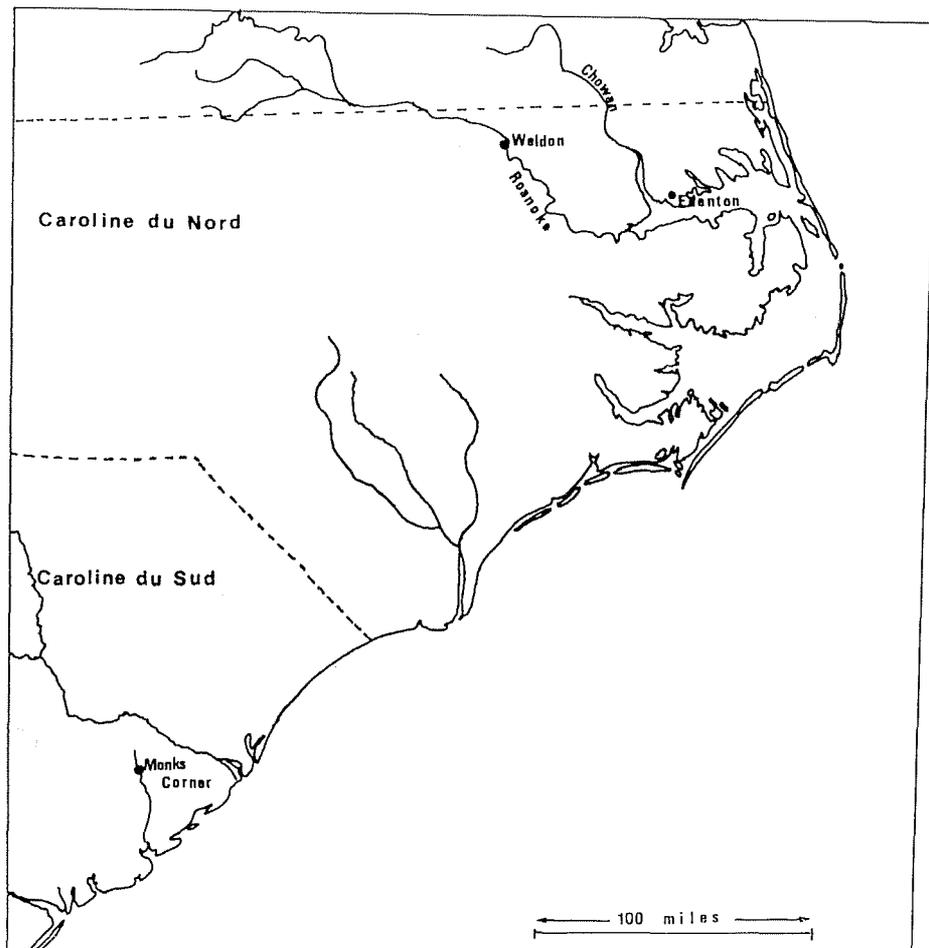


FIG. 2. — Principales piscicultures de la côte atlantique.

Dans ce même Etat, la pisciculture d'Edenton fut construite en 1889 sur la rive sud de la rivière Pamlico, à l'est de l'embouchure de la Chowan et à environ 5 km de l'Albemarle Sound (fig. 2), afin d'assurer la propagation artificielle d'*Alosa sapidissima*. En raison de l'intérêt accru des pêcheurs pour le bar rayé, elle subit en 1958 une nouvelle orientation, à savoir l'élevage des jeunes de *Roccus saxatilis* jusqu'à une taille d'environ 10 cm. Elle est actuellement l'une des plus importantes exploitations semi-intensives de bar rayé.

En Caroline du Sud, la principale zone de reproduction du bar rayé se situe dans les rivières Santee et Cooper. Ces rivières, barrées par 2 usines hydroélectriques, sont actuellement reliées en

amont par un réservoir artificiel dans lequel s'est installée une population sédentaire de bars rayés (SCRUGGS et FULLER, 1954). Afin d'étudier cette population, la pisciculture de Moncks Corner fut construite en 1961 sur la rivière Cooper et devint, dès cette année, l'une des premières productrices de larves de bar rayé.

La présence d'une population sédentaire dans le réservoir Santee-Cooper montre qu'il est possible d'adapter le bar rayé en eau douce. Cette observation a permis à de nombreuses piscicultures de s'implanter dans le centre des États-Unis afin de peupler divers lacs, rivières et réservoirs.

B. - Méthodes d'élevage.

1. Approvisionnement et stockage des géniteurs.

De nombreuses expériences de marquage ont permis de déterminer les lieux de ponte, si bien que l'approvisionnement en géniteurs ne pose actuellement pas de problèmes majeurs. Le mode de capture diffère selon que la pêche s'effectue en rivière ou en estuaire. En rivière, la seule technique utilisée, que nous avons nous-mêmes pratiquée à Moncks Corner, est la pêche électrique (fig. 3 et 4) ; en estuaire, les pêches s'effectuent au filet droit ou à la senne. Si la longueur à la fourche des géniteurs est inférieure à 40 cm, ceux-ci sont rejetés à l'eau, car considérés comme trop jeunes (environ 3 ans : MANSUETTI, 1961) pour être sexuellement mûrs.

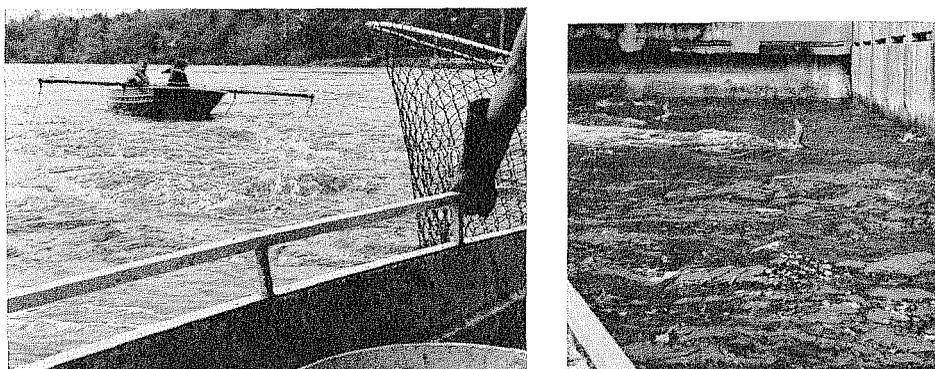


FIG. 3 et 4. — Pêche électrique. A droite : bar rayé bondissant hors de l'eau.

Les méthodes de transport des géniteurs de la zone de pêche à la pisciculture dépendent de l'éloignement de celle-ci. A Moncks Corner, situé à côté de la zone de fraye, les géniteurs sont simplement placés dans des récipients d'eau à bord des bateaux. Pour Edenton, et les autres piscicultures trop éloignées des aires de ponte, le transport s'effectue grâce à des camions équipés de cuves dont l'eau est aérée au moyen de bulleurs.

Une fois à la pisciculture, les géniteurs sont stockés dans des bassins cimentés (fig. 5). Une légère pression sur l'abdomen fait sortir quelques gouttes de sperme chez les mâles : il est ainsi possible de séparer les femelles des mâles. Ces derniers sont tous stockés dans un même bassin ; celui destiné à recevoir les femelles est équipé de cloisons de grillage amovibles permettant de le diviser en compartiments plus petits ; chaque compartiment reçoit une à deux femelles, ce qui permet de mieux les surveiller (fig. 5, 6 et 7).

L'eau des bassins, pompée à partir d'une source souterraine, est filtrée ; l'oxygénation s'effectue par brassage de cette eau avec de l'air comprimé. Aucun traitement prophylactique n'est appliqué aux adultes.

Assez curieusement, l'approvisionnement en géniteurs de la pisciculture de Weldon (Caroline du Nord) dépend des pêcheurs sportifs. Il est de tradition dans la région de pêcher *Roccus saxatilis* au moment de la saison de reproduction. De nombreuses barques de pêche sillonnent la rivière, guettant à la surface les remous que provoquent les poissons au cours des mouvements exécutés avant l'expulsion des produits génitaux. Les adultes sont attrapés à ce moment à l'aide de



FIG. 5. — Bassin de stockage des géniteurs.

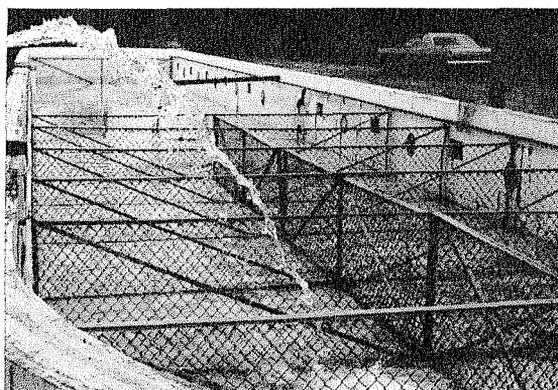


FIG. 6. — Cloisons amovibles.

très grandes épuisettes. Cette pratique, simple, nécessite cependant une grande habileté ; il est malgré tout fréquent de récolter en un seul coup d'épuisette 3 à 6 poissons (2 à 3 mâles pour 1 femelle) ; dans certains cas, exceptionnels, on peut obtenir jusqu'à 30 poissons. Les géniteurs sont:

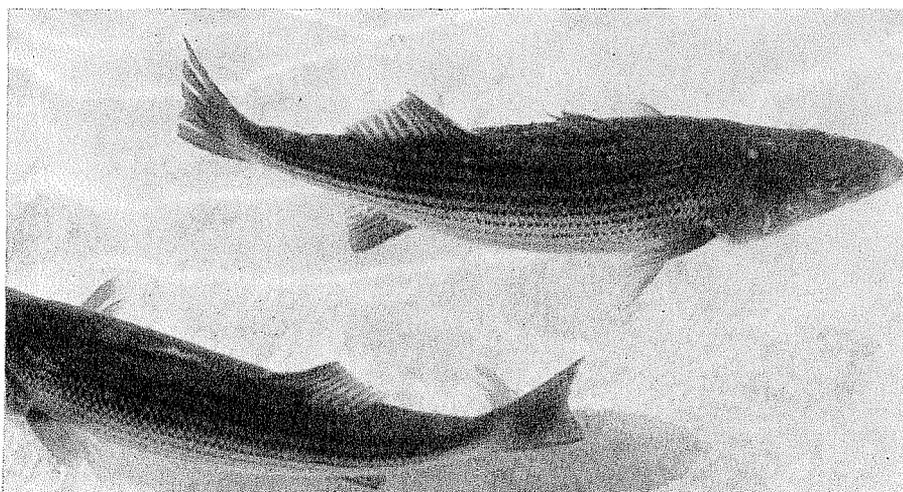


FIG. 7. — Femelles injectées en attente dans un bassin.

immédiatement amenés à la pisciculture où s'effectue la fécondation artificielle. Aucun traitement hormonal n'est nécessaire car les femelles sont amenées au moment même de la ponte. Les pêcheurs reçoivent une prime de 20 \$ par million d'œufs viables, ce nombre étant évalué 24 h après la fécondation.

2. Ovulation artificielle.

Afin de satisfaire à une demande de plus en plus importante d'alevins, nécessaire au réempoissonnement des différents lacs et rivières de la région, la pisciculture de Moncks Corner éla-

bora en 1961 un important programme de pêche dans les aires de fraye des rivières Santee et Cooper (Caroline du Sud). Au cours des mois d'avril et mai, pendant la période de ponte, 900 femelles, pesant entre 3 et 11 kilogrammes, furent examinées. Tous les stades de maturation des ovules au sein de l'ovaire furent rencontrés. Cependant, on n'obtint aucune femelle présentant des œufs clairs (après polarisation du vitellus), séparés les uns des autres et prêts à être pondus.

STEVENS (1961) conclut de cette expérience que la femelle de *Roccus saxatilis* pond ses œufs, très peu de temps après que ceux-ci soient devenus libres dans l'ovaire, et il est donc extrêmement difficile d'obtenir une femelle mûre n'ayant pas encore pondu. De même, PEARSON (1938) expérimentant au Havre de Grace (Maryland) ne put obtenir des géniteurs mâles et femelles mûrs simultanément; SCOFIELD et COLEMAN (1910) sur la rivière San-Joaquim (Californie) ne purent capturer de femelles mûres. A la fin de la saison de reproduction, afin de surmonter cette difficulté, quelques femelles reçurent une injection d'oestrogènes. Aucun résultat ne fut observé, faute de bassins suffisamment grands, pour permettre la maintenance et la surveillance des femelles traitées. De 1962 à 1966, de nombreuses hormones furent testées afin de mettre au point l'ovulation artificielle. Seules les femelles nécessitent une injection. Le sperme est obtenu aisément, contrairement aux ovules, après pression manuelle des flancs d'un mâle. Il suffit donc de maintenir en bassin un stock de mâles mûrs. Les femelles sexuellement mûres, subissant une injection hormonale, sont en moyenne âgées de 4 à 5 ans et pèsent de 6 à 7 kg; les mâles plus jeunes, stockés en bassin, sont âgés de 2 à 3 ans et pèsent de 4 à 5 kg.

Le problème de l'ovulation artificielle par injections hormonales fut résolu par STEVENS. La méthode fut affinée dans les différentes piscicultures mais ne fait plus l'objet d'expériences suivies. C'est pourquoi l'exposé de ce paragraphe provient, dans sa presque totalité, de la compilation des travaux effectués de 1962 à 1967.

Hormones utilisées.

D'après STEVENS et FULLER (1962), les hormones suivantes furent testées.

a) La gonadotropine chorionique « Chorionic gonadotropin hormone » (C.G.H.).

Après les travaux de PICKFORD et ATZ (1957) sur l'endocrinologie de la glande pituitaire des poissons, de nombreux auteurs dont RAMASWANI et SUNDARARAJ (1958), SNEED et CLEMENS (1959), SNEED et DUPREE (1961) ont démontré la possibilité de remplacer ces hormones pituitaires par la gonadotropine chorionique humaine, afin de provoquer la ponte chez les poissons d'eau douce. La gonadotropine chorionique utilisée dans ce cas n'est pas d'origine humaine mais provient de divers mammifères.

b) L'hormone F.S.H., provient aussi de divers mammifères.

c) L'hormone lutéinisante L.H., d'origine synthétique.

d) Les oestrogènes: 5 différentes préparations furent utilisées, s'administrant en tablettes par voie orale, par piqûres intramusculaires ou intrapéritonéales, enfin en injections par le pore génital.

Certaines hormones ont été utilisées en synergie avec la gonadotropine chorionique telles que la thyrostimuline (T.S.H.) en particulier. SNEED et DUPREE (1961) ont montré qu'on pouvait obtenir l'ovulation chez des femelles gravides de *Carassius auratus* et *Lepomis cyanellus*, en utilisant ces deux hormones simultanément. Puis, la testostérone, des tablettes d'extraits thyroïdiens qui en outre augmentent le métabolisme du poisson, le cytomel (dérivé de la liotryronine pouvant remplacer les extraits thyroïdiens), l'enovid (préparation synthétique dont l'action est similaire à celle des oestrogènes), le décadion (stéroïde synthétique), le depo-médiol (stéroïde synthétique).

Techniques d'injections.

La méthode d'injection dépend de la présentation des hormones. En dehors des tablettes (oestrogènes, extraits thyroïdiens) qui s'administrent par voie orale, la majorité des hormones commerciales utilisées se présentent sous la forme de solutions injectables.

Au début des recherches, les injections furent pratiquées intrapéritonéalement en raison de la rapidité avec laquelle la préparation peut être introduite (STEVENS et FULLER, 1962). Actuellement, seules les injections intra-musculaires sont pratiquées. Le poisson, non anesthésié, est immobilisé pendant l'opération. L'aiguille est glissée sous une écaille, puis, après perforation de la peau, enfoncée perpendiculairement dans le muscle. La piqûre est faite au milieu du corps, au niveau de la première nageoire dorsale, à mi-chemin entre cette nageoire et la ligne latérale (fig. 8). Dans ce cas, le liquide doit être injecté lentement.

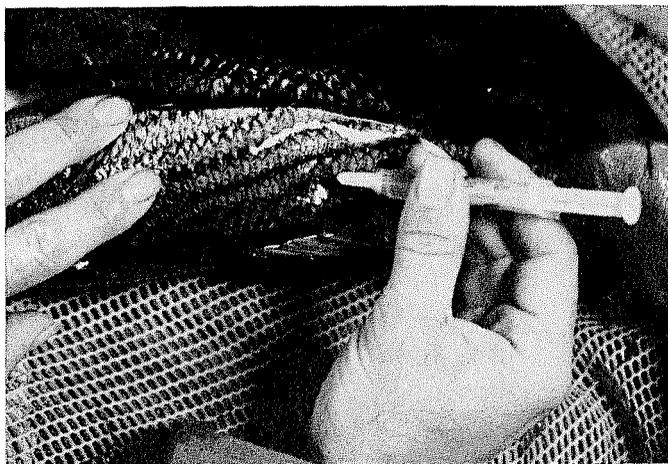


FIG. 8. — *Injection intramusculaire.*

Ce choix résulte d'observations et non d'expériences suivies et contrôlées. On a pu remarquer qu'un plus grand nombre de femelles répondait à une injection hormonale pratiquée intramusculairement ; en outre, le nombre d'ovules obtenus étant plus grand indiquait une maturation plus complète des ovaires. Le meilleur résultat obtenu semble s'expliquer par le fait que le liquide injecté ne peut refluer vers l'extérieur. De plus, STEVENS (1964) note que les dommages causés par la piqûre sont moins importants. Personnellement nous n'avons effectué que des injections intramusculaires.

Résultats généraux obtenus après injection hormonale.

Les résultats consignés dans le tableau 1 nous montrent que la pratique des injections hormonales a permis, d'une part, d'amener les femelles à maturité sexuelle, d'autre part, de provoquer l'ovulation chez un certain nombre d'entre elles. Dans ce tableau la catégorie « ont atteint la maturité génitale » désigne la somme des femelles qui ont pondu en pisciculture, de celles qui ont pondu en bassin et dont les œufs ont été perdus, enfin de celles qui, bien que mortes, avaient atteint la maturité sexuelle (comme le révélèrent les dissections systématiques pratiquées sur les géniteurs morts en captivité) ; la deuxième catégorie désigne uniquement les femelles ayant pondu en pisciculture. En 1962-1963, les résultats, bien qu'intéressants, restent faibles ; en moyenne, seulement 27 % des femelles atteignent la maturité sexuelle.

D'après STEVENS (1965), l'équipement incomplet et défaillant de la pisciculture fut pendant cette période un important facteur limitant : 75 % des femelles injectées mouraient avant l'ovulation. En effet, les femelles doivent être souvent manipulées afin de vérifier leur ovulation. En raison des grandes dimensions des bassins ainsi que de la très mauvaise visibilité qui y régnait, ces pêches, nombreuses et difficiles, augmentaient considérablement la mortalité des adultes en captivité. Depuis la rénovation des bassins en 1964, l'aménagement de bacs individuels par cloisonnement mobile de grands bassins évite de trop grands chocs physiologiques et permet des observations et des pêches aisées.

Actuellement plus de 85 % des poissons atteignent la maturité sexuelle dans les deux à trois jours qui suivent la capture.

A ce problème de la maturité, s'ajoutait une méconnaissance des hormones efficaces et de leur seuil d'activité. Au cours des recherches, s'est effectuée une sélection des préparations injectées.

Année	Nbre pois. inject.	Maturité sexuelle		Ponte		Nbre œufs obt. × 10 ⁶	Nbre larves obt. × 10 ⁶	Eclosion (%)
		Nbre	%	Nbre ind.	%			
1962	162	44	27,2	24	14,3	36	2,6	7,3
1963	429	118	27,0			81	13,8	17,0
1964	383	337	87,4	316	82,5	322	100,00	31,0
1965	260	221	85,0			200	52,0	26,0
1966	398	370	93,0	320	80,4	285,5	130,0	45,0
1967	127	120	94,4	117	92,0	123	55,4	45,0

TABLE. 1. — Résultats obtenus après injections hormonales (établi d'après STEVENS et FULLER (1962), STEVENS (1964-1965), BAYLESS (1966-1967).

Comme nous le verrons, certaines ont été abandonnées après s'être révélées inefficaces ; d'autres, au contraire, ont été retenues : c'est le cas de la gonadotropine chorionique qui est utilisée, à l'exclusion de toute autre, depuis 1966.

Analyse des résultats obtenus avec les différentes hormones.

a) La gonadotropine chorionique.

Comme précédemment, nous expliquerons la différence massive entre les pourcentages d'ovulation obtenus après injection de gonadotropine chorionique en 1962-1963 (43,5 %) et ceux obtenus à partir de 1964 (85 % en moyenne) par la seule source de variation importante, c'est-à-dire l'amélioration des conditions de manipulation des géniteurs. Le pourcentage d'ovulation de 87 % obtenu en 1964 démontre l'efficacité de cette hormone sur la maturation des ovaires. A partir de 1966, elle seule sera utilisée pour provoquer l'ovulation chez les femelles de *Roccus saxatilis*.

En 1962, 44 femelles ovulèrent après avoir reçu une injection de gonadotropine chorionique. Les doses injectées s'échelonnaient de 238 U.I. à 95 U.I. par livre anglaise (456 g) de poisson. 57 autres femelles ayant reçu des doses de gonadotropine chorionique s'échelonnant de 64 U.I. à 1 000 U.I. par livre moururent avant ovulation. STEVENS conclut cette année que la gonadotropine chorionique entraîne soit l'ovulation, soit la mort dans les 48 h qui suivent l'injection. Il faut attendre 1964 pour connaître les doses optimales. Les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau 2. Nous pouvons conclure d'après ces données que 14 U.I./livre anglaise de poisson (environ 30 U.I./kg) est le seuil d'activité de cette hormone, 127 U.I./livre anglaise de poisson est la dose optimale nécessaire pour obtenir une bonne ovulation et un intéressant pourcentage d'éclosion. Des doses plus importantes n'améliorent pas le rendement.

Si une seule injection de gonadotropine chorionique est nécessaire pour aboutir à la maturation totale des ovaires chez des femelles adultes sexuellement mûres, elle n'est cependant pas suffisante chez des femelles jeunes incomplètement mûres. Pour obtenir l'ovulation de ces jeunes femelles, on a procédé à des injections multiples de gonadotropine chorionique à des doses élevées. Le processus de maturation étant dans ce cas plus lent, les poissons nécessitent d'être gardés en bassin pendant une période minimale de 60 h. Au cours de ce séjour, ils deviennent très fréquemment malades, ce qui, interférant avec la maturation des ovaires, aboutit soit à la mort des femelles, soit à la production d'œufs non viables (STEVENS, 1965). Ceci est confirmé par les observations de STEVENS (1964)

où nous notons un faible pourcentage d'ovulation (40 %) et une dose minimale élevée de gonadotropine chorionique (184 U.I./livre anglaise de poisson).

Nous désignerons par « pourcentage d'ovulation » le rapport :

$$\frac{\text{Nombre de poissons ayant pondu après injection hormonale}}{\text{Nombre total de poissons injectés}}$$

U.I. C.G.H./ind.	U.I. C.G.H./livre anglaise	Nbre pois. traités	ovulation (%)	Nbre moy. œufs/poisson (10 ⁶)	Nbre moy. larves/poisson (10 ³)	Eclosion (%)
250	14	7	28,6	1,10	510,0	46,4
500	31	11	90,9	1,30	552,0	40,6
1 000	66	64	85,9	0,97	527,7	54,1
2 000	127	69	95,7	1,00	634,0	63,6
3 000	188	78	89,7	0,97	576,0	59,4
3 333	208	6	100,0	1,30	803,1	61,2
4 000	195	1	100,0	1,90	1 122,0	59,0
5 000	403	4	100,0	0,67	245,0	36,6

TABLE. 2. — Réponse de 240 femelles après injection de différentes doses de C.G.H. en avril et mai 1964 (extrait de STEVENS, 1964). Les femelles pèsent en moyenne 8 kg; le nombre de larves est déterminé d'après celui des œufs vivants 24 h après la ponte.

Les injections hormonales ne provoquent aucune réaction de l'organisme. L'examen des ovaires de *Roccus saxatilis* montre seulement un léger changement de coloration (les gonades sont plus brunâtres que la normale).

Seule la gonadotropine chorionique fut retenue en vue d'un traitement hormonal systématique des femelles. C'est pourquoi nous ne donnerons que les résumés des résultats obtenus avec les autres hormones dont l'abandon fut motivé soit par leur coût (L.H. et F.S.H.), soit à cause de la faiblesse des réponses observées.

b) *L'hormone F.S.H.*

Les essais effectués pendant les trois premières années de recherche montrent que cette hormone induit l'ovulation dans un pourcentage intéressant : 75 % (STEVENS, 1965). Son action est plus lente et plus modérée que celle de la gonadotropine chorionique (STEVENS et FULLER, 1962). 3 mg de F.S.H. par livre anglaise de poisson (6,5 mg/kg) est à la fois le seuil d'activité de cette hormone et la dose optimale pour obtenir la complète maturation des ovaires.

c) *L'hormone lutéinisante L.H.*

L.H. provoque la maturation des ovaires de *Roccus saxatilis* mais cette action peut être soit trop lente (le poisson meurt après un séjour prolongé en bassin), soit incomplète (on observe des ovules mûrs uniquement dans la partie centrale de l'ovaire).

Les résultats dépendent d'autre part de la nature de la préparation : une préparation dérivant d'extraits de mouton a donné d'excellents résultats ; une autre dérivant d'extraits de cheval s'est révélée totalement inefficace.

Le seuil d'activité de L.H. est de 3,4 mg/livre anglaise de poisson ; 5 mg est la dose optimale.

d) *Hormones F.S.H. + L.H.*

Ces deux hormones combinées permettent d'obtenir un pourcentage d'ovulation intéressant (48 %, STEVENS, 1965). Les deux préparations sont, dans ce cas, injectées séparément à des doses

bien inférieures à celles citées précédemment : 5 mg de F.S.H. + 1 mg de L.H. suffisent pour provoquer l'ovulation chez une femelle pesant environ 8 kg.

e) *Hormones L.H. + F.S.H. + C.G.*

La combinaison de ces trois hormones provoque l'ovulation chez des femelles dont la maturation des ovaires est lente.

f) *Les oestrogènes.*

Quelle que soit la préparation utilisée, les injections multiples d'oestrogènes à différentes doses entraînent un début de maturation mais aucune ponte.

g) *T.S.H., Cytomel, Enovid, testostérone, Décadion, Dépo-médiol et extraits thyroïdiens.*

Toutes ces préparations ont été injectées en synergie avec la gonadotropine chorionique. Dans tous les cas, les résultats sont nuls ou peu nets (STEVENS et FULLER, 1962).

Détermination du temps de latence avant la ponte.

Le pourcentage d'éclosion réduit pendant les années 1962-1963, traduit une faible production d'œufs viables. Celle-ci était due principalement à un phénomène de « over-ripeness » (surmatu-

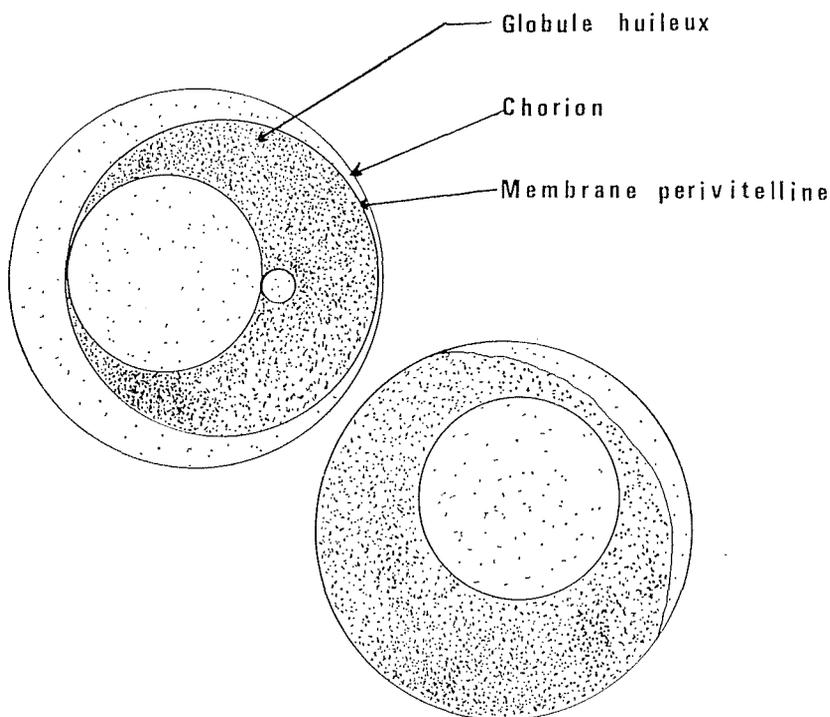


FIG. 9. — Ovules ayant subi la surmaturation (x 40).

ration) des ovules. Au cours de la maturation, l'ovule se détache progressivement du tissu ovarien nourricier ; quand il est mûr, il tombe dans la lumière centrale de l'ovaire : privé de l'apport d'oxygène sanguin, il meurt d'asphyxie au cours d'un certain laps de temps (STEVENS, 1965). Avant la mort, l'ovule, bien que fécondable, n'est plus viable : mis à incuber, il devient opalescent, la membrane périvitelline se détache du chorion, formant une plage plus claire (fig. 9). Par ailleurs, à la différence des autres, il n'absorbe pas l'eau nécessaire à son équilibre osmotique. Une technique d'échantillonnage intraovarien a été mise au point afin de suivre l'évolution de la maturation des ovaires et éviter ainsi leur surmaturation.

a) *Technique d'échantillonnage.*

Elle consiste à introduire dans l'orifice génital de la femelle un fin tube de verre, de 1 mm de diamètre, sur une longueur d'environ 5 cm (fig. 10), les ovules pénètrent dans le tube par capillarité. L'échantillon est ensuite observé au microscope.

b) *Résultats.*

Des prélèvements systématiques ont permis de décrire les différentes étapes de la maturation ovarienne. Actuellement, un seul prélèvement effectué 24 h après l'injection hormonale est suffisant pour déterminer l'état de maturité de la femelle et prévoir l'heure de la ponte. A l'heure de ponte prévue, un deuxième prélèvement permet une vérification de la période de latence entre l'injection hormonale et l'ovulation ; celle-ci dépend du degré de maturité de la femelle au moment de la capture. Cette période est plus longue en début de saison de reproduction et atteint 45 h ; en fin de saison, elle est réduite à 30 h car la maturation des femelles est plus avancée. Chez une jeune



FIG. 10. — Prélèvement intraovarien par catheter.

femelle qui nécessite une double injection d'hormone, la période de latence dépasse 60 h ; il se pose alors le problème de la survie en captivité.

En outre, l'échantillonnage intraovarien par catheter a montré que le laps de temps entre l'ovulation et la surmaturation est d'environ 60 mn. Cette période écoulée, les œufs ne sont plus viables.

c) *Description de quelques étapes de maturation.*

La maturation des ovules est caractérisée par une augmentation de leur diamètre, une polarisation des globules d'huile et du vitellus, et de ce fait, une augmentation de la transparence cellulaire (fig. 11 a, b, c). Les ovules prêts à être pondus sont parfaitement sphériques, bien séparés les uns des autres, et ont le plus souvent un globule d'huile unique, quelquefois deux (fig. 11 d).

d) *Conclusion.*

Parmi les préparations hormonales employées, seules la gonadotropine chorionique, la folliculostimuline et l'hormone lutéinisante, quand elles sont employées seules, provoquent l'ovulation des

femelles de *Roccus saxatilis* avec un pourcentage intéressant de réussite. Mais L.H. et F.S.H. sont beaucoup trop onéreuses pour être employées de façon intensive.

La combinaison de deux ou plusieurs hormones permet l'ovulation mais n'offre aucun avantage par rapport à la gonadotropine chorionique. Les injections multiples d'hormones provoquent très

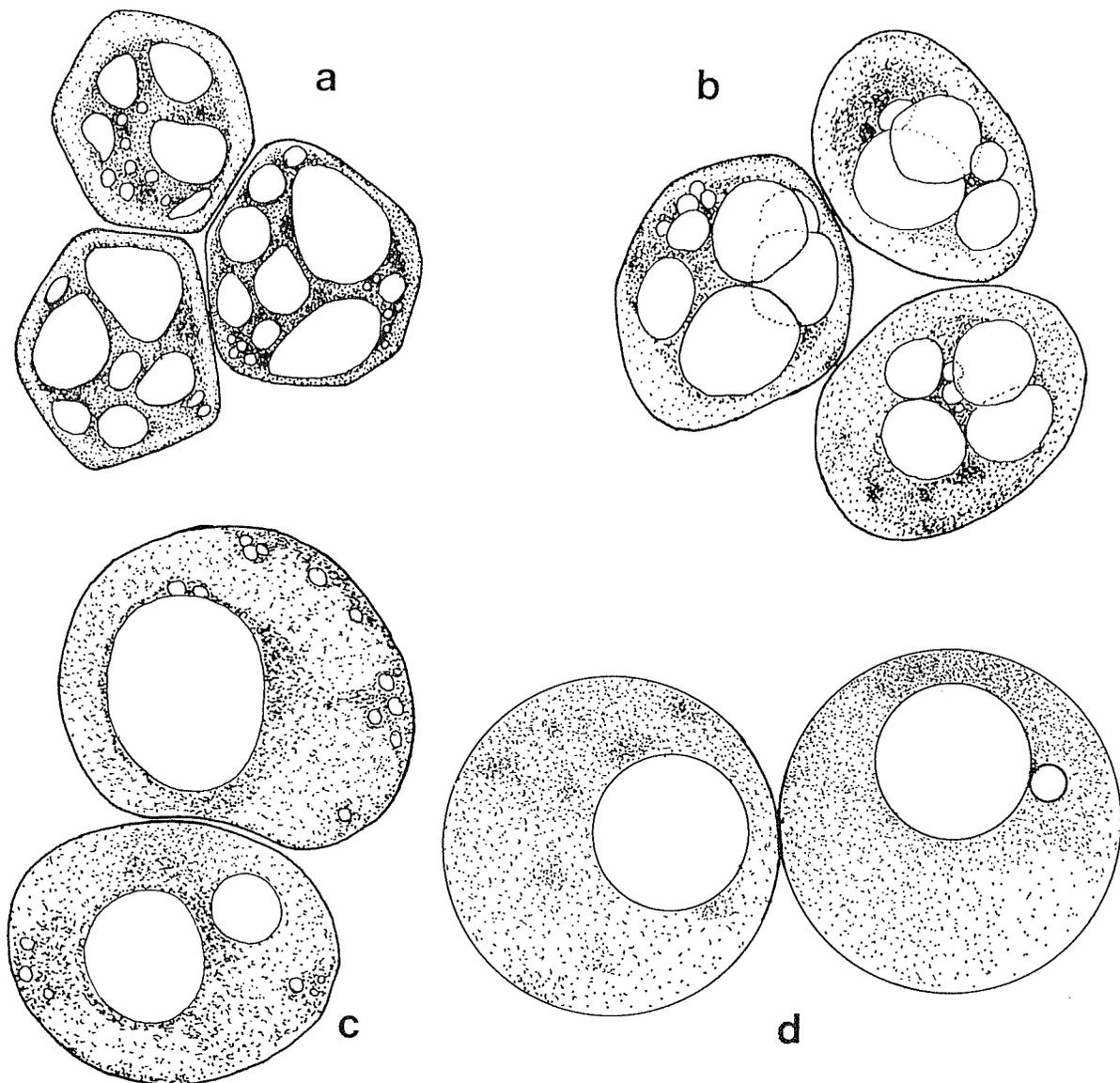


FIG 11. — Ovules 20 h (a), 10 h (b), 7 h (c) et 1 h (d) avant la ponte (x 40).

souvent des œufs non viables et doivent être évitées sauf en cas de besoin comme celui d'un faible approvisionnement en géniteurs.

La technique d'échantillonnage intraovarien a permis de connaître parfaitement le processus de maturation des ovules, d'éviter leur surmaturation et d'améliorer ainsi le pourcentage d'œufs viables et de larves obtenues.

3. Fécondation artificielle.

Afin d'éviter qu'au cours de la ponte les femelles se blessent en se débattant, on les anesthésie (fig. 12), cela permet en outre d'obtenir la totalité des ovules. Les mâles sont plus petits et plus faciles à manier, en général leur sperme s'écoule facilement ; ils ne subissent donc pas de traitement particulier préalable.

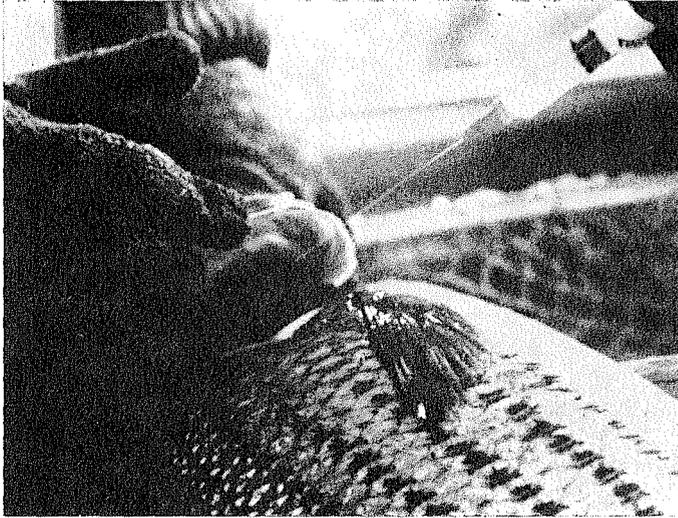


FIG. 12. — Anesthésie des femelles.

L'anesthésie survient 60 à 90 secondes après projection sur les branchies d'environ 5 ml d'une solution de M.S. 222 ou de quinaldine. D'après STEVENS (1964), l'anesthésie pratiquée avec l'un ou l'autre de ces deux produits permet d'avoir des femelles suffisamment décontractées pour que l'on puisse, par simple massage abdominal, récolter tous les ovules. Par ailleurs, elles récupèrent vite et peuvent être remises à l'eau en bon état.

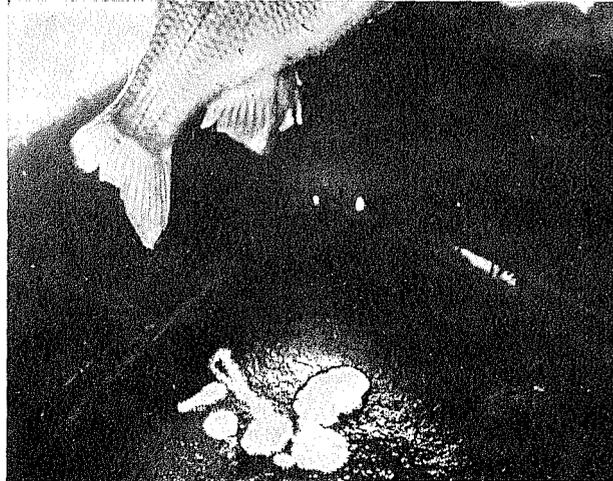


FIG. 13 et 14. — Fécondation artificielle. Récupération des ovules sur les femelles vivantes (fig. 13 à gauche).
Sperme répandu sur les ovules (fig. 14 à droite).

Après anesthésie, les flancs des femelles sont pressés au-dessus d'une bassine où s'écoulent les ovules (fig. 13), la ponte est considérée comme terminée quand apparaît un peu de sang à l'orifice génital.

D'après WORTH (1882), les œufs de *Roccus saxatilis* sont facilement fertilisables et la fécondation artificielle nécessite peu de sperme. Afin donc de s'assurer une bonne fécondation, on répand sur les ovules un peu de sperme de deux mâles différents (fig. 14). Aussitôt mis en

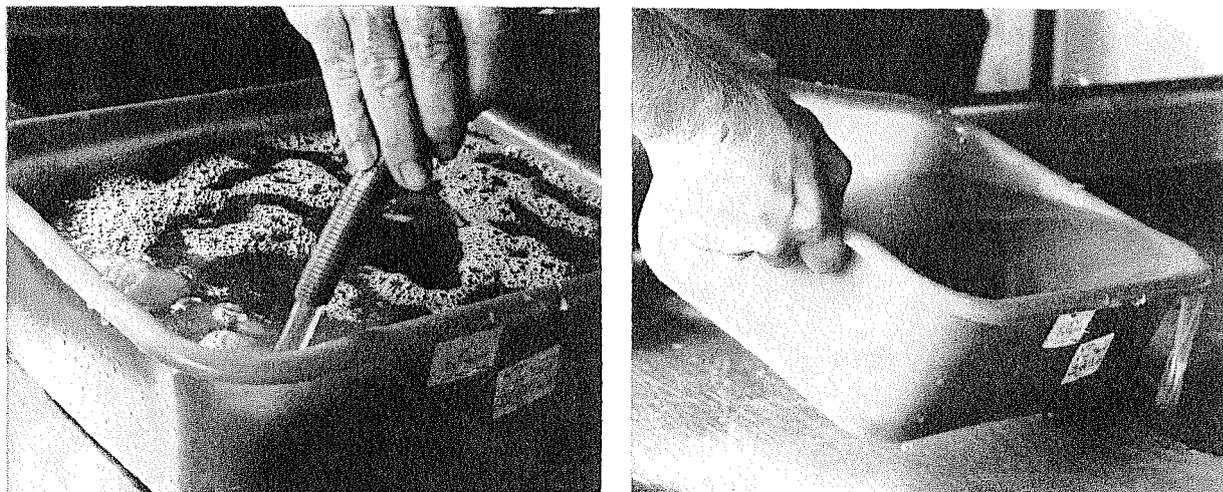


FIG. 15 et 16. — Fécondation artificielle. Mélange des ovules et du sperme (fig. 15 à gauche). Mise à sec des œufs (fig. 16 à droite).

présence, ovules et spermatozoïdes sont mélangés par un jet d'eau pendant quelques minutes (fig. 15), puis l'excès de sperme et l'eau qui ont servi à la fécondation sont jetés et les œufs, mis ainsi pratiquement à sec (fig. 16), sont mis à incuber. A Weldon, on ouvrait les femelles pour prélever les ovaires et les vider de leur contenu (fig. 17).

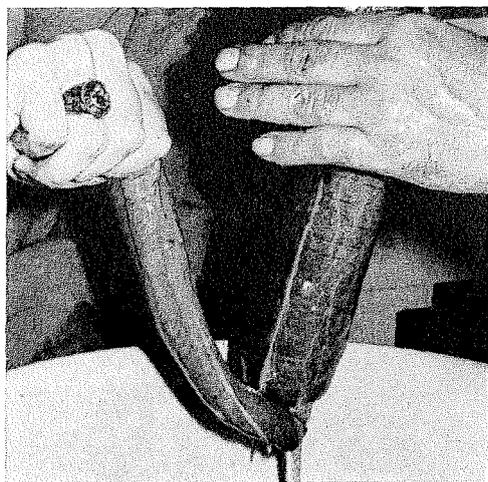


FIG. 17. — Prélèvement des ovaires après ouverture de la cavité abdominale.

4. Méthodes d'incubation.

Les œufs provenant de géniteurs pêchés en rivière sont demersaux ; c'est en particulier le cas à Moncks Corner et à Weldon ; au contraire, ceux provenant de géniteurs pêchés dans l'estuaire de l'Albemarle Sound près d'Edenton, sont plus petits et semi-pélagiques. Si pour les premiers, la méthode d'incubation est parfaitement mise au point et appliquée dans toutes les piscicultures, pour les seconds, elle pose certains problèmes que nous avons essayé de résoudre à Edenton et que nous exposerons dans le chapitre suivant.

Description de l'appareillage.

Les jarres de Mac Donald mises au point en 1882, utilisées par WORTH en 1884, pour les premiers essais d'élevage de *Roccus saxatilis*, sont les seuls incubateurs employés dans toutes les piscicultures. Leurs proportions ont été légèrement modifiées afin d'améliorer leur rendement. Actuellement, ces jarres se présentent sous la forme de cylindres de plastique de 40 cm de haut, 15 cm de diamètre, à fond hémisphérique ; elles sont munies d'un bec verseur (fig. 18). Un tuyau rigide est introduit dans la jarre, permettant ainsi une arrivée d'eau au fond du cylindre ; le trop-plein se déverse par le bec verseur dans un aquarium équipé lui aussi d'un trop-plein avec filtre. Ceci permet d'établir, dans les

incubateurs et l'aquarium, un circuit d'eau constamment renouvelée (fig. 19). Chaque aquarium est en relation avec 4 à 6 jarres (fig. 20 et 21).

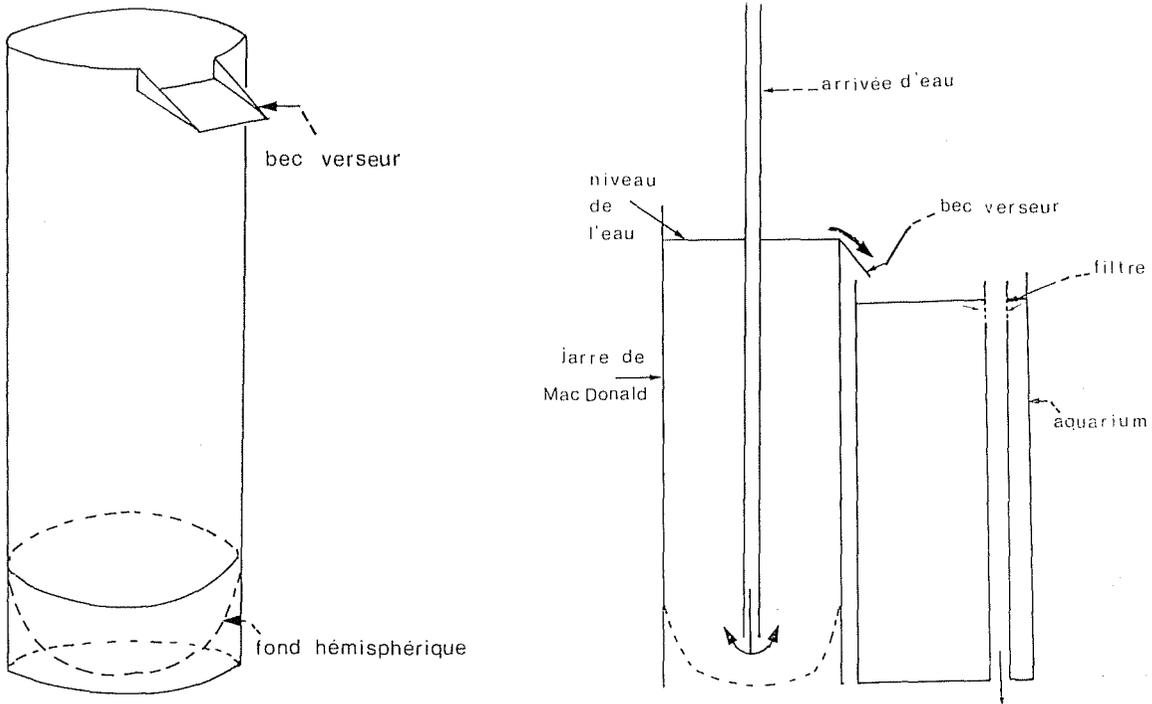


FIG. 18 et 19. — Jarre de Mac Donald (à gauche) ; vue en coupe du système jarre de Mac Donald-aquarium (à droite).

Sitôt la fécondation artificielle effectuée, on met dans chaque jarre 200 000 œufs à incuber. Le nombre de ces œufs a été déterminé auparavant volumétriquement : il y a environ 200 000

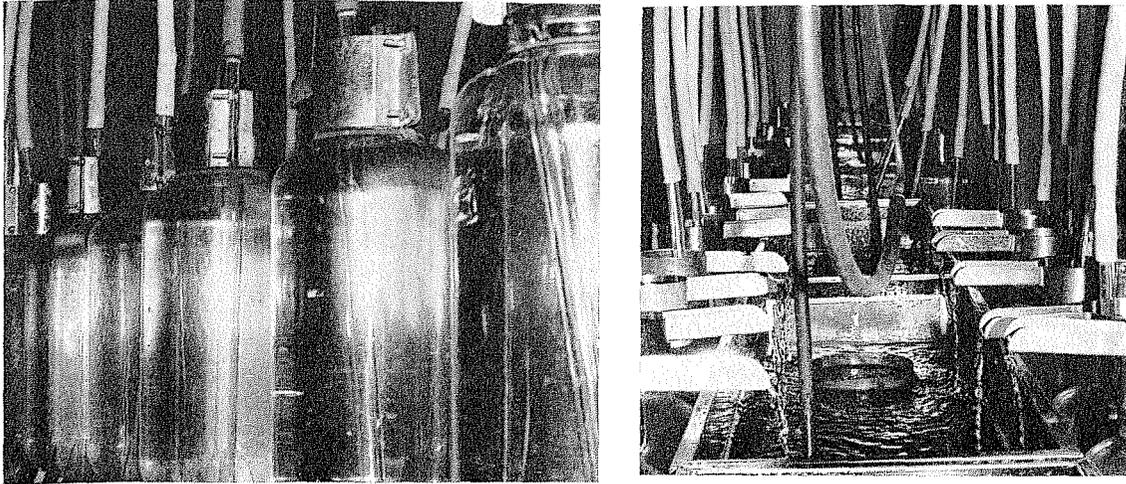


FIG. 20 et 21. — Jarres de Mac Donald (à gauche) ; vue d'ensemble du système d'incubation : Jarres de Mac Donald-aquariums (à droite).

œufs dans 30 cm³. Des œufs démersaux se rassemblent au fond de l'incubateur et ont une couleur qui varie du vert-jaune au bleu-vert. Le débit d'eau est alors réglé de façon à les maintenir

constamment en mouvement : on évite ainsi une hypoxie. Ce débit est environ égal à 1 l/mn et par jarre. Le courant d'eau doit être parfaitement régulier, des bulles gazeuses ou des hausses de débit entraînent la création d'une forte turbulence et les œufs, mis alors en suspension, passent par le trop-plein dans l'aquarium ; leur développement, après ce traitement brutal, est fortement compromis.

Evolution des œufs.

Pendant la première heure d'incubation, se produit le phénomène du « water-hardening ». Il correspond à un passage d'eau dans l'espace périvitellin et se traduit macroscopiquement par une importante augmentation du diamètre des œufs. Au moment de la ponte, le diamètre moyen des ovules est de 1,30 mm ; après le « water-hardening », nos mesures effectuées à Moncks Corner sur 500 œufs ont montré que le diamètre des œufs atteignait 5,20 mm : les extrêmes étant de 4,82 mm et 5,54 mm.

En raison de leur densité plus importante, les œufs fécondés se concentrent dans la partie inférieure de la jarre de Mac Donald ; les œufs morts, plus légers, opaques et de couleur blanche, se rassemblent dans la partie supérieure. Il est ainsi aisé de prélever ces derniers en les siphonnant. Le pourcentage de mortalité n'augmente pratiquement pas après les premières 30 heures d'incubation. On a assimilé le pourcentage d'éclosion au pourcentage de survie des œufs évalué après cette période, le pourcentage de survie s'exprime alors de la façon suivante : $\% = (n / N) \times 100$, où n est le nombre d'œufs vivants après 24 h et N le nombre total d'œufs connu.

Afin de connaître le chiffre n , on arrête le courant d'eau, ce qui permet aux œufs de retomber et former une masse uniforme divisée en deux zones distinctes, une inférieure, verte, correspondant aux œufs en cours de développement et une supérieure, blanche, correspondant aux œufs morts. D'après les hauteurs respectives des deux zones, et en tenant compte du fond hémisphérique de la jarre de Mac Donald, on calcule le nombre n .

Les œufs passent progressivement du vert au gris, au fur et à mesure que l'alevin concentre les chromatophores. Il est ainsi possible de suivre l'évolution de l'incubation et de prévoir l'éclosion en observant les changements de couleur qui se produisent.

L'éclosion.

Comme nous le verrons, dans un prochain paragraphe, le temps d'incubation des œufs dépend de la température ; en moyenne, cependant, l'éclosion survient au bout de 42 heures à 20° C. Les jeunes larves, grâce à de nombreuses et violentes contractions musculaires se débarrassent de leur enveloppe chorionique. Au fur et à mesure de leur éclosion, elles nagent vers la surface et passent dans l'aquarium par le trop-plein de la bouteille d'incubation. Les alevins, vivant sur leurs réserves vitellines, demeurent ainsi en aquarium pendant 5 à 7 jours. Pendant cette période, ils sont, soit envoyés dans différents lacs ou réservoirs dans un but de réempoissonnement, soit mis dans des mares spécialement préparées où ils continuent leur développement.

Pourcentages d'éclosion obtenus.

WORTH (1885-1904) obtint des pourcentages d'éclosion variant de 50 à 60 %. Après la reprise des recherches expérimentales en 1961, on constate que, jusqu'en 1967, le pourcentage ne dépasse pas 45 %. Expérimentant à Weldon sur des femelles capturées au moment de la ponte, WORTH ne se heurtait pas au problème de la surmaturation des ovules. Actuellement, d'une part la parfaite connaissance du phénomène de surmaturation des ovules aboutit à la production d'un plus grand nombre d'œufs viables, d'autre part les bouteilles d'incubation ont été légèrement modifiées et permettent un meilleur rendement. Ces modifications ont porté sur leurs proportions : leur diamètre a été réduit et leur hauteur augmentée afin d'améliorer le brassage des œufs et éviter ainsi

la stagnation d'un certain nombre d'entre eux dans le fond de la bouteille. Les pourcentages d'éclosion observés à Moncks Corner varient actuellement de 60 à 70 %.

5. Phase d'engraissement.

Nous traiterons séparément dans ce paragraphe la nutrition larvaire et la nutrition des juvéniles.

En pisciculture, l'élevage de *Roccus saxatilis* se divise en deux phases et se déroule dans des mares d'élevage. Ces mares, au nombre de 36 à la pisciculture d'Edenton (Caroline du Nord), ont une superficie moyenne de 0,3 ha chacune ; elles n'ont aucun revêtement et leur profondeur moyenne est de 1,20 m. Chacune possède une arrivée d'eau et un système de drainage.

La première phase concerne les larves. Elle consiste à les stocker dans les mares et à les laisser se développer, en se nourrissant du zooplancton présent dans l'eau, jusqu'à une taille leur permettant d'accepter une nourriture artificielle. Cette période dure environ un mois, au bout duquel les alevins obtenus atteignent un poids moyen de 0,75 g.

Dans la deuxième phase, les juvéniles sont conditionnés à la nourriture artificielle et redistribués dans des mares à des taux de stockage différents.

Nutrition des larves.

a) Préparation des mares.

Nous décrivons les méthodes que nous avons appliquées à la pisciculture d'Edenton.

L'abondance du zooplancton présent dans les mares conditionne étroitement la croissance larvaire. Cette abondance est obtenue grâce à l'emploi de fertilisants organiques et minéraux.

Les fertilisants organiques sont constitués par des plants séchés d'arachide disposés sur le fond des mares avant leur mise en eau. L'eau de la rivière voisine, pompée dans une anse-réservoir, est déversée ensuite dans chaque mare grâce à un tuyau muni d'un filtre destiné à retenir d'éventuels prédateurs provenant de la rivière elle-même. La semi-pollution ainsi provoquée est génératrice de facteurs divers constituant un début de chaîne alimentaire. Il se développe sur ce début de chaîne alimentaire une floraison zooplanctonique importante constituant la nourriture des larves de bars rayés.

Les fertilisants minéraux sont constitués de superphosphates passant en solution dans l'eau et comprenant du phosphore, du potassium et de l'azote en proportions égales. Ils sont utilisés au moment d'une déficience en oxygène afin d'éviter l'hypoxie des jeunes alevins. Ces fertilisants, directement absorbables par le phytoplancton, provoquent une importante augmentation d'oxygène en stimulant activement la photosynthèse.

Après trois semaines, les mares sont prêtes à recevoir les alevins.

b) Transfert des larves.

Après l'éclosion, les alevins sont gardés dans les cuves d'incubation pendant environ cinq jours, âge auquel la bouche est ouverte mais l'intestin non fonctionnel. L'eau des cuves, constituée au départ d'un mélange d'eau de puits et d'eau de rivière, est renouvelée peu à peu pour ne plus provenir que de la seconde source ; ceci, afin d'éviter un trop grand choc physiologique, dû au changement brutal des caractéristiques du milieu lors du transfert des larves dans les mares d'élevage.

Les alevins sont amenés dans des seaux jusqu'aux mares. Après expérimentation, le taux de stockage optimum apparaît être de 120 000 larves par demi hectare.

c) Nutrition larvaire.

Aucune autre nourriture supplémentaire n'est donnée aux alevins pendant cette première phase. L'étude des contenus stomacaux a révélé que les larves se nourrissent exclusivement de petits co-

pépodes. La croissance et la survie larvaire dépendent donc étroitement de la quantité d'organismes disponibles.

Malgré les nombreux engrais utilisés, il est fréquent d'observer d'importantes fluctuations dans l'abondance du zooplancton. Celle-ci peut décroître jusqu'à ne plus pouvoir assurer une nourriture suffisante aux alevins, entraînant ainsi une importante mortalité.

Cette première phase, partiellement résolue, constitue donc encore un problème dans l'élevage semi-intensif du bar rayé. Pensant qu'il pouvait être possible de résoudre ce problème en nourrissant artificiellement les larves, nous avons testé différents types de nourriture. Nos résultats sont exposés dans la seconde partie de ce travail.

A la fin de cette période, qui dure de un mois à un mois et demi, les alevins atteignent un poids moyen de 0,75 g (fig. 22).

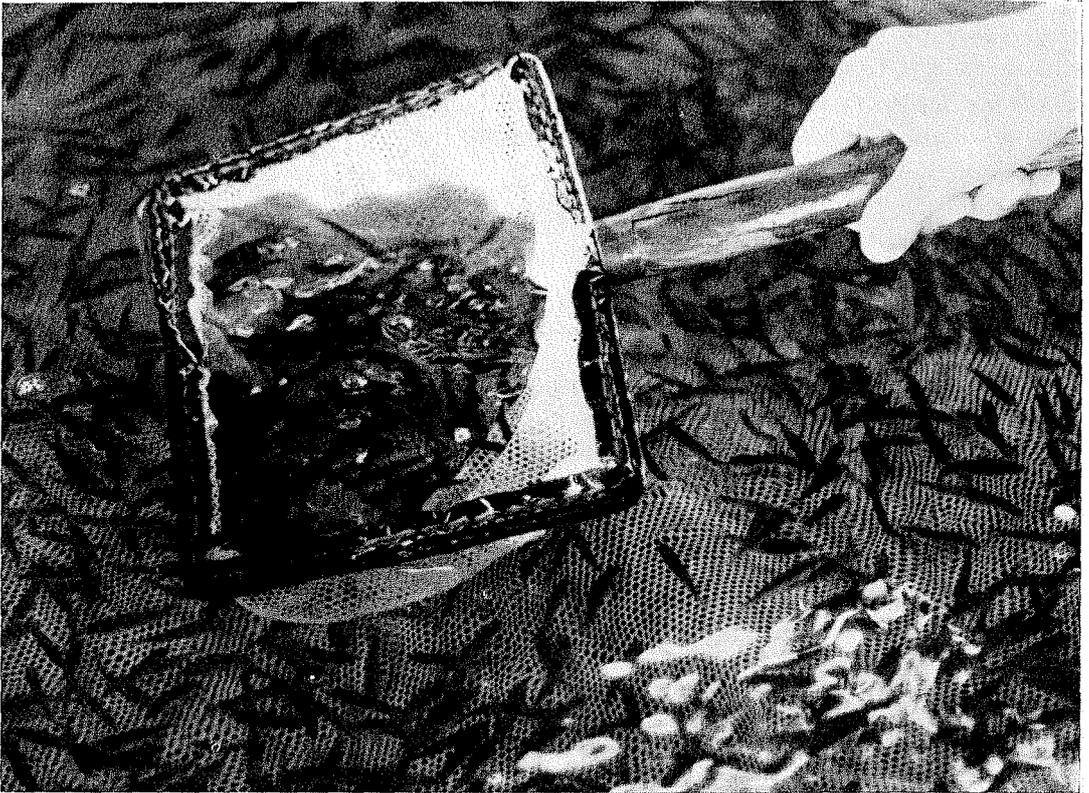


FIG. 22. — Fin de la 1^{re} phase d'élevage : alevins de 5 cm de longueur totale.

Nutrition des juvéniles.

La seconde phase de l'élevage du bar rayé amène les jeunes alevins au stade de juvéniles mesurant de 15 à 20 cm de longueur totale, et pesant en moyenne 35 g. Durant cette seconde période, les jeunes sont nourris uniquement artificiellement.

A la fin de la première phase, les jeunes alevins sont capturés à la senne dans les mares, transvasés dans les cuves d'un camion, qui les amène dans un hall d'aquaculture, où ils sont déversés dans des bassins de ciment. Ils subissent alors, pendant 4 à 5 jours, un conditionnement à la nourriture artificielle constituée de granulés. Les doses utilisées initialement sont très faibles. L'appétit des alevins se manifeste en moyenne au bout de 30 h à 48 h de jeûne. Les doses sont progressivement augmentées quand les juvéniles commencent à s'alimenter. Ils sont nourris 10 à 12 fois

par jour. Lorsque les alevins acceptent régulièrement la nourriture artificielle, ils sont pesés, comptés, puis stockés dans les mares à un taux de 25 000 alevins par demi-hectare. Le nombre des alevins est déterminé par mesures volumétriques.

Des expériences ont montré qu'il y a une meilleure utilisation de la nourriture, se traduisant par un pourcentage de survie et un gain en poids par hectare plus importants, quand celle-ci est distribuée automatiquement (RAY et WIRTANEN, 1970). Actuellement les alevins sont nourris 6 à 8 fois par jour, par des distributeurs automatiques fonctionnant 12 heures par jour.

Le bon déroulement de l'élevage nécessite une surveillance constante de l'oxygène, de la température et du pH.

En cas d'infection dans une mare, on applique différents traitements prophylactiques. Ils consistent à mettre, dans l'eau de la mare, du permanganate de potassium ou du vert malachite.

Cette deuxième phase dure 6 mois, au bout desquels les juvéniles atteignent un poids moyen de 35 g. A ce stade, ils sont capturés à la senne, pesés, marqués et envoyés dans différents lacs et rivières.

Résultats.

Dans la mesure où le taux de survie et la croissance larvaire dépendent de l'abondance d'une nourriture naturelle, à savoir le zooplancton, la première phase de l'élevage de *Roccus saxatilis* pose encore quelques problèmes.

En 1970, la pisciculture d'Edenton enregistre pour la première phase de l'élevage, un pourcentage de survie moyen de 33 %. Ce pourcentage est extrêmement fluctuant et varie selon les mares d'élevage de 25 à 80 %. Le rendement pondéral est de 50 kg/ha pour une période de quatre mois.

La nutrition artificielle des juvéniles, à partir de granulés, est parfaitement résolue et donne des résultats satisfaisants. Le pourcentage de survie moyen est de 48 %, le rendement pondéral est de 1 tonne/ha.

Les croissances linéaires et pondérales obtenues se rapprochent de celles observées dans la nature.

6. Hybridation de *Roccus saxatilis*.

A la demande des pêcheurs, la pisciculture de Moncks Corner a débuté en 1965 des expériences d'hybridation qui se poursuivent actuellement.

Le croisement le plus fréquent est celui effectué entre *Roccus saxatilis* femelle et *Roccus chrysops* mâle. On a obtenu quelques individus à partir de croisements effectués avec *Roccus americanus* et *Roccus mississippiensis*.

La fécondation artificielle et l'incubation des œufs se déroulent suivant les processus décrits précédemment. Les larves âgées de 5 jours sont élevées dans des bassins rectangulaires de 180 l, et nourris avec des nauplii d'*Artemia salina* pendant environ trois semaines. Elles sont ensuite envoyées dans différents lacs.

Les reprises, au filet maillant, d'adultes résultant du croisement entre *Roccus saxatilis* et *Roccus chrysops* ont permis d'obtenir des poissons âgés de trois ans, pesant en moyenne 4 kg. On remarque que les rayures disparaissent et font place à un réseau de taches sombres (BAYLESS, 1967). La morphologie générale se rapproche de celle de *Roccus chrysops*, mais la bouche est plus fendue et la taille identique, à cet âge, à celle de *Roccus saxatilis*. Ils ont une croissance pondérale supérieure à celle de *Roccus saxatilis*.

Ces expériences d'hybridation n'en sont qu'à leur début ; chaque année, de nouveaux croisements sont tentés et le nombre d'individus obtenus va croissant.