

ÉTUDE DE LA REPRODUCTION DU TILAPIA DU NIL *Oreochromis niloticus* (L.) EN CAPTIVITÉ DANS LES EAUX GÉOTHERMALES DU SUD TUNISIEN.

Mohamed Naceur DHRAÏEF*, M.S. AZAZA et M.M. KRAÏEM.

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM) – 2025 Salammbô, Tunisie.

Naceur.dhraief@instm.rnrt.tn

ملخص

دراسة تكاثر سمك البلطي (*Oreochromis niloticus* (L.)) المربي بالمياه الجيوحرارية بالجنوب التونسي : تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الطول عند أول نضج جنسي والخصوبة المطلقة والحجم الأمثل لأفضل مردودية في إنتاج يرقات سمك البلطي النيل المربي في المياه الجيوحرارية بالجنوب التونسي. بينت النتائج أن سمك البلطي النيل يصل إلى مرحلة النضج الجنسي في حجم صغير خلال السنة الأولى من التربية. وقد قدر الطول عند أول نضج جنسي (L_{m50}) ب 11,3 سم و 12,5 سم على التوالي للإناث والذكور. كما تبين أن الخصوبة المطلقة (F) للإناث سمك البلطي النيل منخفضة نسبياً، إذ تتراوح بين 241 و 1358 بيضة على التوالي بالنسبة للإناث ذات حجم 15,5 سم و 24,1 سم. وترتبط هذه الخصوبة مع طول الإناث (Lt) بالمعادلة $F = 1,77L_t^{1,96}$. وأظهرت المقارنة بين أحجام مختلفة من الإناث (15,3 و 20,5 و 25,6 سم) على القدرة التناسلية أن الأفراد ذوي حجم 20,5 سم لها أفضل إنتاجية (32 يرقة / م² / يوم). ويعزى تدني إنتاجية الإناث كبيرة الحجم (12 يرقة / م² / يوم) للضعف النسبي لمشاركة تلك الإناث في عملية التكاثر (21 % مقابل 87 % لحجم 15,3 سم) وانخفاض تواتر عملية وضع البيض. **كلمات مفاتيح:** سمك البلطي، مياه جيوحرارية، التكاثر، حجم النضج الجنسي، الخصوبة، الإنتاجية.

RESUME

La présente étude a pour objectif la détermination de la taille de première maturité sexuelle, l'estimation de la fécondité ainsi que la taille correspondant à un meilleur rendement de production de larves chez le Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L.) maintenu en captivité dans les eaux géothermales du sud tunisien. Les résultats ont montré que le Tilapia arrive à la première maturité sexuelle dès la première année d'élevage, à une longueur (L_{m50}) relativement petite évaluée à 11,3 cm et 12,3cm, respectivement pour les femelles et pour les mâles.

La femelle d'*O. niloticus* présente une fécondité absolue (F) relativement faible (variable entre 241 et 1358 œufs respectivement pour des femelles de 15,5 et de 24,1 cm) et liée à la taille des femelles par la relation : $F = 1,77 L_t^{1,96}$.

La comparaison de trois classes de taille des femelles (15,3 - 20,5 - 25,6 cm) a montré que les individus de taille 20,5 cm présentent le meilleur rendement en terme de productivité (32 larves m⁻² j⁻¹). La faible productivité des femelles de grande taille (12 larves m⁻² j⁻¹) semble être liée à un taux de participation de femelles relativement plus faible (21% contre 87 % pour les tailles de 15.3 cm) et à la diminution de la fréquence des pontes.

Mots clés : Tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*, eau géothermale, première maturité sexuelle, fécondité, productivité.

ABSTRACT

Reproduction survey of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) reared in geothermal waters in southern Tunisia : This study was conducted to assess the first maturity size, the fecundity and the best size of females to maximize and enhance the production of larvae in females Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in the geothermal waters in southern Tunisia.

The results showed that Nile tilapia reach sexual maturity at a small size, during the first year of life. The total lengths (TL) at first sexual maturity (L_{m50}) are 11.28 cm and 12.46 cm, respectively for females and males.

The female *O. niloticus* has a low absolute fecundity (F) which varies between 241 and 1358 eggs respectively for females of 15.5 and 24.1 cm (TL). This fecundity is related to female size by the equation: $F = 1.77 TL^{1.96}$.

The comparison of three size-classes of females (15.3, 20.5 and 25.6 cm) on the reproductive performances showed that females of 20.5 cm (TL) present the best productivity (32 larvae m⁻² day⁻¹). The low productivity of large females (12 larvae m⁻² day⁻¹) is related to the decreases of the female activity (i.e. participation rate 21% versus 87% for the size 15.3 cm) and to their low spawning frequency.

Key words: Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, geothermal water, first maturity, fecundity, productivity.

INTRODUCTION

La Tunisie, accordant une importance particulière au développement de l'aquaculture continentale, a mis en place une stratégie de valorisation de ses ressources en eaux douces. Outre les retenues de barrages, principal système d'élevage extensif, les

eaux géothermales du sud tunisien sont désormais exploitées pour l'élevage intensif du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*).

En effet, dès son introduction en 1999, cette espèce s'est adaptée d'une façon remarquable à son nouvel environnement. De plus, les résultats encourageants de son élevage ont incité le

secteur privé à initier des investissements dans cette nouvelle activité. On dénombre actuellement trois projets privés dont deux dans la région de Kébéli et un à Boughrara (île de Jerba). Ces projets ont assuré une production de 60 tonnes au cours de l'année 2010.

Cependant, la disponibilité, d'une façon régulière, des alevins reste le point de blocage pour la rentabilité des projets privés tunisiens. Par ailleurs, l'augmentation rapide de la production mondiale du Tilapia du Nil, espèce la plus élevée des Tilapias, est due à l'intensification de la production d'alevins en éclosiers (Little *et al.*, 2000).

La maîtrise de la production d'alevins découle, en grande partie, de l'optimisation des conditions de gestion de l'unité des géniteurs concernant des aspects d'ordre alimentaire (Abdelhamid *et al.*, 2010,) et technique (densité : Tahoun *et al.*, 2008, salinité : El-Sayed *et al.*, 2005, photopériode : De Lapeyre *et al.*, 2010, renouvellement d'eau : Tsadik and Bart 2007).

La présente étude porte sur l'évaluation des performances reproductives du tilapia élevé en eaux géothermales du sud tunisien à travers la détermination de la taille de première maturité sexuelle, de la fécondité et de la taille optimale des femelles pour un meilleur rendement de reproduction.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Ce travail, réalisé à la station expérimentale de pisciculture de l'INSTM à Béchima (El Hamma,

Gabès), intéresse le Tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus* (L.), souche "Maryout".

Taille de première maturité sexuelle

L'étude de la taille de première maturité sexuelle a porté sur un lot de 313 femelles et de 264 mâles, d'une taille comprise entre 7 et 18 cm, prélevé dans les bassins où la densité d'élevage varie entre 150 et 300 ind./m³. Les poissons, dont la taille et le poids sont notés, sont disséqués et les gonades sont prélevées afin d'évaluer le degré de maturation sexuelle (Fig. 1).

Les oocytes étant observés au microscope, une femelle est considérée mature lorsque son ovaire contient des oocytes renfermant du vitellus et ayant un diamètre supérieur à 500 µm (Babiker et Ibrahim, 1979; Gunasekera *et al.*, 1995). Les mâles sont considérés matures lorsque leurs testicules sont au stade de maturation II, tel que signalé par Babiker et Ibrahim (1979). Ce stade correspond à des testicules épais, dilatés, de coloration gris blanchâtre et occupant environ les 2/3 de la longueur de la cavité viscérale.

Les individus ont été regroupés par classes de taille (L_t) de 1 cm. Dans chaque classe de taille, la proportion (Pr) des individus matures est calculée. Les données ont été ajustées à une fonction logique dont la formule mathématique est la suivante :

$Pr = 1 / (1 + e^{-r(L_t - L_{m50})})$ où Pr : proportion des matures ; r : pente ; L_t : longueur totale et L_{m50} : taille à la première maturité sexuelle pour laquelle 50% des individus sont matures.

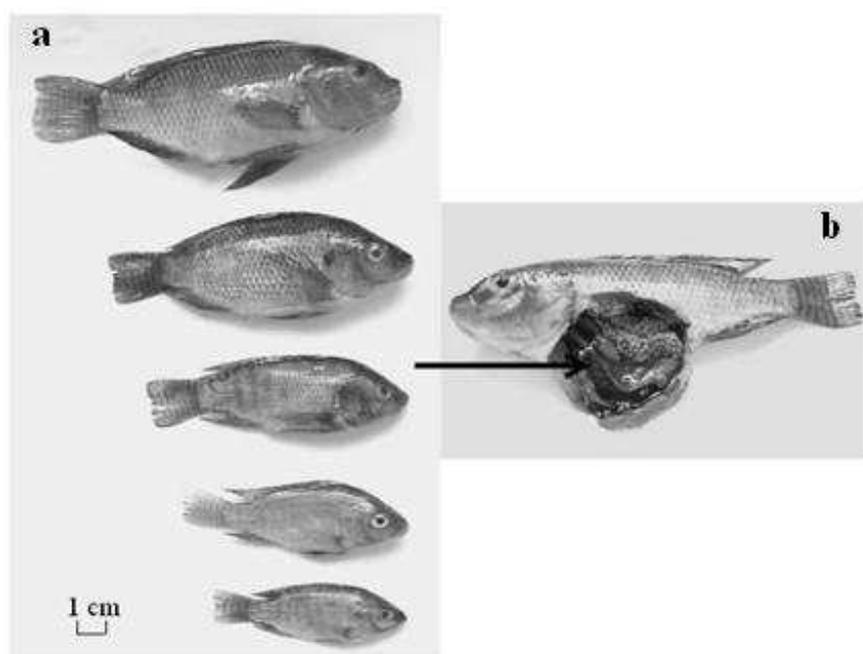


Figure 1 : Spécimens du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (a) et prélèvement des gonades (b)

Fécondité absolue

74 femelles, de taille variant entre 15,3 et 24,1 cm, ont été prélevées en phase post-ponte. La fécondité absolue est définie comme étant le nombre d'œufs fraîchement récupérés de la cavité buccale d'une femelle (Fig. 2). Pour l'étude de la fécondité d'*O. niloticus*, nous avons établi la relation entre la taille de la femelle et le nombre d'œufs fraîchement

récupérés par ponte. Le nombre total d'œufs par ponte (F), comptés individuellement, a été associé à la longueur totale (L_t) de la femelle. Les données ont été ajustées par des courbes de puissance dont l'équation est: $y = a x^b$ où y : fécondité absolue (F) ; a et b : constantes et x : longueur totale (L_t).

Le logiciel STATISTICA 9 est utilisé pour l'ajustement des fonctions précitées.

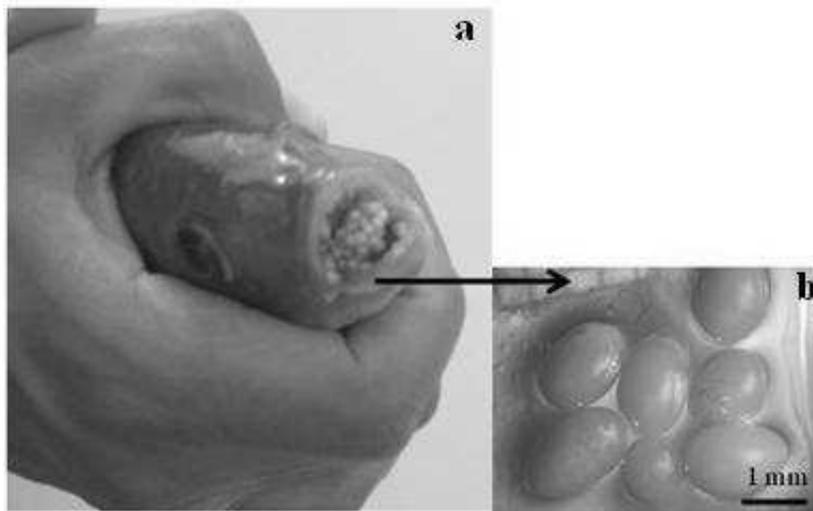


Figure 2 : Femelle d'*Oreochromis niloticus* en phase d'incubation buccale (a) et ses œufs (b)

Performances de reproduction

Pour l'étude comparative des performances reproductives en fonction de la taille des femelles, nous avons utilisé six bassins de type « raceway » de 8 m² (8 m × 1 m) dans lesquels ont été placées en duplicata des femelles d'une longueur totale moyenne de 15,3 ± 0,25 cm (petites), de 20,54 ± 0,32 cm (moyennes) et de 25,63 ± 0,56 cm (grandes). La mise en charge des reproducteurs a été effectuée à une sex-ratio de 1 / 3 et une densité de 4 individus par m². Les charges correspondantes à ces différentes tailles n'ont pas un effet significatif sur les performances de la reproduction (Dhraïef, 2005). Lors des manipulations (sexage, calibrage...), les poissons ont été anesthésiés au 2-phénoxy-éthanol à raison de 0,4 ml / l afin de réduire un éventuel effet de stress. Le suivi individuel des femelles a été réalisé grâce à un marquage interne individuel de type transpondeur passif (Loligo system, Danemark)

Durant l'expérience, les poissons ont été exposés à la lumière naturelle qui est prolongée par une lumière artificielle de façon à maintenir une photopériode de 16 h lumière : 8 h obscurité.

219 cycles reproductifs ont été observés durant 90 jours d'expérimentation pour les différents traitements considérés. Dans les différents traitements, la taille des mâles est choisie légèrement supérieure à celle

des femelles (30 à 50 g de plus) dans le but d'éviter une éventuelle agressivité de ces dernières au cours du processus de reproduction. Les femelles sont contrôlées régulièrement chaque jour afin d'identifier celles portant des larves dans leurs cavités buccales. Ces femelles se caractérisent par un comportement agressif, une isolation, un élargissement de la cavité buccale et l'émergence d'un croissant noir entre les yeux. La femelle couveuse est alors soigneusement récupérée par une époussette à mailles fines. Ensuite, les larves sont comptées.

Le suivi de la reproduction s'est étalé sur une durée de 3 mois à la fin de laquelle, les paramètres suivants ont été déterminés :

-Productivité absolue : Nombre moyen des larves produites par chaque femelle au cours d'un cycle reproductif. -Productivité relative : Nombre des larves produites par g des femelles stockées.

-Productivité du système : Production journalière moyenne des larves par m² du bassin exploité.

-Proportion des femelles s'étant reproduites: Pourcentage des femelles ayant pondu au moins une fois au cours de la période de l'expérience.

-Fréquence des pontes: Nombre moyen de pontes par femelle.

Les bassins sont alimentés en eau géothermale en circuit ouvert ayant une température de 29 ° ± 1 °C et

un débit de 5-7 l / mn permettant de maintenir une qualité d'eau adéquate. Cette dernière a été contrôlée couramment ; l'oxygène dissous a été mesuré deux fois par jour avec un oxymètre digital (WTW/OXI 96). Le pH, le nitrite et l'ammonium total ont été mesurés chaque semaine par un spectrophotomètre. Aucune valeur critique n'est observée pour l'oxygène dissous ($>4,6 \text{ mg l}^{-1}$), Nitrite ($\text{NO}_2\text{-N}$: $< 0,009 \text{ mg l}^{-1}$) et l'ammonium total ($\text{NH}_3\text{-N} + \text{NH}_4^+\text{-N}$: $0,35 < \text{mg l}^{-1}$) qui demeurent dans les gammes acceptables pour l'élevage du Tilapia (Ballarin and Hatton, 1997). Les poissons sont nourris, manuellement à satiété à raison de deux repas par jour par un aliment, sous forme de granulés constitué de farines de poissons, de soja, de maïs, d'huile végétale et d'un complexe minéro-vitaminé. Pour cet aliment, préparé comme décrit par Azaza *et al.* (2009 a, b), les teneurs en protéines (35 %) et en énergies (17,5 kJ/g) sont considérées comme optimales pour une bonne performance de reproduction chez *O. niloticus* (El-Sayed and Kawanna, 2008).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Taille de première maturité sexuelle

L'évolution de la maturité sexuelle du Tilapia, étudiée en fonction de sa croissance, est illustrée par la figure 3. La plus petite femelle mature mesurait 9,3 cm ; la plus grande immature 14,8 cm. La taille de première maturité sexuelle (L_{m50}) des femelles, déterminée graphiquement, est de 11,3 cm. Aucune femelle immature n'a été décelée à partir d'une longueur totale de 15 cm (poids moyen de 63,7 g). Quant aux mâles, le plus petit individu mature mesurait 9,7 cm et le plus grand immature 15,5 cm. La taille de première maturité sexuelle des mâles est de 12,5 cm. Aucun mâle immature n'a été détecté à partir de 16 cm (poids moyen de 72,3 g).

Ainsi, les femelles d'*O. niloticus* arrivent à la maturité sexuelle à une taille inférieure à celle des mâles. En tenant compte de l'âge, tous les poissons examinés (mâles et femelles), maintenus en élevage expérimental, arrivent à maturité sexuelle au cours de leur première année de vie.

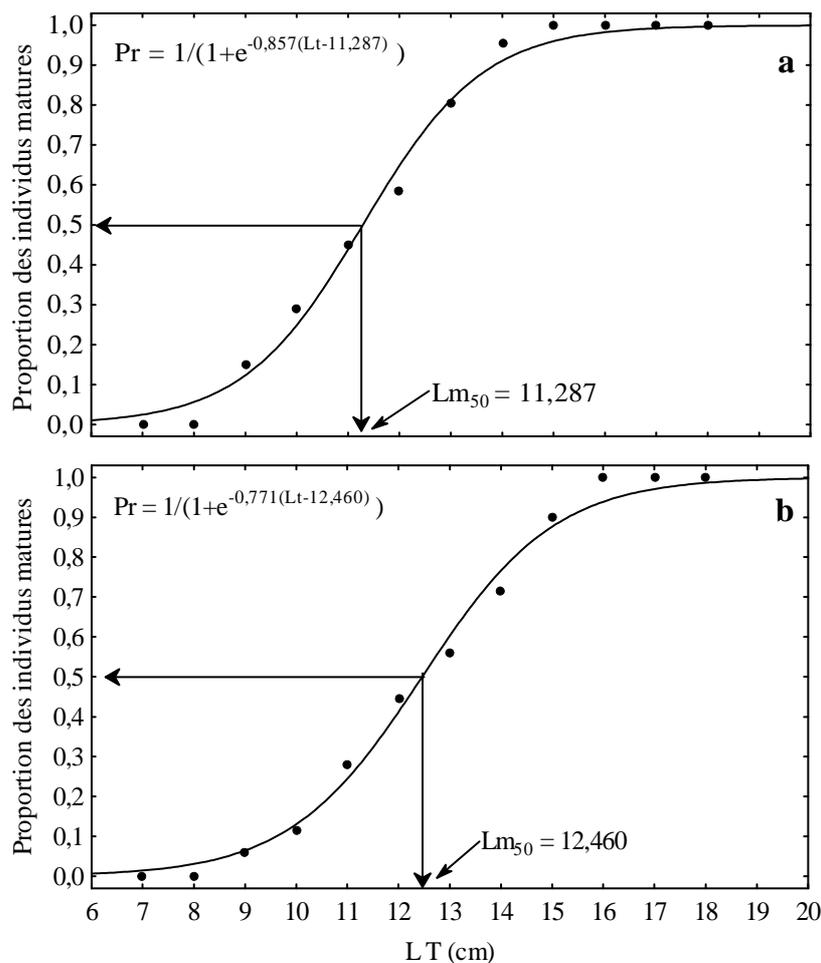


Figure 3 : Taille de première maturité sexuelle d'*O. niloticus* femelles (a) et mâles (b) matures en élevage intensif.

La taille de première maturité sexuelle d'*O. niloticus*, élevée dans la station de Béchima, est plus petite que celle observée dans le lac Manzala en Egypte où la taille minimale de maturation est de 16,3 et 17,4 cm, respectivement pour les femelles et les mâles (Payne et Collinson, 1983). Des constatations similaires, concernant les femelles, ont été signalées par Mélard (1986) dans la station expérimentale de Tihange en Belgique. La maturité précoce en milieu confiné a été notée pour d'autres espèces de Tilapias telles que: *Sarotherodon melanotherodon* (Eyeson, 1983), *Tilapia zillii* (Dadzie et Wangilia, 1980) et *Tilapia guineensis* (Legendre et Ecoutin, 1989). Dans des conditions d'élevage, la maturation sexuelle est précoce et la reproduction peut avoir lieu dès que les individus atteignent un poids de 40 g correspondant à une taille de 13,5 cm (Macintosh et Little, 1995). Une maturation encore plus précoce des femelles d'*O. niloticus* a été signalée en aquarium par Gunasekera *et al.* (1995); dans ce cas, le poids minimal de maturation est de 5 g (environ 6,7 cm).

Dans notre cas, la taille de première maturité sexuelle des mâles d'*O. niloticus* est supérieure à celle des femelles, ce qui concorde avec les résultats de Babiker et Ibrahim (1979). Dans ce contexte, Lowe-McConnell (1982) signale que dans les milieux surpeuplés, les mâles grandissent plus vite que les femelles.

En fait, plusieurs facteurs (mauvaises conditions environnementales, confinement, qualité et quantité de nourriture) affectent la taille de maturation. En milieu d'élevage, les dimensions réduites du milieu amènent les tilapias vers une stratégie démographique caractérisée par une fécondité élevée, une maturité précoce, une faible compétition intra spécifique et se traduisant par une croissance lente (Lowe-McConnell, 1982).

Dans la présente étude, aucune femelle immature n'a été décelée à partir de taille de 15 cm. Cette taille est

inférieure à celle observée par Mélard (1986) dans la station expérimentale de Tihange (16 cm). Ceci peut être corrélé à la densité, plus forte dans la station expérimentale de Béchima (150-300 ind. m⁻³) en comparaison à celle de la station de Tihange (50-200 ind. m⁻³).

Estimation de la fécondité absolue

L'analyse de la figure 4 montre que la fécondité absolue (F) augmente significativement avec la longueur totale (L_t). Nous remarquons une variabilité de la fécondité absolue pour des poissons de même taille.

Le minimum et le maximum de la fécondité absolue observés (241 et 1358 œufs) sont obtenus respectivement pour des femelles de 15,5 et de 24,1 cm. Ceci a permis d'établir la relation logarithmique linéaire entre la fécondité absolue et la longueur totale du poisson : $\text{Log } F = 1,96 \text{ Log } L_t + 0,24$.

Malgré la gamme réduite des tailles dans notre échantillon d'étude (15,5 à 26,5 cm), il apparaît que la fécondité absolue augmente avec la taille comme indiqué par d'autres auteurs (Babiker et Ibrahim, 1979; Payne et Collinson, 1983; Mélard, 1986; Ranna, 1988 ; Smitherman *et al.*, 1988).

Nos valeurs concernant la fécondité absolue (241 à 1358 œufs par femelle) sont faibles par rapport à celles signalées par Babiker et Ibrahim (1979), Payne et Collinson (1983) et Mélard (1986), respectivement de 728 à 1774, de 600 à 1600 et de 724 à 1669, pour la même gamme de taille. Nos résultats sont comparables à ceux (309-1158 œufs) signalés par Ranna (1988). Chez l'incubateur buccal *O. niloticus*, la fécondité est plus faible comparée à celle observée chez les Tilapias pondueurs sur substrat : 2314 à 5178 œufs chez *Tilapia zillii* pour la même gamme de taille (Coward et Bromage, 1999).

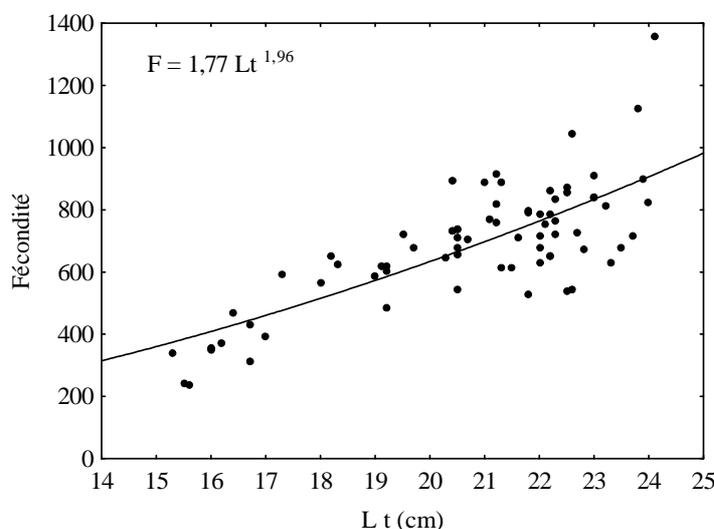


Figure 4 : Évolution de la fécondité absolue chez *O. niloticus* en fonction de la longueur totale.

La grande variabilité de la fécondité, chez des femelles d'*O. niloticus* de même taille, a été aussi signalée par Mélard (1986) et Ranna (1988) comme c'est le cas chez *Tilapia zillii* (Dadzie et Wangilia, 1980; Coward et Bromage, 1999). Ceci est attribué à une différence génétique (Babiker et Ibrahim, 1979 ; Coward et Bromage, 1999) et une éventuelle interaction complexe entre la fécondité, la taille des œufs et la périodicité des pontes (Coward et Bromage, 1999).

Dans notre étude, la fécondité augmente en fonction de la longueur des femelles (avec une constante $b = 1,96$). Ceci concorde avec les résultats obtenus par d'autres auteurs comme Babiker et Ibrahim (1979),

Payne et Collinson (1983) et Mélard (1986) pour lesquels les valeurs respectives de la constante sont 2,01, 2,23 et 1,89.

Une fécondité aussi faible a été rapportée chez d'autres espèces de Tilapias telles que *Tilapia leucostica* ($b=2,167$) dans le lac Naivasha (Siddiqui, 1977) et *Tilapia zillii* ($b=2,11$) élevé en aquarium (Coward et Bromage, 1999).

Comparaison des performances reproductives des femelles en fonction de la taille

Les résultats des performances de la reproduction, examinés sur trois classes de tailles des femelles d'*O. niloticus*, sont illustrés dans le tableau I.

Tableau I : Performances de la reproduction chez trois classes de taille d'*O. niloticus*.

Critères de performance de la reproduction	Longueur totale des femelles (cm)		
	15,34 ± 0,25 ^a	20,54 ± 0,32 ^b	25,63 ± 0,56 ^c
% des femelles s'étant reproduites	87,50 ± 4,2 ^a	81,25 ± 2,1 ^a	20,83 ± 4,2 ^b
Fréquence des pontes (pontes / femelle)	2,25 ± 0,1 ^a	1,85 ± 0,1 ^b	0,46 ± 0,2 ^c
Productivité absolue (larves/femelle/ponte)	229,5 ± 6,5 ^a	522,0 ± 10,0 ^b	778,5 ± 10,5 ^c
Productivité relative (larves / g de femelle)	9,3 ± 0,7 ^a	6,8 ± 0,2 ^b	1,4 ± 0,3 ^c
Productivité du système (larves / m ² / j)	17,2 ± 1,4 ^a	32,2 ± 1,7 ^b	11,9 ± 2,4 ^c

Les moyennes (\pm ES) d'une même ligne, repérées par des lettres différentes (a, b et c) sont significativement différentes ($p < 0,05$)

L'analyse du tableau I permet de dégager les constatations suivantes:

-Les femelles dont la taille varie entre 15,3 et 20,5 cm ont participé de la même façon à la reproduction avec un taux élevé compris entre 81,2 et 87,5 %. Le pourcentage de participation des femelles ayant une taille de 25,6 cm est faible, seulement 20,8 %.

-La meilleure fréquence de ponte (2,25) est observée chez les femelles dont la taille est relativement petite (15,3). Cette fréquence diminue d'une façon significative ($p < 0,05$) en fonction de l'augmentation de la taille des femelles.

-La productivité absolue augmente significativement avec la taille des femelles. Son maximum, soit 778 larves / femelle / ponte, est enregistré chez les femelles de 25,6 cm de longueur totale.

-La productivité relative accuse des valeurs significativement décroissantes en fonction de la taille des femelles. Sa valeur maximale (9 larves / g de femelle) est notée chez les femelles de 15,3 cm de longueur totale.

-La meilleure productivité du système d'élevage (32 larves / m² / j) a été observée chez les individus de 20,5 cm de longueur totale.

Les résultats de la reproduction relative aux trois différentes tailles des femelles d'*O. niloticus* montrent que pour tous les traitements, certaines femelles reproductrices n'ont pas participé à la reproduction durant la période d'étude (90 jours). Ceci trouve son origine dans l'effet de la dominance sociale car au sein d'une même population, la hiérarchie est rapidement établie et les femelles dominantes se reproduisent plus fréquemment que les autres (Rothbard, 1979; Mires, 1982). En outre, Bhujel (2000) signale que les mâles des Tilapias sont,

de nature, agressifs et ceux dominants, contrôlent la majorité des pontes et par conséquent plusieurs femelles ne se reproduisent pas. De plus, la fréquence individuelle des pontes diffère d'une femelle à une autre. C'est le cas aussi dans notre étude où la fréquence individuelle dans les différents traitements a varié entre 0 et 5.

Le taux de participation des femelles relativement faible, observé chez les individus de grande taille, semble être dû à un nombre limité des femelles sexuellement actives et/ou à une durée d'inter-ponte plus longue. Chez ces femelles, l'effet d'une agressivité aiguë, durant la période de reproduction, est plausible du fait qu'en pratique les grosses femelles sont difficiles à gérer.

Par ailleurs, il est évident d'observer une augmentation de la productivité absolue en fonction de la taille des femelles résultant de l'évolution positive de la fécondité en fonction de la taille déjà déterminée chez cette espèce.

La faible productivité du système, observée chez les femelles de grande taille, semble être liée au faible taux de participation des femelles dans les processus de la reproduction. Nos résultats confirment ceux de Smith *et al.* (1991) qui ont constaté que les reproducteurs âgés du tilapia (âge II) produisent plus de larves par ponte mais moins par unité de poids que les petits (âge I).

CONCLUSION

Le tilapia *O. niloticus* élevé en captivité dans la station expérimentale de Béchima atteint la maturité sexuelle à une petite taille au cours de la première année de vie, soit 11,3 cm pour les femelles et de 12,5 cm pour les mâles. La femelle d'*O. niloticus* présente une faible fécondité absolue variable entre 241 et 1358 œufs respectivement pour des femelles de 15,5 et 24,1 cm. Cette fécondité est liée à la longueur des femelles par la relation : $F = 1,77 L^{1,96}$. Les femelles de taille moyenne, étant meilleures en termes de productivité du système d'élevage (larve / m² / j). Celles de grandes tailles sont à éviter dans les éclosiers du Tilapia ; ces individus engendrent une productivité relativement faible malgré leurs fécondités absolues élevées. De même, malgré une productivité relative (larve / g de femelle) plus élevée, les individus de petite taille engendrent une faible quantité de larves par unité de surface exploitée.

BIBLIOGRAPHIE

Abdelhamid, A.M., Mehrim, A.I., El-Barbary, M. I. and El-Sharawy, M.A. 2010 - An attempt to improve the reproductive efficiency of Nile tilapia broodstock fish. *Fish Physiol. Biochem.* DOI 10.1007/s10695-010-9387-6.

- Azaza M.S., Mensi F., Wassim K., Abdelmouleh A., Brini B. and Kraïem M.M., 2009. Nutritional evaluation of waste date fruit as partial substitute for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Nutrition* 15, 262-272.
- Azaza M.S., Wassim K., Mensi F., Abdelmouleh A., Brini B. and Kraïem M.M., 2009. Evaluation of faba beans (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L., 1758). *Aquaculture* 287, 174-179.
- Babiker, M.M. and Ibrahim, H., 1979 - Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. *J. Fish Biol.* 14: 437-448.
- Ballarin, J. D. & Hatton J. P. 1979. *Tilapia: A Guide to their Biology and Culture in Africa*. Stirling: University of Stirling.
- Bhujel, R.C., 2000 - A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa ased systems. *Aquaculture* 181: 37-59.
- Coward, K. and Bromage, N.R., 1999 - Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture* 171: 251-267.
- Dadzie, S. and Wangilia, B.C.C., 1980 - Reproduction biology, length-weight relationship and relative condition of pond-raised *Tilapia zillii* (Gervais). *J. Fish Biol.* 17: 243-253.
- De Lapyere B.A., Muller-Belecke A. and Horstgen-Schwark G., 2010 - Increase spawning activity of female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (L.) after stocking density and photoperiod manipulation. *Aquaculture Research* DOI:10.1111/j.1365-2109.2010.02548.x.
- Dhraïef M.N., 2005 - reproduction du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) [Teleostei, Cichlidae], en captivité dans les eaux géothermales du sud Tunisien: Effet de quelques facteurs démographiques en environnementaux. Mastère en Aquaculture et Biotechnologie Marine. ISBM, 103 p.
- El-Sayed A.F.M., Mansour C.R., Ezzat A.F., 2005 - Effects of dietary lipid source on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) bloodstock reared at different water salinities. *Aquaculture* 248: 187-196.
- El-Sayed, A.-F. M. and Kawanna, M., 2008 - Effects of dietary protein and energy levels on growth and spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recycling system. *Aquaculture* 280: 179-184.

- Eyeson, K. N., 1983 - Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*. *Aquaculture* 31: 257-267.
- Gunasekera, R.M., Shim, K.F. and Lam, T.J., 1995 - Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 134: 169-183.
- Legendre, M. and Ecoutin, J.M., 1989 - Suitability of brackish tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I-Reproduction. *Aquat. Living Resour.* 2: 71-79.
- Little, D.C., Coward, K., Bhujel, R.C., Pham, T.A. and Bromage, N.R., 2000 - Effect of broodfish exchange strategy on the spawning performance and steroid hormone levels of *Oreochromis niloticus* broodfish in hapas. *Aquaculture* 186: 77-88.
- Lowe-McConnell, R.H., 1982 - Tilapia in fish communities. In: Pullin, R.S.V. and Lowe-McConnell, R.H. (Eds.), *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM Conference Proceeding 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Philippines: 83-113.
- Macintosh, D.J. and Little, D.C., 1995 - Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). in: Bromage, N.R. and Roberts, R.J. (Eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Oxford: Blackwell Science Publication, University Press, Cambridge, UK: 277-320.
- Mélard, C., 1986 - Les bases biologiques de l'élevage intensif du Tilapia du Nil. *Cah. Ethol. Appl.*, 6 (3), 224 pp.
- Mires, D., 1982 - Study of the problems of the production of hybrid tilapia fry. In: Pullin, R.S.V. and Lowe-McConnell, R.H. (Eds.), *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM Conference Proceeding 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Philippines: 317-329.
- Payne, A.I. and Collinson, R.I., 1983 - Comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) With those of *S. aureus* (Steindachner) and other Tilapia of the delta and lower Nile. *Aquaculture* 30: 335-351.
- Ranna, K. J., 1988 - Reproductive biology and Hatchery rearing of eggs and Fry, In : Muir J.F. and Roberts R.J. (Eds.), *Recent advances in aquaculture*, Vol. 3. Croom Helm, London: 343-406.
- Rothbard, S., 1979 - Observation on the reproduction behavior of *Tilapia zilli* and several *Sarotherdon* sp. under aquarium conditions. *Bamidgeh* 31: 35-43.
- Siddiqui, A.Q., 1977 - Reproductive biology, length-weight relationship and relative condition of *Tilapia leucostica* (Trewaves) in Lake Naivasha, Kenya. *J. Fish Biol.* 10: 251-260.
- Smith, S.J., Watanabe, W.O., Chan, J.R., Ernst, D.H., Wicklund, R.I. and Olla, B.L., 1991 - Hatchery production of Florida tilapia seed in brackish-water tanks: the Influence of broodstock age. *Aquacult. Fish. Manage.* 22 (2): 141-147.
- Smitherman, R.O., Khater, A.A., Cassel, N.I. and Dunham, R.A., 1988 - Reproductive performance of strains of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 70: 29-37.
- Tahoun, A.M., Ibrahim, M.A-R, Hammouda, Y.F., Eid, M.S., Zaki El-Din, M.A. and Magouz, F.I. 2008 - Effects of age and stocking density on spawning performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) broodstock reared in hapas. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 329-343.
- Tsadik, G.G. and Bart, A.N. 2007 - Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 272: 380-388.