

Étude préliminaire de la reproduction en captivité du Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L., 1758) au Maroc

Preliminary study of the reproduction of the Striped red mullet (*Mullus surmuletus* L., 1758) in captivity in Morocco

Maryam EL BAKALI^{1*}, Mostafa TALBAOUI², Abdenbi BENDRISS¹ & Kamal CHEBBAKI³

1. Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences, laboratoire de biologie appliquée et pathologie, B.P. 2121, Tétouan, Maroc.

*(elbakalimaryam@yahoo.fr).

2. Centre régional de l'INRH Tanger, Maroc.

3. Centre spécialisé en aquaculture. BP 31. INRH, M'diq -Tétouan, Maroc.

Résumé. Une étude préliminaire de la reproduction en captivité du Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L., 1758) a été menée, pendant deux années consécutives, à partir de géniteurs pêchés dans la baie de M'diq qui sont conditionnés dans les bassins du centre spécialisé en aquaculture de l'Institut National de Recherches Halieutiques (INRH). L'objectif a été de mieux cerner le cycle de reproduction du Rouget de roche, et aussi de démontrer la faisabilité technique de la ponte et de l'élevage des premiers stades larvaires en milieu contrôlé. Au cours de la première année d'acclimatation, deux pontes spontanées avec des œufs non fécondés ont été obtenues entre le 27 et le 29 avril à une température variant de 15,8° à 16°C. Au cours de la deuxième année, la ponte a été obtenue après une injection intramusculaire de l'hormone LHRHa, Sigma L 4513, faite le 14 juin sur 3 individus (2 femelles et 1 mâle) qui sont maintenus à une température de 14±1°C. Les œufs pondus ont été de bonne qualité et le taux de viabilité a dépassé les 70%. Ils sont de petite taille, avec un diamètre moyen de 0,9 mm, des valeurs extrêmes entre 0,81 et 0,94 mm et un seul globule lipidique de 0,19 à 0,26 mm de diamètre. L'éclosion a eu lieu 4 jours après la fécondation, donnant des larves longues de 2,89 ± 0,12 mm.

Mots-clés : *Mullus surmuletus* L., reproduction en captivité, induction hormonale, LHRHa, Maroc.

Abstract. A preliminary study of the reproduction of the Striped red mullet (*Mullus surmuletus* L., 1758) in captivity during two consecutive years was conducted from brood stock caught in the bay of M'diq and kept in an indoor tank in the specialized center in aquaculture of the National Fisheries Research Institute (INRH). The aim was to determine the reproductive cycle of Striped red mullet and also to demonstrate the technical feasibility of spawning and rearing during the early larval stages in a controlled environment. During the first year of acclimatization, eggs were obtained by spontaneous spawning between 27th and 29th April and the water temperature was from 15,8 to 16°C. During the second year, spawning was obtained after hormonal injection using the LHRHa in June 14th; 2 females and 1 male were injected, and maintained at a water temperature of 14±1°C. Collected eggs were of a good quality and viability rate was over than 70%. They were of 0,81-0,94 mm diameter with a single oil globule of 0,19 to 0,26 mm diameter. 4 days after fertilization, the hatched larvae had a total length of 2,89 ± 0,12 mm

Keywords: *Mullus surmuletus* L., reproduction in captivity, hormonal induction, LHRHa, Morocco.

ملخص : نتائج أولية لدراسة توالد سمك سلطان الحوت بأحواض تربية الأسماك بالمغرب. تمت دراسة توالد سمك سلطان الحوت لمدة سنتين متتاليتين بأحواض تربية الأسماك بالمركز المتخصص في تربية الأحياء المائية التابع للمعهد الوطني للبحوث في الصيد البحري بالمضيق. و يهدف هذا البحث إلى فهم دورة توالد سمك سلطان الحوت وإثبات إمكانية التوالد والحصول على البيض وتربية يرقات الأسماك داخل أحواض اصطناعية. خلال السنة الأولى من التأقلم حصلنا على بيض غير مخصب مرتين فقط ما بين 27 و 29 أبريل بدرجة حرارة ماء ما بين 15,8 و 16 درجة. خلال السنة الثانية تم الحصول على بيض مخصب بعد حقن 3 أسماك (2 إناث وذكر واحد) بهرمون LHRHa، و تم الحقن يوم 13 يونيو، و حرارة الماء كانت مراقبة و مثبتة على 14 ± 1 درجة. أظهرت النتائج الأولية أن هذا السمك يتأقلم بسرعة للعيش والتوالد داخل الأحواض المائية الاصطناعية. لاحظنا أيضاً أن البيض المحصل عليه عن طريق الحقن الهرموني كان بجودة عالية، هذا بالإضافة إلى أن معدل الحياة تجاوز 70%. قطر البيض تراوح ما بين 0,81 و 0,94 ملم بمعدل يساوي 0,9 ملم. للبيض كرة دهنية وحيدة يتراوح قطرها ما بين 0,19 و 0,26 ملم. تم فقس البيض بعد مرور 4 أيام من التلقيح و الإخصاب و تم الحصول على يرقات بطول 2,89 ± 0,12 ملم.

كلمات مفتاحية : سلطان الحوت، تكاثر في ظروف اصطناعية، حقن هرموني، المغرب.

Abridged English version

Among five flagship projects of the Moroccan development strategy and competitiveness of the fisheries sector is to turn aquaculture into a major growth engine. To develop this sector, it becomes necessary to diversify and to focus the aquaculture research on new species of interest. Little is known about the captive breeding of *Mullus surmuletus* (Raffaele 1888, Menu 1977, Menu & Girin 1978, 1979, Devauchelle 1983, Villoch *et al.* 2005 and Caamaño *et al.* 2007) and nothing is known about the spawning in captivity of this species in Morocco. In this context, a preliminary study of the feasibility of reproduction of the Striped red mullet (*M. surmuletus* L., 1758) in captivity was

conducted from brood stock caught in M'diq waters in September 2009 (15 individuals with body size and weight ranged from 15 cm to 23,5 cm and 29.5 g to 164.4g respectively) and in November 2010 (14 individuals with body size and weight ranged from 16 cm to 24.8 cm and 48.9 g to 165.1 g respectively), and kept in an indoor rectangular tank of 1 m³ under natural conditions of temperature (14-19.3°C), dissolved oxygen (5.9-7.4 mg/l), salinity (34-36 ‰) and photoperiod. This study was undertaken to grasp the reproductive cycle of Striped red mullet and also to demonstrate the technical feasibility of spawning and rearing during the early larval stage in a controlled environment.

Brood stock did not accept a diet based on fresh fish. Therefore, fresh or frozen shrimp were cut into pieces and distributed at will and squid chair was added to the diet in spawning season. This diet was adopted because crustaceans predominate *M. surmuletus* diet, as previously shown study of biology (El Bakali *et al.* 2010b).

In order to study brood stock's growth, the fishes were removed from the water, and placed into a bath of 2-*phenoxyethanol* solution (5 ml /25 l water) and then measured (length standards) and weighed (total weight). Considering the sensitivity of this species to the manipulation, sampling was carried out once every two or three months during the study period.

A laying was produced in the same acclimation tank. At each laying period 100 eggs were collected to measure egg diameters and oil globules using a profile projector. The viability rate was also noted. The viable eggs were transferred in the incubator. The incubation temperature was the same during the laying period ($14 \pm 1^\circ \text{C}$). After hatching, we followed the most important stages of larval development until the total absorption of the yolk sac; 30 larvae were sampled every day and measured (total length).

The results of reproduction in captivity during two consecutive years have shown that Red mullet is an easy species for acclimatization. In the first year of acclimatization, eggs were obtained between April 27 and 29 at a temperature varying from 15.8 to 16°C by spontaneous spawning ; the 223 570 eggs collected were not fertilized. They measured 0,83-0,94 mm in diameter with a single oil globule of 0,18 to 0,23 mm. The average egg size was 0,90 mm. In the second year of acclimatization, no spontaneous spawning was observed. Similarly, the response was negative after hormonal injection of all females, using the LHRHa (*luteinizing hormone releasing hormone*, Sigma L4513).

As we have demonstrated in a previous study (El Bakali *et al.* 2010a), the spawning period of *Mullus surmuletus*

from the North-West Moroccan Mediterranean coast (M'diq) occurred from April to June. In this period, we have observed that the water temperature in the tank gradually increased to 19 °C, and we know that in marine fish in general, the temperature affects the final maturation of the oocytes and particularly on egg-laying (Kuo *et al.* 1973). Based on this information, we tried to bring down the temperature to keep it at $14^\circ \pm 1^\circ \text{C}$. After a period of acclimatization of 30 days under the new temperature condition, the spawning was obtained after hormonal induction using 20 µg/kg LHRHa. The 97 160 eggs collected were of good quality and viability rate was over 70%. They were of 0,81- 0,94 mm diameter with a single oil globule of 0.19 to 0.26 mm. The average size of eggs was 0.90 mm.

The incubation realized in stagnant water lasted 4 days at $14^\circ \pm 1^\circ \text{C}$. The hatching rate was 43.23 %; the hatched larvae had a total length of 2.89 ± 0.12 mm and the larvae were of good quality and presented a good aptitude for rearing.

After hatching, we followed the most important stages of larval development until the total absorption of the yolk sac: in the first day after hatching the yolk sac larvae had a total length of 1.15 ± 0.09 mm. With time, the yolk sac decreased. On the third day after hatching, the average size of larva was 3.12 ± 0.08 mm and the average size of yolk sac was 0.35 ± 0.01 mm, the eyes were pigmented. On the fourth day, the mouth was opened. The yolk sac disappeared completely around the fifth day.

The results of this study show that Striped red mullet is an easy species for acclimatization to conditions of captivity, and it can even breed during the same year of capture. The quality of egg production depends on the water temperature and after hatching the larvae are of good quality and present a good aptitude for rearing. These preliminary results are encouraging and merit further study.

INTRODUCTION

L'aquaculture est l'une des alternatives les plus prometteuses à l'épuisement des ressources aquatiques vivantes résultant de la croissance démographique, de la surpêche, et des atteintes à l'environnement. D'après les simulations de la FAO, l'aquaculture devrait représenter environ 43% de la production mondiale d'ici 2020 (FAO, 2004b) pour répondre à la demande en poissons et fruits de mer d'une population croissante.

Au Maroc, la dynamique de la planification stratégique a gagné le secteur halieutique. Parmi les 5 projets phares de la stratégie de développement et de compétitivité de ce secteur, c'est de faire de l'aquaculture un moteur de croissance majeur. Pour développer ce secteur, il est alors nécessaire de diversifier et d'axer la recherche en aquaculture sur des nouvelles espèces d'intérêt aquacole. Parmi ces espèces, le Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L., 1758) est une espèce de moins en moins pêchée. En effet, au Maroc, Les statistiques de débarquement englobent les deux espèces de Rouget, mais nos observations au moment de l'échantillonnage ainsi que l'étude de la structure de taille de

cette espèce confirment cette donnée. Ceci est dû principalement à la surexploitation du stock et à la surpêche comme toutes les autres espèces qui ont une haute valeur commerciale. Pour cela, ce poisson peut être un candidat potentiel pour la diversification de la pisciculture marine. De nombreux facteurs soutiennent ce choix ; c'est une espèce à haute valeur commerciale : chair très appréciée par le consommateur et prix élevé dans les marchés (durant 3 années successives (2007-2009), le prix du poisson frais fluctuait entre 40 et 90 MAD/kg au port de M'diq (nos observations au moment de l'échantillonnage). De plus, la fécondité moyenne de l'espèce a été évaluée à plus de 750000 ovocytes par gramme de femelle et la fécondité moyenne relative à plus de 1900 ovocytes par gramme de femelle (El Bakali 2012).

La biologie de l'espèce dans le milieu naturel est relativement bien connue. Le Rouget de roche est carnivore et euryphage, à proies endogées ou épigées (N'Da 1992). Son régime alimentaire est dominé par des proies benthiques, essentiellement des crustacés, des polychètes et des mollusques (Charbi & Ktari 1979, N'Da 1992, El Bakali 2010b). La maturation des gonades commence au printemps;

la taille de la première maturité sexuelle est de 11,6 à 16,9 cm chez les mâles et de 13,8 à 18,2 cm chez les femelles (Suquet & Person-Le Ruyet 2001). Le Rouget de roche peut être classé parmi les espèces à ponte courte ; sa période de reproduction s'étale sur deux ou trois mois (Mahé *et al.* 2005, N'Da & Déniel 2005, N'da *et al.* 2006, Chérif *et al.* 2007, El Bakali *et al.* 2009, El Bakali 2012).

Les informations sur la biologie de ce poisson dans le milieu naturel sont très abondantes (Des brosses 1933-1935, Mahé *et al.* 2005, N'Da & Déniel 2005, N'da *et al.* 2006, El Bakali 2006, Chérif *et al.* 2007, Chérif *et al.* 2008, El Bakali *et al.* 2009, El Bakali *et al.* 2010a et 2010b, Mahé *et al.* 2013). Par contre, celles sur les bases biotechniques de l'élevage sont très rares (Raffaele 1888, Menu & Girin 1978, Devauchelle 1983, Villoch *et al.* 2005, Caamaño *et al.* 2007). Ces derniers auteurs ont obtenu, dans certaines conditions de stabulation et d'alimentation, des pontes et des fécondations spontanées en captivité (Suquet & Person-Le Ruyet 2001).

Devant ces résultats encourageants et en se basant sur les études biologiques que nous avons effectué sur le Rouget de roche dans le milieu naturel de la région de M'Diq (El Bakali 2006, El Bakali *et al.* 2009, El Bakali *et al.* 2010 a et 2010 b, El Bakali 2012), nous avons essayé pour la première fois d'étudier la possibilité d'obtenir des pontes en captivité au Centre de Recherche Appliquée en Aquaculture de l'INRH à M'diq.

L'objectif de cette étude, est de mieux cerner le cycle de reproduction du Rouget de roche et de démontrer la faisabilité technique de la ponte et de l'élevage des premiers stades larvaires en milieu contrôlé. La finalité escomptée est de tenter une première évaluation de la susceptibilité du Rouget de roche, en tant qu'espèce candidate à l'aquaculture.

MATERIEL ET METHODES

Géniteurs

Les géniteurs sont pêchés dans le milieu naturel de la région de M'Diq (Fig. 1). La collecte du lot 1 a été réalisée au mois de septembre 2009 (15 individus de taille entre 15 et 23,5 cm et de poids entre 29,5 et 164,4 g). La collecte du lot 2 a été faite au mois de novembre 2010 (14 individus de taille et de poids respectivement 16 - 24,8 cm et 48,9-165,1 g). La distinction de sexe n'était possible qu'au moment de la ponte.

Les individus du Rouget de roche ont été traités puis acclimatés aux conditions de la captivité (Fig. 2). Ils sont stockés dans un bac de 1 m³ de volume, alimenté en circuit ouvert (eau de mer non filtrée, à un débit assurant trois renouvellements du volume par jour) et muni de collecteur d'œufs pendant la période de ponte. L'oxygène dissous a été maintenu au-dessus de la saturation avec une aération adéquate ; la salinité comprise entre 34 à 36 ‰ et la photo période naturelle. Pour la température, le lot 1 a suivi un rythme naturel, alors que celle du lot 2 a été contrôlée : eau de mer refroidie au moyen de bouteilles remplies de glace.

Les géniteurs n'ont pas accepté une alimentation à base de poisson frais. Un régime basé sur les crustacés a été alors adopté en se basant sur nos études antérieures (El Bakali *et al.* 2010b). Des crevettes fraîches ou congelées ont été découpées en morceaux, distribuées à volonté, et de la chair de calmar a été ajoutée à la ration en période de ponte.

Pour suivre la croissance du Rouget de roche sauvage en captivité, les poissons étaient prélevés, anesthésiés dans du phénoxy-2-éthanol, mesurés (longueur standard) et pesés (poids total). Compte tenu de la sensibilité de cette espèce, ces mesures ont été réalisées une fois par deux ou trois mois durant les périodes d'études (une période de 12 mois pour le premier lot et une période de 9 mois pour le deuxième lot).



Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude.

Figure 1. Geographical situation of the study area.

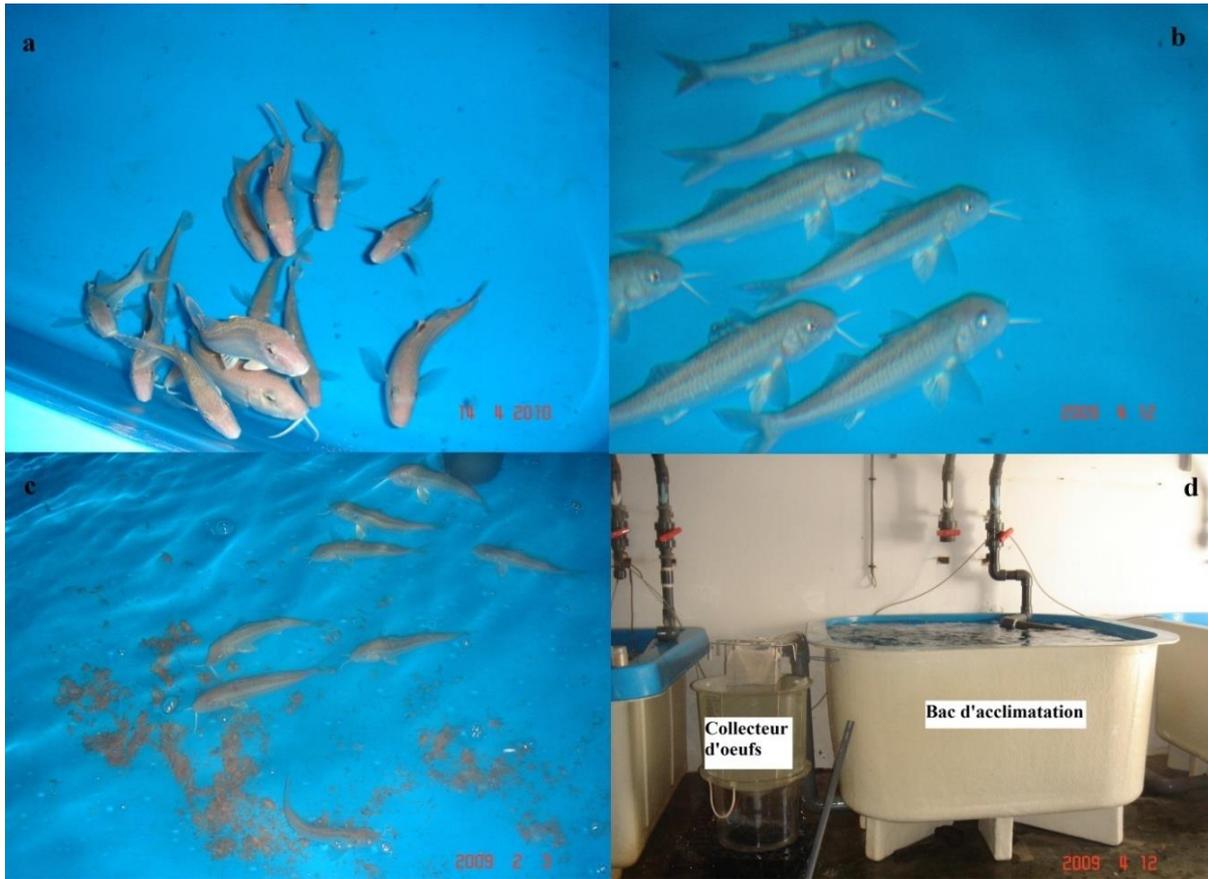


Figure 2. Géniteurs du Rouget de roche (a, b, c) et bac d'acclimatation muni d'un collecteur d'œufs (d).

Figure 2. Striped red mullet Broodstock (a, b, c) and acclimatization tank equipped with an egg collector (d).

Ponte et incubation

Les géniteurs du lot 1 n'ont subi aucune injection hormonale, alors que les géniteurs du lot 2 anesthésiés dans une solution de *phenoxyéthanol* (5 ml pour 25 l d'eau) ont subi une injection intramusculaire en utilisant l'hormone LHRHa, Sigma L4513 (20 µg par kg de poids de poisson).

Les pontes ont été réalisées dans le même bassin d'acclimatation. Un collecteur d'œufs a été conçu et mis en place lors de la période de ponte en avril-juin (El Bakali *et al.* 2010a). Après chaque ponte, les œufs sont dénombrés et homogénéisés dans un seau de 10 litres avec un bullage. Trois prélèvements de 500 ml sont effectués et pour chaque prélèvement, trois sous-échantillons de 1 ml chacun ont été prélevés successivement à l'aide d'une pipette.

Ces sous échantillons sont versés directement dans une boîte de pétri puis comptés à l'aide d'un projecteur de profil. Le nombre d'œufs total est extrapolé au volume total et le diamètre et les globules lipidiques de 100 œufs sont également mesurés. Le taux de viabilité a été également noté. Ensuite, les œufs non viables tombés au fond sont éliminés et les œufs viables sont transférés dans l'incubateur. La température d'incubation était contrôlée et identique à celle de la ponte ($14^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Après l'éclosion, les larves font l'objet d'observations au projecteur de profil pour mesurer la longueur totale ; 30 larves ont été échantillonnées quotidiennement au hasard depuis le jour d'éclosion et jusqu'à l'âge de 5 jours.

RESULTATS ET DISCUSSION

Croissance en captivité

Les Rougets de roche pêchés dans le milieu naturel de la région de M'Diq, s'adaptent facilement aux conditions de captivité et peuvent monter pour manger en surface, après un ou deux mois d'acclimatation. Cela confirme des observations précédentes d'autres auteurs (Raffaele 1888, Menu & Girin 1978, Devauchelle 1983, Villoch *et al.* 2005, Caamaño *et al.* 2007). Le taux de survie enregistrée chez les reproducteurs pendant l'année 2010 a été de 100%. Aucune pathologie n'a été identifiée. Le stock final a été formé de 14 individus dont la taille se situe entre 16 et 24,8 cm et le poids varie entre 48,9 et 165,1 g.

Le Tableau 1 montre les résultats de la croissance en poids et en taille du Rouget de roche sauvage mis en captivité. La différence de croissance entre les deux lots revient probablement à la quantité et à la qualité de la nourriture distribuée. En effet, pour le lot de 2009, nous avons essayé de faire une expérimentation sur l'alimentation en distribuant des sardines fraîches, parfois des granulés avant de conclure que le Rouget de roche est exigeant sur le plan alimentaire et ne peut s'alimenter que sur les crustacés. Pour le lot de 2010, l'aliment distribué était exclusivement à base des crevettes fraîches. Par ailleurs, pendant la première année, l'expérience sur le lot 1 a été effectuée sans contrôle de la température de l'eau, alors que pour la deuxième année l'expérience a été effectuée sur le lot 2 avec une température maintenue à $14^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Tableau 1. Températures mesurées à la surface de l'eau pendant la période de l'expérience.

Table 1. Measured temperatures at water surface during the study period

| Date | Température | Date | Température | Date | Température |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|
| 22 mai 2010 | 18 ± 1°C | 26 mai 2010 | 17 ± 1°C | 30 mai 2010 | 15 ± 1°C |
| 23 mai 2010 | 18 ± 1°C | 27 mai 2010 | 16 ± 1°C | 31 mai 2010 | 15 ± 1°C |
| 24 mai 2010 | 17 ± 1°C | 28 mai 2010 | 16 ± 1°C | 1 au 22 juin 2010 | 14 ± 1°C |

Ponte et incubation

Au cours de la première année d'acclimatation, deux pontes ont été obtenues spontanément entre le 27 et le 29 avril à des températures comprises entre 15,8 et 16°C. Les 223 570 œufs récupérés étaient non fécondés, leur diamètre moyen était de 0,90 mm (tailles limites de 0,83 à 0,94 mm), les diamètres des globules lipidiques varient entre 0,18 et 0,23 mm.

Au cours de la deuxième année, aucune ponte spontanée n'a pu être obtenue. De même, la réponse a été négative après une injection hormonale de toutes les femelles, en utilisant LHRHa (luteinizing hormone releasing hormone, Sigma L4513) (20 µg de LHRHa par kg de poids de poisson). En France, des pontes du Rouget de roche ont été obtenues à des températures comprises entre 9,5 et 15°C (Menu & Girin 1978, 1979, Devauchelle 1983). En effet, Devauchelle (1983) a montré que lorsque la température est maintenue en dessous de 15°C, les ovipositions se poursuivent jusqu'à fin de la période de ponte.

En Espagne, des pontes du Rouget de roche ont été obtenues à des températures de moins de 15°C (Villoch *et al.* 2005). La température agit sur les derniers stades ovocytaires et plus particulièrement sur la ponte chez les poissons marins en général (Kuo *et al.* 1973). Ainsi, lors de notre expérience, la température n'était pas contrôlée et variait entre 17,2 et 19°C, ce qui n'a pas permis une ponte spontanée même après injection hormonale. Par la suite, la température de l'eau du bac a été maintenue à 14 ± 1°C (Fig. 3).

Pour entreprendre cette expérience, nous avons placé le 22 mai deux femelles (190 g et 199,7 g) et 1 mâle (184 g) dans un bac de 1m³ de volume. La photopériode suivait un rythme naturel et l'eau de mer, refroidie au moyen de bouteilles remplies de glace. Suivant le débit d'eau utilisé, le temps nécessaire pour le renouvellement du volume d'eau total du milieu était de deux jours. Après une phase d'adaptation de 30 jours aux conditions de captivité, les géniteurs anesthésiés dans une solution de *phenoxyéthano l* (5 ml pour 25 l d'eau) ont subi une injection intramusculaire en utilisant l'hormone LHRHa, Sigma L4513 (20 µg par kg de poids de poisson).

Le lendemain, la ponte a eu lieu à une température de 14 ± 1°C ; environ 97 160 œufs ont été récupérés avec 69 012 œufs viables (70 %). Leur diamètre moyen était de 0,90 mm (marges de taille : 0,81–0,93 mm). Ils possèdent un seul globule lipidique (Fig.4) dont le diamètre varie de 0,19 à 0,26 mm.



Figure 3. Acclimatation du Rouget de roche et mesures de la température.

Figure 3. Acclimatization of the Striped red mullet and temperature measurements.

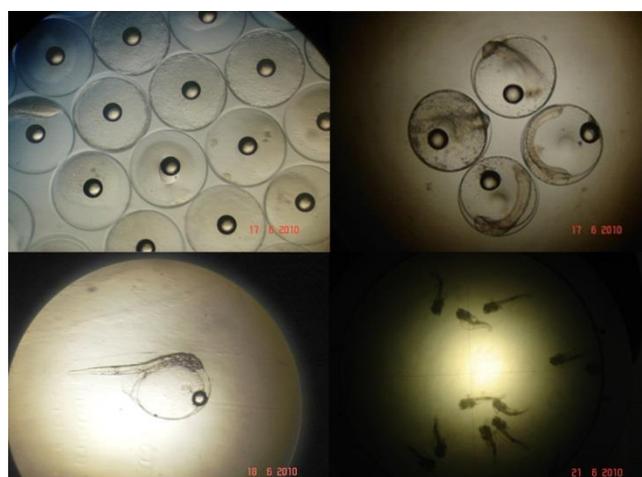


Figure 4. Photographie des œufs et des larves du Rouget de roche.

Figure 4. Photography of eggs and larvae of Striped red mullet.

Nos résultats sont proches de ceux observés par d'autres auteurs (Tab. 2). Le Rouget de roche est une espèce relativement féconde. Une femelle de 400g est susceptible de fournir 21 à 22 pontes consécutives par saison de ponte (Devauchelle 1983) d'un volume moyen de 16 200 œufs par ponte (Suquet & Person-Le Ruyet 2001). La fécondité en captivité peut atteindre 850 000 œufs/kg/année (Suquet & Person-Le Ruyet 2001).

Tableau 2. Croissance en poids et en taille du Rouget de roche sauvage mis en captivité.

Table 2. Weight and size growth of the Striped red mullet captivity.

| Temps (mois) | Lot 1 | | Lot 2 | |
|--------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| | Poids moyen (g) | Longueur moyenne (cm) | Poids moyen (g) | Longueur moyenne (cm) |
| 0 | 61,74 | 17,2 | | |
| 3 | 65,26 | 17,31 | 41,06 | 17,01 |
| 5 | 70,12 | 17,96 | | |
| 6 | 72,06 | 18,23 | 71,06 | 19,77 |

Développement larvaire

Bien que les œufs soient tous mis en incubation avec soin, il n'en éclot que 29 820 larves avec un taux d'éclosion de 43,23%. L'éclosion a eu lieu 4 jours après la ponte, la longueur des larves à l'éclosion est de $2,89 \pm 0,12$ mm. Après l'éclosion, des mesures de la taille des larves et du sac vitellin ont été effectuées jusqu'à la résorption totale du sac vitellin (Tab.3). Le premier jour, le sac vitellin de la larve mesure $1,15 \pm 0,09$ mm. Avec le temps, la queue s'allonge

plus rapidement et le sac vitellin se résorbe. Le troisième jour, la larve qui possède des yeux pigmentés mesure en moyenne $3,12 \pm 0,08$ mm et son sac vitellin $0,35 \pm 0,01$ mm. Au quatrième jour, la bouche est ouverte, la larve possède encore un reste de sac vitellin qui disparaît totalement vers le cinquième jour. Menu & Girin (1978-1979) notent que la larve à sa sortie de l'enveloppe de l'œuf mesure 2,10 à 2,98 mm. La taille de son sac vitellin varie de 1,07 à 1,25 mm. Ce dernier est complètement résorbé au quatrième jour à une température constante de 19°C.

Tableau 3. Diamètres moyens des œufs du Rouget de roche observés par divers auteurs.

Table 3. Average diameters of Striped red mullet egg observed by various authors.

| Auteurs | Région | Ponte | Température °C | Diamètre de l'œuf (mm) | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|------------------------|------|-------------|
| | | | | Mini | Moy | Max |
| Raffaele (1888) | Golfe de Naples Italie | Ponte naturelle | | | | |
| Menu & Girin (1978 - 1979) | IFREMER Boulogne-sur-mer, France | Ponte naturelle | 9,5°- 15°C | 0,83 | 0,86 | 0,88 (1978) |
| | | | | 0,84 | 0,88 | 0,91 (1979) |
| | | | | 0,84 | 0,88 | 0,91 (1980) |
| Devauchelle (1980 - 1983) | IFREMER Boulogne-sur-mer, France | Ponte naturelle | 9,5°- 15°C | 0,83 | 0,86 | 0,94 (1981) |
| | | | | 0,81 | 0,90 | 0,92 (1982) |
| | | | | 0,87 | 0,89 | 0,91 (1983) |
| | | | | | | |
| Villoch <i>et al</i> (2005) | CETGA, Galice, Espagne | Ponte naturelle | 12°-15°C | 0,83 | - | 0,94 |
| Présent travail | INRH, M'Diq, Maroc | Ponte naturelle | 15,8° - 16° | 0,83 | 0,90 | 0,94 |
| | | Ponte provoqué | 14° ± 1°C | 0,81 | 0,90 | 0,93 |

CONCLUSION

Les résultats préliminaires de la reproduction en captivité du Rouget de roche (*Mullus surmuletus*) réalisée pour la première fois au Maroc ont montré qu'il est possible de constituer un stock de géniteurs du Rouget de roche à partir d'individus pêchés. Cette espèce s'acclimata très rapidement aux conditions de la captivité et peut se reproduire au cours de la même année de capture, spontanément ou par induction hormonale. La durée et la qualité de la ponte dépendent de la température de l'eau. À l'éclosion, les larves ont été de bonne qualité et présentent une grande aptitude à l'élevage. Au cours de cette expérience, les premières étapes de l'élevage, qui sont les plus délicates du cycle biologique du Rouget de roche, ont été maîtrisées, à savoir, la ponte, l'incubation, l'éclosion et la phase larvaire jusqu'à l'âge de 5 jours. Ces résultats encourageants méritent d'être approfondis par des essais d'élevage larvaire sur une période plus longue afin de compléter le cycle de reproduction. Cependant, certaines difficultés d'ordre techniques peuvent être rencontrées : la reproduction du Rouget de roche

s'effectue au printemps à des températures inférieures à 16°C.

Avec le réchauffement climatique que connaît la Méditerranée ces dernières années (Di Carlo & Otero 2012), on doit s'attendre à rencontrer des difficultés pour obtenir des pontes en captivité en circuit ouvert. L'installation d'une unité de géniteurs, en circuit fermé afin de contrôler la température, s'impose. Cette technique permet de prolonger la période de ponte et la possibilité de tenter d'obtenir des pontes décalées si la photopériode est contrôlée. La sensibilité excessive du Rouget de roche aux manipulations, et son exigence sur le plan alimentaire, doivent être aussi résolues par une meilleure maîtrise de l'élevage de l'espèce.

En perspective, les données que nous avons obtenues devront permettre d'entamer une étude complète visant la maîtrise de la reproduction en captivité de l'espèce, l'étude des différents stades de son développement et la détermination de ses potentialités pour une éventuelle production aquacole. Le développement de son élevage

pourrait réduire la pression exercée sur les stocks sauvages et contribuer ainsi à une gestion durable du Rouget de roche de la Méditerranée marocaine.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un projet de thèse intitulé « Biologie du Rouget de roche *Mullus surmuletus* (Linné 1758) dans la Méditerranée marocaine et essais de la reproduction en captivité de cette espèce », à la Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, (Maroc), en collaboration avec le Centre de Recherche Appliquée en Aquaculture de l'INRH à M'diq (Maroc). Les auteurs tiennent à remercier vivement les évaluateurs pour la pertinence de leurs remarques qui ont permis d'améliorer la qualité de cet article.

REFERENCES

- Caamaño R., Villoch F., Barreiro L. 2007. Obtención de puestas retrasadas de Salmonete de Roca (*Mullus surmuletus* L.) por modificación del fotoperíodo. *IX Foro dos recursos marinos e da acuicultura das rias galegas*, 291-292.
- Devauchelle N. 1983. *Reproduction en captivité du rouget (Mullus surmuletus)*. ICES, F/17, Comité Mariculture, 5 p.
- Cherif M., Gharbi H., Jarboui O. *et al.* 2007. Le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) des côtes nord tunisiennes : reproduction, sexualité et croissance. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la mer Salammô*, 34, 9-19.
- Cherif M., Selmi S., Gharbi H. *et al.* 2008. Régime alimentaire de rouget de roche (*Mullus surmuletus*) des côtes nord tunisiennes. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la mer Salammô*, 35, 39-47.
- Desbrosses P. 1933. Contribution à la biologie du rouget – barbet en Atlantique. *Revue des travaux de l'office des Pêches maritimes*, 6, 3, 249-270.
- Desbrosses P. 1935. Contribution à la connaissance de la biologie du rouget – barbet en Atlantique Nord (III). *M. barbatus* (rond) *M. surmuletus* (Fage). Mode septentrional Fage. *Revue des travaux de l'office des pêches maritimes*, 8, 3, 351-376.
- Di Carlo G., Otero M., 2012. *La Méditerranée: un environnement marin côtier en mutation selon les scénarios sur l'évolution du climat*. Guide destiné aux gestionnaires pour comprendre les effets des changements climatiques sur les aires marines protégées et comment y faire face. MedPAN Collection, 9 p.
- El Bakali M. 2006. *Age du Rouget de roche (Mullus surmuletus L., 1758) dans la Méditerranée occidentale Marocaine*. Mémoire du 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences de Tétouan, 62 p.
- El Bakali M. 2012. *Biologie et essais de la reproduction en captivité du rouget de roche Mullus surmuletus (Linné, 1758) dans la Méditerranée Occidentale Marocaine*. Thèse de Doctorat, Université Abdelmalek Essaâdi, 223 p.
- El Bakali M., Bendriss A., Talbaoui M. & Akssissou M. 2009. Croissance du rouget de roche (*Mullus surmuletus*, L. 1758) dans la région de M'diq (Méditerranée Marocaine). *Reviews in Biology and Biotechnology*, 8, 1.
- El Bakali M., Talbaoui M. & Bendriss A. 2010a. Période de reproduction, sexe ratio et maturité sexuelle du Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L. 1758) (Téléostéens, Mullidae) de la côte Nord-Ouest Méditerranéenne du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 32, 81-86.
- El Bakali M., Talbaoui M. & Bendriss A. 2010b. Régime alimentaire du Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L.) (Téléostéen, Mullidae) de la côte nord-ouest méditerranéenne du Maroc (région de M'diq). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 32, 87-93.
- FAO (2004b). *Perspectives futures pour les poissons et les produits de la pêche : projections à moyen terme aux horizons 2010 et 2015*, FAO, circulaire sur les pêches FIDI/972-1, FAO, Rome.
- Gharbi H. & Ktari MH. 1979. Régime alimentaire des rougets (*Mullus barbatus* L., 1758 et *Mullus surmuletus* L., 1758) du golf de Tunis. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la mer Salammô*, 6, 41-52
- Mahé K., Coppin F., Vaz S., Carpentier A. 2013. Striped red mullet (*Mullus surmuletus*, Linnaeus, 1758) in the eastern English Channel and southern North Sea: Growth and reproductive biology. *Journal of Applied Ichthyology*, 29, 5, 1067-1072.
- Menu B, Girin M. 1978. Ponte, incubation et développement larvaire du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) en laboratoire. *Vie et Milieu*, 28-29 (3 AB), 517-530.
- N'Da K. & Déniel C. 2005. Croissance des juvéniles du rouget de roche (*Mullus surmuletus*) dans le nord du golfe de Gascogne. *Cybium*, 29, 2, 175-178.
- N'Da K. 1992a. *Biologie du rouget de roche Mullus surmuletus (Poisson Mullidae) dans le nord du golfe de Gascogne : Reproducteurs, larves et juvéniles*. Ph D Thesis. Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 177 p.
- N'Da K. 1992b. Régime Alimentaire du Rouget de roche *Mullus surmuletus* (Mullidae) dans le Nord du Golfe de Gascogne. *Cybium* 16, 159-167.
- N'Da K., Déniel C. & Yao K. 2006. Croissance du rouget de roche *Mullus surmuletus* dans le nord du golfe de Gascogne. *Cybium*, 30, 57-63.
- Raffaele F. 1888. Le uova galleggianti e le larve dei Teleostei nel golfo di Napoli. *Mittheilun genau der zoologischen station zuneapel*, 8, 1-84.
- Suquet M. & Person-Le Ruyet J., 2001. *Les rougets barbets (Mullus barbatus, Mullus surmuletus)*. In : Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. Ifremer publications, 47 p.
- Villoch F., Barreiro L., Caamaño R. *et al.* 2005. Obtención de puestas de Salmonete de Roca (*Mullus surmuletus* Linneo, 1758) en cautividad y su proceso de incubación. X Congreso Nacional de Acuicultura. Gandía (Valencia), Sesión de diversificación de especies. Póster. 149-150.

Manuscrit reçu le 27/01/2015

Version révisée acceptée le 10/05/2016

Version finale reçue le 13/05/2016

Mise en ligne le 06/06/2016