الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار- عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT SCIENCES DE LA MER
LABORATOIRE BIORESSOURCES MARINES

Thèse en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat

Spécialité: **Sciences de la mer**
Option: **Bioressources Marines**

Intitulé

L'ichtyofaune de l'Oued Righ: Biologie et dynamique de l'Acara Rouge *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) et de l'Aphanius de Corse *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827)

Présentée par: GUEZI Rabie

Devant le Jury composé de:

Pr. CHAOUI L.	Présidente,	Université Badji-Mokhtar, Annaba
Pr. KARA M. H.	Directeur de thèse,	Université Badji-Mokhtar, Annaba
Pr. ARAB A.	Examinateur,	USTHB., Alger
Dr. BAHRI-SFAR L.	Examinatrice,	Université de Tunis
Pr. CHEHMA A.	Examinateur,	Université Kasdi-Merbah, Ouargla
Pr. DERBAL F.	Examinateur,	Université Badji-Mokhtar, Annaba

Année universitaire : 2015-2016

REMERCIEMENTS

Cette thèse est le fruit de sept années de travail durant lesquelles j'ai pu bénéficier de la culture provenant du milieu universitaire et professionnel. Évidemment, bien que ce travail soit personnel, beaucoup de personnes y ont largement contribué que ce soit directement ou indirectement.

Ce travail de recherche a été effectué au sein du laboratoire BIOMAR (Bioressources Marines) de l'Université Badji Mokhtar d'Annaba, dirigé par le professeur Kara Mohamed Hichem. J'exprime ici ma gratitude pour les bonnes conditions de travail, notamment matérielles, qui m'ont été offertes tout au long de la préparation de cette thèse.

Je ne saurai commencer sans exprimer ma profonde reconnaissance à mon directeur de thèse, Monsieur Mohamed Hichem Kara (Professeur, Directeur du Laboratoire Bioressources Marines, Université Badji-Mokhtar), qui m'a accordé sa confiance, soutenu et guidé. Merci Monsieur Kara de m'avoir donné la chance de faire cette thèse au laboratoire de Bioressources Marines et d'avoir toujours cru en moi. C'est à toi que je dois cette belle et grande aventure semée d'embûches et de défis qui m'ont rendue plus forte. Merci de m'avoir appris à valoriser mes travaux de recherche par ton exigence, tes critiques pertinentes et ta rigueur scientifique.

Je tiens à remercier vivement tous les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail: Chaoui Lamya, Professeur à l'Université d'Annaba en qualité de présidente, Abdeslem Arab, Professeur à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne Alger, Bahri-Sfar Lilya, Docteur à l'Université de Tunis, Chehma Abdelmadjid, Professeur à l'universités de Kasdi Merbah, Ouargla, Derbal Farid, Professeur à l'Université d'Annaba, en qualité d'examinateurs.

Je voudrais exprimer aussi ma profonde reconnaissance aux membres de ma famille, mon père, ma mère, mes sœurs et mes frères, qui m'ont fortement poussé à me lancer dans l'aventure. Mes remerciements s'adressent également à tous les membres de ma grande famille.

Je remercie mon frère G. Hayder pour son soutien dans la réalisation des sorties en terrain, M. Bebah Abdelatif pour avoir partagé avec moi les moments difficiles lors de la période d'échantillonnage, M. Boubekri Ibrahim pour ses conseils et remarques lors de la rédaction de la thèse.

Mes remerciements vont également à Masmoudi Mouatassimbilah, Boudinar Soufien, Boubekeur Sofiane, Zaidi Raouf, Bensebaa Fethi, Hafsaoui Imed, Bouhali Fatima, Omri Nihèd, , Zard Imène, Aouissi Monia, Cheniti Radia, Bahnas Soumia, Hamida Chafia, Bourehail Nadjette, Embarek Rym, Boughamou Naima, Mohdeb Rima, Lemouchi Honaida, Boulmaiz Amel, Kerkour Wahiba, Merzoug Zahiya.

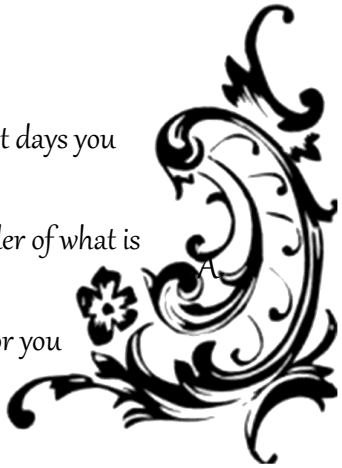
Pour toutes les personnes non mentionnées ici se trouvent bien évidemment chaleureusement remerciées, quels que soient leurs degrés d'implication.

Last but not least, many thanks to my family for being there for me.

Listening to frustrations, anger, being patient and giving me support.

Always, taught me that all things are possible with faith in God. Father, mother your support is phenomenal. Without them all of this would have not been possible.

"Through the best days and the worst days you have been there for me and a reminder of what is truly important in life". Special thanks for you



N°	Titre	page
1	Situation géographique de la région d'étude.	6
2	Coupe géologique présentant la superposition des nappes souterraines dans le Bas Sahara (ANRH, 2006).	8
3	Zone d'étude et localisation des sites échantillonnés. (A) : la région d'oued Righ ; (1) : Lac Ayata ; (2) : canal Oued Righ ; (3) : Lac Temacine.	13
4	*Hemichromis bimaculatus* male capturé dans Lac Temacine (Oued Righ).	14
5	*Aphanius fasciatus* male capturé dans Lac Ayata (Oued Righ).	15
6	Caractéristiques de la senne de plage d'après Hanachi *et al* 2014.	19
7	Méthode d'échantillonnage au moyen de la senne de plage.	20
8	Abondance et dominance spécifiques dans les trois sites confondus (lac Ayata; Temacine et canal Oued Righ).	25
9	Evolution mensuelle des différents indices écologiques (H' : indice de diversité, J équitabilité, S : richesse spécifique, A : abondance) dans les trois sites d'échantillonnage confondus et séparés.	27
10	Différentes mensurations prises sur l'Acara rouge *H. bimaculatus* de L'Oued Righ.	33
11	Valeurs moyennes des caractères numériques chez *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	44
12	Structure de la population de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	45
13	Gonades femelles de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	46
14	Evolution mensuelle de la sex-ratio de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	46
15	Evolution de la sex-ratio en fonction des classes de tailles de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	47

16	Évolution mensuelle du RGS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.	48
17	Évolution mensuelle du RHS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.	49
18	Évolution mensuelle de l'indice de condition K chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.	50
19	Evolution de la fréquence (%) des individus matures en fonction de la taille, chez les mâles (A), et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	51
20	Ecailles de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ avec les mesures de l'accroissement marginal (AM) (R_1, R_2, R_3 : rayons des 1er, 2ème et 3ème lignes d'arrêt de croissance, R : rayon de l'écaille.	52
21	Evolution de l'accroissement marginal (AM) mesuré sur les écailles de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ. La différence des lettres indique une différence significative entre les points.	5 3
22	Croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	56
23	Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondéral théorique (A.A) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) de de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ.	58
24	Différentes mensurations prises sur *l'Aphanius fasciatus* du Lac Ayata.	63
25	Valeurs moyennes des caractères numériques chez *A. fasciatus* du Lac Ayata.	72
26	Structure de la population d*'Aphanius fasciatus* du Lac Ayata Sud.	73
27	Évolution de la sex-ratio en fonction des classes de tailles d*'Aphanius fasciatus* du Lac Ayata.	74

28	Structure saisonnière de la population d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata. (SR: sex-ratio en faveur des femelles).	74
29	Gonades femelles d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata.	74
30	Évolution mensuelle du RGS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.	75
31	Évolution mensuelle du RHS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.	76
32	Évolution mensuelle de l'indice de condition K chez les mâles (A) et chez les femelles (B) d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.	77
33	Evolution de la fréquence (%) des individus matures en fonction de la taille, chez les mâles (A), et chez les femelles (B) d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata.	78
34	Ecailles d'*Aphanius fasciatus* femelle à l'âge de 5 ans (Lt= 5,03cm ; P_t=1,37g ; R_t= 1,40mm ; AM=0,48mm), du Lac Ayata. Avec les mesures de l'accroissement marginal (AM) (r_1, r_2, r_3, r_4, r_5: rayons des lignes d'arrêt de croissance, Rt: rayon de l'écaille.	79
35	Evolution de l'accroissement marginal (AM) mesuré sur les écailles d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata. La différence des lettres indique une différence significative entre les points.	81
36	Croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata.	85
37	Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondéral théorique (A.A) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) de d'*Aphanius fasciatus* du Lac Ayata.	87

N°	Titre	page
1	Origine biogéographique, aspect trophique et de vulnérabilité des espèces des espèces de poisons inventoriés dans la région d'oued Righ (LC : préoccupation mineurs. EN : Endanger. NE : statut non évalué. I : Introduite, A : Autochtone. Omni : Omnivore. Carni : Carnivore).	23
2	Richesse spécifique, abondance, dominance et fréquence du peuplement ichtyologique et statut de chaque espèce dans le site Lac Ayata. R: espèce résidente, T: espèce temporaire, O: espèce occasionnelle.	23
3	Richesse spécifique, abondance, dominance et fréquence du peuplement ichtyologique et statut de chaque espèce dans le site Lac Temacine. R: espèce résidente, T: espèce temporaire, O: espèce occasionnelle.	24
4	Richesse spécifique, abondance, dominance et fréquence du peuplement ichtyologique et statut de chaque espèce dans le site Canal Oued Righ. R: espèce résidente, T: espèce temporaire, O: espèce occasionnelle.	24
5	Variations saisonnières des différents indices biocénotiques dans le lac Ayata.	28
6	Variations saisonnières des différents indices biocénotiques dans le lac Temacine.	28
7	Variations saisonnières des différents indices biocénotiques dans le canal d'Oued Righ.	29
8	Distribution des tailles réelles (en cm) dans les différents groupes d'âge (1, 2, 3), d'après la lecture des écailles chez les femelles et les mâles de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ. (N : effectif; LT : longueur totale; M : moyenne; E : écart-type).	54
9	Longueur totale (Lt en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance des écailles chez les femelles et les mâles de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ. (N : effectif ; LT : longueur totale ; M : moyenne ; E : écart-type).	55

10	Distribution des tailles réelles (en cm) dans les différents groupes d'âge (1, 2, 3, 4, 5 et 6) d'après la lecture directe des écailles chez la population totale d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (Lt : longueur totale ; Pt : Poids totale).	81
11	Longueur totale (en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance chez les femelles d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (Les âges 1 à 6 sont obtenus à partir de la lecture directe des écailles. Lt1 à Lt6 sont les longueurs rétro-calculées par âge). (N : effectif; Lt : longueur totale; M : moyenne; Et : écart-type).	82
12	Longueur totale (en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance chez les mâles d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (Les âges 1 à 6 sont obtenus à partir de la lecture directe des écailles. Lt1 à Lt6 sont les longueurs rétro-calculées par âge). (N : effectif; Lt : longueur totale; M : moyenne; Et : écart-type).	83
13	Paramètres de Von Bertalanffy ($L\infty$, k et t_0) et l'indice de performance (φ) chez la population totale et les sexes séparés (femelles, mâles) d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (N : effectif).	84
14	Comparaison des paramètres de Von Bertalanffy (L_∞, K et t_0), de l'indice de performance de croissance (φ) et des paramètres de relation taille-poids (a, b) chez l'*A. fasciatus* dans différentes régions de la Méditerranée	90

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE 01

PARTIE I : GÉNÉRALITÉS

1. Contexte environnemental de la région d'étude (Oued Righ) 05
   1.1. Topographie 05
   1.2. Les Reliefs 05
   1.3. La Géologie 06
   1.4. La Pédologie 07
   1.5. L'Hydrologie 07
   1.6. Climatologie 09
2. Milieux étudiés 10
   2.1. Lac Ayata 10
   2.2. Lac Temacine 11
   2.3. Canal Oued Righ 12
3. Les Espèces étudiées 13
   3.1. *Hemichromis bimacultus* 14
      3.1.1. Systématique 14
      3.1.2. Distribution 14
      3.1.3. Ecologie et biologie 14
   3.2. *Aphanius fasciatus* 15
      3.2.1. Systématique 15
      3.2.2. Distribution 15
      3.2.3. Ecologie et biologie 16

PARTIE II : Étude de l'ichtyodivéristé de la région de l'Oued Righ

Introduction 18
1. Matériel et méthodes 19
   1.1. Lieux et méthodes d'échantillonnages 19
      1.1.1. Choix des sites d'échantillonnages 19
      1.1.2. Techniques et efforts de pêche 19
   1.2. Diversité Ichtyologique 20
      1.2.1. Abondance 20
      1.2.2. Fréquence 20
      1.2.3. Dominance 21
      1.2.4. Indice de diversité de Shannon (H') 21
      1.2.5. Diversité relative ou équitabilité (J') 22
2. Résultats et discussion 22
   2.1. Inventaire qualitatif et quantitatif 23

2.2. Variations Spatiales 24
2.3. Variations mensuelles du peuplement ichtyologique 26
2.4. Variations saisonnière 28
Conclusion 29

Partie III : Biologie et dynamique des populations de *H. bimaculatus* et *A. fasciatus*

Chapitre 1. Biologie et dynamique des populations de *H. bimaculatus*

Introduction 31
1. Matériel et méthodes 32
1.1. Échantillonnage 32
1.2. Morphométrie et dimorphisme sexuel 32
1.2.1. Caractères métriques 32
1.2.2. Caractères méristiques ou numériques 34
1.2.3. Dimorphisme sexuel 34
1.3. Reproduction 36
1.3.1. Sex-ratio 36
1.3.2. Rapport gonado-somatique ou RGS 37
1.3.3. Rapport hépato-somatique ou RHS 37
1.3.4. Coefficient de Condition (K) 38
1.3.5. Taille à la première maturité sexuelle 39
1.4. Étude de l'âge 39
1.4. 1. Écailles et scalimétrie 39
1.4.2. Prélèvement, stockage et examen des écailles 39
1.4.3. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson 40
1.4.4. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance 40
1.5. Étude de la croissance 41
1.5.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de retro-calcul) 41
1.5.2. Croissance linéaire absolue 42
1.5.3. Relation taille-poids 42
1.5.4. Croissance pondérale absolue 43
2. Résultats 43
2.1. Morphométrie et dimorphisme sexuel 43
2.1.1. Caractères méristiques 43
2.1.2. Caractères métriques 44
2.1.3. Dimorphisme sexuel 45
2.2. Reproduction 45
2.2.1. Sex-ratio 45
2.2.2. Rapport gonado-somatique 47
2.2.3. Rapport hépato-somatique 48
2.2.4. Coefficient de condition (K) 49

2.2.5. Taille à la première maturité sexuelle 51
2.3. Étude de l'âge 52
2.3.1. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson 52
2.3.2. Accroissement marginal des écailles 52
2.4. Étude de la croissance 53
2.4.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de retro-calcul) 53
2.4.1. Croissance linéaire absolue 55
2.4.3. Relation taille-poids 57
2.4.4. Croissance pondérale absolue 57
3. Discussion 58
Conclusion 60

Chapitre 2. **Biologie et dynamique des populations d'A. *fasciatus***
Introduction 61
1. Matériel et méthodes 62
1.1. Échantillonnage 62
1.2. Morphométrie 62
1.2.1. Caractères métriques 62
1.2.2. Caractères méristiques ou numériques 64
1.3. Reproduction 64
1.3.1. Sex-ratio 64
1.3.2. Rapport gonado-somatique ou RGS 65
1.3.3. Rapport hépato-somatique ou RHS 65
1.3.4. Coefficient de Condition (K) 66
1.3.5. Taille à la première maturité sexuelle 66
1.4. Étude de l'âge 67
1.4. 1. Écailles et scalimétrie 67
1.4.2. Prélèvement, stockage et examen des écailles 67
1.4.3. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson 68
1.4.4. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance 68
1.5. Étude de la croissance 69
1.5.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de retro-calcul) 69
1.5.2. Croissance linéaire absolue 70
1.5.3. Relation taille-poids 71
1.5.4. Croissance pondérale absolue 71
2. Résultats 72
2.1. Morphométrie et dimorphisme sexuel 72
2.1.1. Caractères méristiques 72
2.1.2. Caractères métriques 73
2.2. Reproduction 73
2.2.1. Sex-ratio 73
2.2.2. Rapport gonado-somatique 75
2.2.3. Rapport hépato-somatique 76
2.2.4. Coefficient de condition (K) 77

2.2.5. Taille à la première maturité sexuelle 78
2.3. Étude de l'âge 79
2.3.1. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson 79
2.3.2. Accroissement marginal des écailles 79
2.4. Étude de la croissance 80
2.4.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de retro-calcul) 80
2.4.1. Croissance linéaire absolue 83
2.4.3. Relation taille-poids 85
2.4.4. Croissance pondérale absolue 86
3. Discussion 87
Conclusion 90

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES 93

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 95

RÉSUMÉS 109

ANNEXES

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Le Sahara, qui occupe 10% de la surface du continent africain, est le plus grand désert chaud du monde (Rognon, 1994). La zone du Sahara septentrional, plus particulièrement la région d'oued Righ, est caractérisée par sa richesse en zones humides (Oueds, Lacs, Chotts et Sebkhas). La région de l'Oued Righ est située dans le nord-est du Sahara septentrional algérien, dont les ressources hydriques proviennent essentiellement des eaux souterraines. Celles-ci sont contenues dans deux aquifères: le continental intercalaire (CI) et le complexe terminal (CT) qui sont partagés entre l'Algérie, la Tunisie et la Lybie (Unesco, 1972). Ces ressources constituent l'un des plus vastes réservoirs hydriques du monde. La nappe du continental intercalaire s'étend sur 1.100.000 km^2, avec une épaisseur moyenne de 350 m et des réserves évaluées à 20.000×10^9 m^3 d'eau. La nappe du complexe terminal s'étend sur 665.000 km^2, avec une épaisseur moyenne de 342 m et des réserves d'eau évaluées à 11.000×10^9 m^3 (Ould Baba Sy, 2005). Le CI a été rechargé en eau lors des périodes humides et plus froides du Pléistocène inférieur (Guendouz *et al*., 2003).

La province ichtyofaunale du Maghreb (Roberts, 1975; Lévêque, 1997) rassemble les cours d'eau du nord de l'Afrique le long de la côte Méditerranéenne. Elle se caractérise principalement par une faible diversité dans les poissons d'eau douce et l'affinité des taxons européenne plutôt qu'africaine. Elle héberge des familles à distribution tropicale (Cichlidae, Clariidae) et d'autres d'origine holarctique (Salmonidae, Cobitidae) (Doadrio, 1994). L'ensemble de ses caractéristiques sont à relier en partie à la crise Messinienne qui a profondément contribué à restructurer la région il y a environ 5 Ma. Cependant, cette province a joué un rôle important dans la spéciation et la dispersion des poissons d'eau douce (Doadrio, 1994). Selon Doadrio (1994), on distingue en Afrique du Nord trois zones biogéographiques :

- la zone atlantique au nord-ouest, caractérisée par la présence de Cyprinidae, tels *Labeobarbus* et *Varicorhinus*, et de Cobitidae,
- la zone méditerranéenne, caractérisée par les Cyprinidae *Pseudophoxinus* et *Barbus s. s*. au sens de Howes (1987), qui est absent du reste de l'Afrique,
- la zone tropicale a l'est, y compris les puits artésiens du Sahara, ou l'on rencontre des Cichlidae (*Haplochromis, Hemichromis*, *Tilapias*) et des Clariidae (*Clarias*).

L'ichtyofaune des eaux continentales de l'Afrique du Nord en général et de l'Algérie en particulier est peu connue. Il s'agit souvent d'études anciennes telles que celles de Cuvier et Valenciennes (1842), Playfair et Letourneux (1871), Boulenger (1911), Cauvet (1913, 1915). Depuis la publication de la monographie de Pellegrin (1921) sur les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord, peu de travaux ont été publiés sur l'ichtyofaune des eaux continentales algériennes. On peut citer les travaux de Dieuzeide (1927, 1932), Dieuzeide et Champagne (1950), Dieuzeide et Roland (1951), Bouton (1957), Almaça (1969, 1970, 1990), Dumont (1981), Arab (1989) et Bouhadad et Asselah (1998) sur la systématique, ceux de Zouakh *et al.,* (2004) sur l'ichtyofaune des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili, ou encore ceux de Bouhadad (1993), Doadrio (1994) et Doadrio *et al.,* (1998) sur les barbeaux. Récemment, Bacha et Amara (2007), se sont intéressés aux poissons de l'un des principaux cours d'eau du nord-est de l'Algérie, l'Oued Soummam. Kara (2012) a produit une compilation de données sur l'ichtyofaune de l'Algérie, avec un intérêt particulier pour les espèces introduites.

Selon les connaissances actuelles, l'ichtyofaune d'eau douce de l'Algérie est composée de 48 espèces appartenant à 15 familles. Vingt et une espèces sont autochtones dont 3 sont endémiques (*Haplochromis desfontainii*, *Aphanius saourensis*, *Aphanius apodus*), deux sont en voie de disparition (*H. desfontainii*, *Aphanius iberus*), et une est en danger critique d'extinction (*Anguilla anguilla*) (Kara, 2012). Cette ichtyofaune est caractérisée par la prédominance des Cyprinidae (24%), des Mugilidae (11%) et des Cichlidae (11%) (Bacha et Amara, 2007).

L'Algérie comme beaucoup d'autres pays du monde a connu des introductions de nouvelles espèces de poissons. Leur nombre s'élève à 27 et appartiennent surtout aux familles des Cyprinidae (44.4%), Cichlidae (11.1%), et Poecilidae (11.1%) (Kara, 2012). Le but principal de ces introductions, souvent volontaires, est le développement de l'aquaculture. D'autres espèces ont été introduites pour lutter contre les vecteurs de maladies. L'impact d'une grande partie de ces introductions reste inconnu.

Les milieux aquatiques de l'Oued Righ sont très peu étudiés, et seuls quelques travaux ont été consacrés à l'écologie et à la biologie des organismes vivants qui les colonisent. Le peuplement ichtyologique serait probablement l'élément le moins exploré d'après les travaux de Cauvet (1913), Pellegrin (1921), Gervais (1953), Le Berre (1989), Doadrio et *al*. (1994), Belarouci (2005) et Chaibi (2012). Différents

aspects ont été étudiés comme: (1) l'inventaire des peuplements ichtyologiques (Cauvet, 1913; Pellegrin, 1921; Gervais, 1953; Le Berre, 1989; Doadrio et *al*., 1994), (2) la morphométrie de *Tilapia zilli* de la Région de l'Oued Righ (Belarouci, 2005), (3) l'effet des facteurs environnementaux à grand échelle et l'effet anthropique sur la distribution des poissons exotiques (Chaibi *et al*., 2012).

Ce travail est une contribution à la connaissance de l'ichtyofaune de la région de l'Oued Righ. Le document proposé est structuré en 3 parties indépendantes. La première est un exposé sur les caractéristiques générales de la région d'étude : géographie, géologie, hydrologie et climatologie, et décrit les sites d'études, les méthodes et les techniques d'échantillonnage et les espèces objet de cette étude. La seconde partie s'intéresse à la diversité ichtyologique du milieu dans trois hydro-systèmes de la vaste zone du Sahara septentrional (région d'oued Righ). Il s'agit des lacs Ayata, Temacine et le canal d'Oued Righ. Enfin, la troisième partie, organisée en 2 chapitres, est consacrée à la biologie de deux espèces, choisies selon leur abondance (*Aphanius fasciatus*) ou de leur statut de protection (*Hemichromis bimaculatus*). En particulier, la morphométrie, la reproduction et la croissance de ces deux espèces sont abordées.

Partie I :

GÉNÉRALITÉS

PREMIÈRE PARTIE

GÈNÈRALITÈS

1. Contexte environnemental de la région de l'Oued Righ

La vallée de l'Oued Righ fait partie de l'ensemble du bassin du bas-Sahara algérien avec une superficie de 600 km^2. Cette région se situe au Sud-Est du pays, plus précisément au Nord-Est du Sahara sur la limite nord du grand Erg oriental, et à la bordure sud du massif des Aurès.

La vallée de l'Oued Righ est une vaste dépression allongée dans le sens Sud-Nord, entre El Goug (32°54' N) et Oum El Thiour (34°9' N). Cette région dépressionnaire est bordée à l'Ouest par le plateau Mio-pliocène, à l'Est par les grands alignements dunaires de l'Erg oriental, au Nord par les Zibans et au Sud par les Oasis d'Ouargla. La largeur de la zone varie entre 15 et 30 km suivant les endroits (Fig. 1).

La région d'Oued Righ est traversée par un canal principal, le Canal de Oued Righ. Ce dernier joue un rôle très important dans la vallée car il assure l'évacuation des eaux d'irrigation excédentaires et celles d'assainissement des zones urbaines sur une longueur estimée de 150 km.

La vallée d'Oued Righ est scindée administrativement en 5 grandes Daïras, à savoir les Daïras d'El Mghaier et Djamaa qui font partie de la Wilaya d'El Oued et les daïras de Megarine, Touggourt et Temacine qui dépendent de la Willaya d'Ouargla.

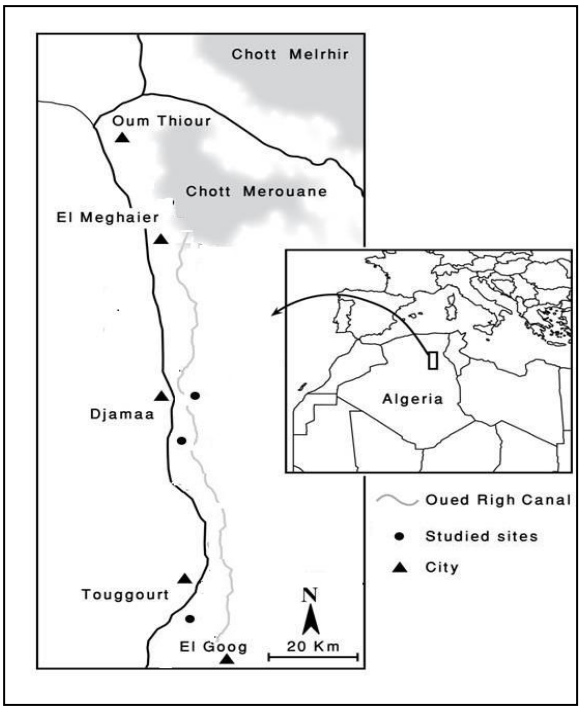


Figure 1. Situation géographique de la région d'étude.

1.1. Topographie

La caractéristique principale de cet ensemble est son inclinaison vers le Nord ou plus particulièrement vers les grands Chotts. L'altitude passe très progressivement de plus de 100 m à El Goug à moins de 27 m au milieu du Chott Marouane (+70 m à Touggourt, +30 m à Djamaa, 0 m à El Mghaier). Cette pente permet aux eaux excédentaires de s'écouler vers le nord (Dubost, 2002).

1.2. Les Reliefs

La région de l'Oued Righ a une morphologie hétérogène. Elle se présente comme une dépression (large fossé), orientée du Sud vers le Nord, composée d'une véritable mer de sable et de dunes qui s'étendent sur sa plus grande partie et quelques plaines composées de sable et d'alluvions. Cette région est connue sous le nom de ''bas-Sahara'', à cause de sa basse altitude, notamment dans la zone du Chott Marouane au Nord où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer (Anonym, 2001).

1.3. La Géologie

De point de vue géologique, la zone de l'Oued Righ appartient au plateau Saharien. Elle s'étend sur des ensembles géologiquement différents, totalement aplatis au début de l'ère secondaire. Elle se comporte actuellement comme une vaste dalle rigide et stable. La vallée de l'Oued Righ apparait comme une vaste fosse synclinale dissymétrique qui est limitée:

- Au Nord par l'accident sud atlasique, et les premiers contreforts des monts des Aurès,
- au Sud, par la falaise du Tinhert,
- à l'Est, par les affleurements crétacés du Dahar tunisien,
- à l'Ouest par la dorsale du Mzab.

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara. Il s'étend des pieds de l'Aurès au nord jusqu'au Tassili au sud. Une grande partie du bassin est recouverte par le grand Erg oriental, soit 125.000 km^2. La région de Touggourt fait partie de cet ensemble (ANRH, 2006).

1.4. La Pédologie

Les sols de la région sont caractérisés essentiellement à la surface par des apports éoliens sableux. Ce sont des sols généralement meubles et bien aérés en surface, en majorité salés ou très salés. La nappe phréatique influe sur ces sols, et on observe parfois un horizon hydromorphe ou un encroûtement gypso-calcaire.

La texture des sols est très grossière par endroits et la teneur en sable fin et grossier peut dépasser les 90%. La détermination de la composition granulométrique des agrégats de certains profils a été perturbée par la présence importante de gypse. La très mauvaise structure des sols s'explique surtout par la texture grossière et la très faible teneur en matière organique, moins de 0.5%.

Le matériau parental des sols de l'Oued Righ est d'origine mixte, alu-colluviale et éolienne. Les alu-colluvions proviennent de l'érosion du niveau encroute datant du quaternaire ancien ou du Mio-pliocène (Lacoste et Salanon, 2006). Les phases successives d'érosion et de comblement du fond de la vallée sont responsables de l'hétérogénéité de la texture constatée dans les horizons profonds.

1.5. L'hydrologie

Dans la région d'Oued Righ, l'alternance des couches imperméables et des couches aquifères d'une part, et l'existence d'un fossé de subsistance d'autre part, ont permis la formation de nappes souterraines superposées. Sur toute l'étendue de la région d'Oued Righ, les trois nappes ont été reconnues. Une nappe libre (phréatique) et deux nappes capitales: la nappe du complexe terminal et la nappe du continental intercalaire (ANRH, 2006) (Fig. 2).

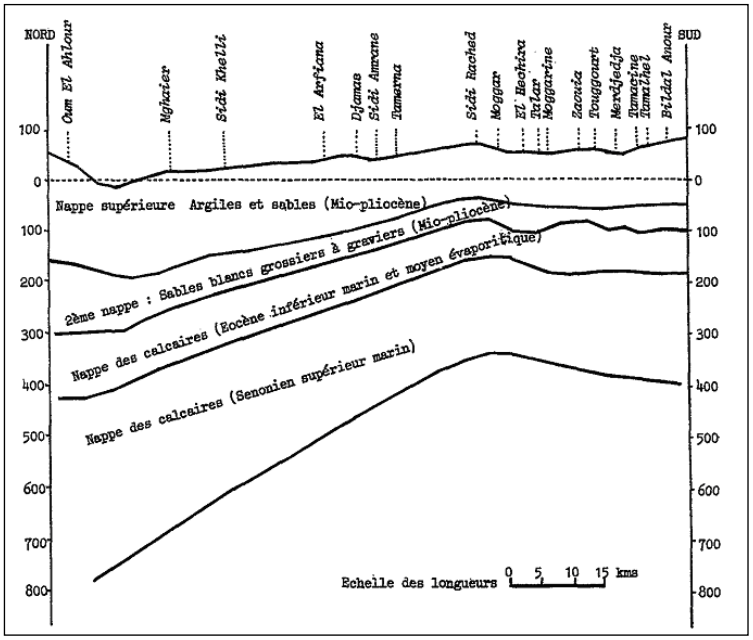


Figure 2. Coupe géologique présentant la superposition des nappes souterraines dans le bas-Sahara (ANRH, 2006)

1.5.1. Nappe phréatique

Dans la partie supérieure des formations continentales, les nappes non captives profondes de 2 à 10 m viennent augmenter les réserves hydrauliques du bas-Sahara. La nappe phréatique est omniprésente dans toutes les oasis de la vallée d'Oued Righ. Les analyses des eaux de la nappe phréatique montrent qu'elle est très salée. La conductivité électrique est de l'ordre de 10 mmhos/cm à 36 mmhos/cm dans la majorité des cas.

1.5.2. Nappe du complexe terminal

La nappe du complexe terminal couvre une importante partie du Sahara septentrional (environ 350 000 km²). Elle est en général peu profonde (100 à 400 m).

Sa température est de l'ordre de 20 à 30°C en tête de forage (ANRH, 2006). Cette nappe, qui était à l'origine artésienne dans toute la région d'Oued Righ, est actuellement marquée par une forte baisse de l'artésianisme des pompages. Trois nappes ont été décrites, elles sont plus ou moins indépendantes:

- La première nappe est en réalité un réseau de petites nappes communicantes; elle est située dans les sables argileux du Pliocène.
- La deuxième nappe est constituée dans les sables de Miocène supérieur.
- La troisième nappe est située dans les calcaires fissurés de l'Eocène inférieur (ANRH, 2006). À l'origine, ces trois nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la vallée de l'Oued Righ.

1.5.3. La nappe du continental intercalaire

La nature lithologique de cette nappe est du gré hétérogène. Elle est captée à une profondeur de 1 760 m au Nord de la vallée. La qualité chimique de l'eau est légèrement meilleure par rapport à celle de la continentale terminale; le résidu sec varie entre 1,6 g/l et 1,9 g/l. L'âge de cette nappe est l'Albien, Barrémien. La coupe ci-après présente la superposition des nappes suscitées (ANRH, 2006).

1.6. La climatologie

Le Sahara au sens large est caractérisée par des périodes de sécheresse prolongées. Le Sahara Algérien correspond à un désert zonal dans la typologie des zones désertiques (Faurie *et al*., 1980). La sécheresse est d'abord un fait climatique majeur actuel qui règne dans des zones du globe. Elle est caractérisée par des précipitations annuelles faibles, à distribution très irrégulière dans le temps comme dans l'espace (Faurie *et al*., 1980). Pour déterminer les caractéristiques climatiques de la région de l'Oued Righ, une synthèse des données climatiques de 35 ans (de 1975 à 2012) a été réalisée et présentée dans le Tableau 1 de l'annexe I.

1.6.1. Les précipitations

Les précipitations sont caractérisées par leur faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares. Les fluctuations mensuelles montrent une répartition variable de la pluie d'un mois à l'autre. Dans la vallée de l'Oued Righ, on note un gradient

pluviométrique décroissant du Nord vers le Sud; les précipitations annelles sont très faibles et irrégulières avec un nombre de jours ne dépassant pas 34 jours/an. La moyenne mensuelle atteint sa valeur maximale (7,13 mm) au mois de janvier et le minimum au mois de juillet de l'ordre de 0,85 mm. Ces précipitations sont réparties d'une manière assez anarchique au cours de l'année avec une moyenne annuelle de 43,02 mm/an.

1.6.2. La température

La température joue un rôle primordial sur le climat. Dans notre zone d'étude, le climat est de type saharien et la température a plus d'ampleur et influe grandement sur les autres paramètres météorologiques, tels que l'évaporation et le taux d'humidité de l'atmosphère. Elle est donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique. La variation mensuelle de la température moyenne montre que les températures les plus élevées s'observent entre les mois de mai et de septembre (> 25°C), tandis que les plus basses sont enregistrées durant les mois de décembre et de janvier avec respectivement 14.82° C et 10.9° C. La moyenne annelle est de 22.53°C (Tab. 1, annexe I).

1.6.3. L'Humidité

Les valeurs de l'humidité relative de la station de Touggourt sont relativement homogènes. Les moyennes mensuelles varient entre 28.85% et 62.23% sachant que la moyenne annuelle est de l'ordre de 46,35%. Le mois de juillet est le plus sec (28.85%), alors que le mois de décembre est le plus humide (62.23%) (Tab. 1, annexe I).

1.6.4. Les vents

Les vents sont relativement fréquents dans la région d'Oued Righ. En hiver, se sont les vents d'Ouest qui dominent, tandis qu'au printemps se sont ceux du Nord-Est, alors qu'en Été se sont ceux du Sud-Ouest. (O.N.M, 2001). Le mouvement de l'air le plus élevé se produit en mars avec 3,09 m/s et en juillet avec 3,27 m/s. Il est plus faible en décembre avec 2 m/s. La moyenne annuelle de la vitesse du vent est de 2,83 m/s.

1.6.5. L'évaporation

D'après le tableau 1 (annexe I), les valeurs de l'évaporation les plus élevées se produisent en été avec un maximum au mois de juillet avec 403,9 mm et le minimum durant

le mois de décembre avec 108,2 mm. La moyenne annuelle de l'évaporation est de 281,26 mm.

1.6.6. La durée d'insolation

L'insolation est la durée d'apparition du soleil, elle est exprimée en heures. Elle varie en fonction de l'altitude qui détermine la longueur des jours et le degré d'obliquité des rayons solaires. La vallée de l'Oued Righ reçoit une quantité de la lumière solaire relativement très importante (Tab. 1, annexe I). Le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée d'insolation de 365,27 heures et le minimum au mois de janvier avec 212,7 heures.

2. Milieux d'étude

2.1. Lac Ayata

Le lac Ayata est localisé près de la route nationale n° 3, à environ 6 km après Djamaa en direction de Touggourt. Le site a une superficie d'environ 155 ha avec une altitude moyenne de 31 m. Il est délimité par les coordonnées géographiques suivantes: longitude 33°29'17''N et 33°29'48''N, latitude 05°59'10''E et 05°59'37''E (Fig. 3). Le climat est typiquement saharien, où la période sèche s'étend sur toute l'année avec des températures moyennes annuelles supérieures à 25 °C. Les précipitations, principalement observées en hiver (~ 2–3 mois), sont caractérisées par une grande irrégularité interannuelle et inter mensuelle. Le mois le plus froid est janvier et le mois le plus chaud est juillet où les températures dépassent souvent les 47°C.

Le Sirocco, vent chaud et sec, souffle couramment dans la région et crée souvent des vents de sable. Le plan d'eau du lac Ayata (~ 6±0,5 ha de surface) a une profondeur maximale variant de 60 à 90 cm; il est alimenté par les excédents hydriques d'irrigation venant d'un canal qui draine les palmeraies de Chemora et Tamerna vers le canal principal de l'Oued Righ. Ce dernier évacue les eaux de la Vallée d'Oued Righ et les rejette dans le Chott Marouane qui communique avec le Chott Malghir (Chenchouni et Si Bachir, 2010). Le sol a une texture sableuse et il est riche en calcaire avec une salinité plus ou moins élevée, mais avec un faible taux de matière organique (Khadraoui, 2007). D'après Toumi (2010), à une température de 20°C, les eaux du lac sont caractérisées par une qualité d'eau saumâtre (Salinité = 1,95‰; Conductivité = 3577,5 µs/cm) et un pH légèrement alcalin (8,1), avec un taux élevé en oxygène dissous (4,95 mg/l) et une turbidité faible (1,75 Nephlometric Turbidity Unit).

2.2. Lac Temacine

Le lac de Temacine se situe dans la vallée d'Oued Righ (Wilaya d'Ouargla). Il a un cachet touristique dont la réputation dépasse les frontières de la région, voire du pays. Il a une superficie de 4,2 ha et se situe entre la localité de Blidet Amor et celle de Touggourt. Ses eaux proviennent du continental intercalaire et du complexe terminal. Ce dernier aquifère est situé à une profondeur de 200 à 500 m (Fig. 3). Quant au continental intercalaire, il est capté à une profondeur de 1 800 mètres et plus et la conductivité électrique est inférieure à 3 mmhos/cm, mais la température de l'eau est supérieure à 50°C, ce qui pose des problèmes de refroidissement préalable à l'utilisation. De plus, le refroidissement de l'eau entraîne des dépôts de carbonate de calcium (entartrage) qui rendent sa distribution délicate. Néanmoins, en raison de sa faible salinité, de son artésianisme et du grand réservoir d'où elle provient, l'eau Albienne doit connaître une utilisation croissante.

Géomorphologiquement, ce lac se présente comme une dépression qui, à priori, est un exutoire naturel de toutes les eaux d'irrigation drainées (salées à plus de 10 g/l de résidu sec) et ce, à partir des palmeraies limitrophes. Il reçoit également les rejets des eaux usées, notamment de la commune de Temacine. En plus de ces contraintes de salinité des eaux et de pollution, viennent s'ajouter les dépôts d'ordures ménagères. Il est à noter que les eaux d'irrigation proviennent des nappes du continental intercalaire et du complexe terminal (Khadraoui, 2007).

2.3. Canal Oued Righ

Depuis 1984, tout le fonctionnement hydraulique de l'Oued Righ repose sur ce grand canal, avec un débit de 17 l/s à l'embouchure dans le Chott Marouane (ANRH, 2006). La pente calculée atteint environ 1 ‰; elle est suffisante pour permettre l'évacuation des eaux issues de collecteur des oasis et d'assainissement. Ce canal dirige les eaux de drainage vers le Chott Marouane (côte -31m) sur une centaine de kilomètres de Blidet Amor au Sud (côte + 100m) à Mghaier au Nord. Le canal collecteur constitue le nerf principal pour la vie des oasis qui y existent de part et d'autre de la vallée. Il assure l'évacuation des eaux d'irrigation excédentaires et celles d'assainissement des zones urbaines sur une longueur estimée à 150 km. Également, il traverse le Haut, le Moyen et le Bas de la vallée comme suit:

- dans le Haut et le Moyen de l'Oued Righ: il commence à Goug en amont jusqu'à Sidi Khelil, il reçoit directement les eaux usées de toutes les oasis des deux zones par le biais des différents rejets installés de part et d'autre du canal.
- dans le Bas de l'Oued Righ: à partir de Sidi Khelil, les eaux usées de cette commune et celle d'Ain Cheikh sont évacuées par deux grands rejets qui débouchent dans un petit court d'eau naturel dit «oued Maylah» puis l'eau s'écoule vers oued Khrouf. À El Mghaier, oued Maylah n'existe plus, les nombreux rejets de la ville déversent directement dans l'oued Khrouf. Le cas est le même pour Oum Thiour. Ce collecteur de la vallée, nommé canal Oued Righ ou oued Kharouf, débouche dans le Chott Marouane. Le canal de Oued Righ a les caractéristiques suivantes: longueur totale = 136 km, largeur moyenne = 10 m ; profondeur moyenne = 4 m ; vitesse moyenne d'écoulement = 0,7 m/s ; débit moyen max= 4 m^3/s ; salinité moyenne = 15 g/l ; pente d'écoulement moyenne =1‰. Le débit du canal de l'Oued Righ est de l'ordre de 260 l/s au point du dépôt, et augmente progressivement vers l'aval jusqu'à 5000 l/s. (Fig. 3).

Figure 3. Zone d'étude et localisation des sites échantillonnés. (A) : la région de l'Oued Righ ; (1) : Lac Ayata ; (2) : canal Oued Righ ; (3) : Lac Temacine.

3. Les espèces étudiées

Les poissons des eaux continentales de l'Algérie ont été peu abordés. Seuls quelques inventaires anciens peuvent être cités de (Playfair et Letourneux, 1871; Boulenger, 1911; Cauvet (1913, 1915). Ce n'est que très récemment que des travaux relatifs, aussi bien à l'ichtyodiversité (Zouakh *et al.*, 2004; Bacha et Amara, 2007; Kara, 2012; Chaibi *et al.*, 2012) qu'à la biologie de certaines espèces ont commencé à voir le jour (Hadou-Sanoun *et al*., 2012; Rouis *et al*., 2012; Rouis *et al*., 2016; Zouakh *et al*., sous presse). Nous présentons ici les deux espèces qui font l'objet de ce travail.

3.1. *Hemichromis bimaculatus*

3.1.1. Systématique

Règne: Animalia
Embranchement: Chordata
Classe: Actinoptergii
Ordre: Perciformes
Famille: Cichlidae
Sous-famille: Pseudocrenilabrinae
Genre: *Hemichromis*
Espèce: *bimaculatus*

Figure 4. *Hemichromis bimaculatus* mâle capturé dans lac Temacine; L_t= 4,5 cm ; P_t = 3,88 g.

.

3.1.2. Distribution géographique

Hemichromis bimaculatus est une espèce éthiopienne, largement distribuée en Afrique occidentale où on la trouve de la plupart des bassins hydrographiques du Niger, du Congo et du Sénégal (Teugels *et al*., 1992) et en Afrique du Nord (Algérie, Tunisie, bassin du Nil) (Le Berre, 1989; Kraiem, 1983; Kara, 2012), mais pas au Maroc (Azeroual *et al*., 2000).

3.1.3. Ecologie et biologie

Hemichromis bimaculatus est un cichlide africain qui vit dans des eaux douces ou saumâtres, généralement à faible courant (sources, lacs, canaux de drainage) dont la température varie de 22 à 30°C (Le Berre, 1989) (Fig. 4). Son régime alimentaire est

essentiellement carnivore. Il se compose de vers, d'insectes et de larves diverses. Au moment de la reproduction, la couleur rouge des mâles constitue pour les femelles prêtes à pondre un stimulus d'autant plus attirant qu'il est plus intense. La dévagination du tube de ponte chez les femelles prend compte de la maturation des ovules et de la proximité de la ponte (Le Berre, 1989). Les œufs sont collés sur substrat dur et gardés par la femelle; le mâle surveillant les abords du nid et chassant les intrus (Daget et Durand, 1981). Selon Noble et Curtis (1939), les parents reconnaissent leurs jeunes par un procède d'empreinte parentale. Les pontes peuvent se succéder à des intervalles de dix jours. Les jeunes présentent un patron de coloration particulier caractérisé par une large bande longitudinale sombre dans la région médiane. Lorsque les adultes sont effrayés, la tâche noire medio-latérale diminue de surface et s'entoure d'un halo laiteux.

3.2. *Aphanius fasciatus*

3.2.1 Systématique

Régne :	Animalia
Embranchement :	Chordata
Classe :	Actinopterygii
Ordre :	Cyprinodontiformes
Famille :	Cyprinodontidae
Genre :	*Aphanius*
Espèce :	*fasciatus*

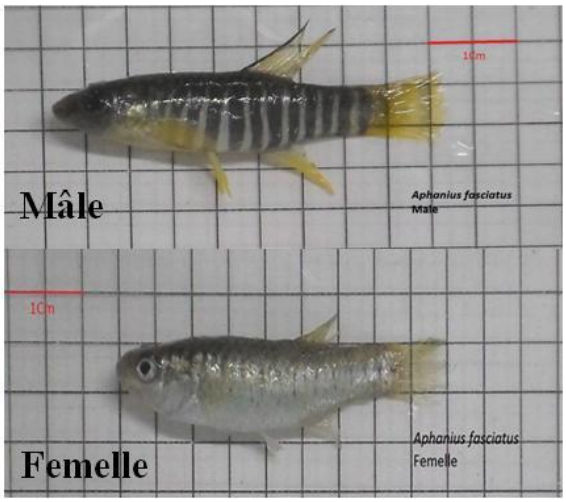


Figure 5. *Aphanius fasciatus* mâle et femelle capturé dans le Lac Ayata (Oued Righ).

3.2.2. Distribution géographique

Le genre *Aphanius* se compose d'environ 20 espèces identifiées (Kottelat et Freyhof, 2007) et est distribué le long de la côte antique de la mer de Tethys (Kosswig, 1967; Villwock, 1999). Dans le bassin méditerranéen, il se compose de pas plus de neuf espèces dont cinq en Afrique du Nord (*A. apodus*, *A. desioi*, *A. dispar dispar*, *A. saourensis*, et *A. fasciatus*) Garcia *et al.* (2010). Quatre espèces sont présentent en Algérie: *Aphanius apodus* (Gervais, 1853), *Aphanius saourensis* (Blanco, Hrbek et Doadrio, 2006), *Aphanius iberus* (Valenciennes, 1846), *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) (Blanco *et al.*, 2006; Kara, 2012).

A. fasciatus (Fig. 5) est distribuée dans les rivages méditerranéens, en Camargue (France) et en Algérie occidentale vers l'est, y compris la Corse, la Sardaigne, la Sicile, Malte, la Crète et Chypre. Elle est également présente dans les eaux continentales d'Algérie, de l'Egypte (Kottelat et Freyhof, 2007). On l'enregistre au Maroc (Le Berre, 1989) et elle est suspectée également pour avoir été libérée par des aquariophiles dans le delta de l'Ebre (Espagne) (Kottelat et Freyhof, 2007).

3.2.3. Ecologie et biologie

Les habitats les plus communs de *l'A. fasciatus* sont les eaux de transition (lagunes et estuaires) (Bianco, 1995) et une variété d'eaux douces et saumâtres (Maitland, 2000). Fortement eurythermique et euryhaline, elle tolère des salinités autour de quatre à cinq fois supérieure à celle de la mer (Bianco, 1995; Doadrio, 2002). Elle forme de grandes populations dans la zone de bord des lagunes (Leonardos et Sinis, 1999). C'est une espèce tolérante à une gamme de température de l'eau variant de 4 à 40°C et capable de se reproduire dans une gamme de salinité de 10 à 80 psu. Le régime alimentaire de *l'A. fasciatus* et généralement omnivore, se compose d'invertébrés, particulièrement des crustacés (*Palaemon adspersus*), des isopodes, des branchiopodes, des bivalves, des œufs d'invertébrés, des moustiques (adultes et larves) et des diatomées (Maitland, 2000). C'est un poisson d'estuaire bien-adapté; son mode d'alimentation et ses préférences dépendent des proies qui sont disponibles. Sa stratégie d'alimentation est caractérisée par une spécialisation dans différents types de ressources (les invertébrés et les moustiques aquatiques) (Leonardos, 2008).

Le dimorphisme sexuel est apparent chez l'*A. fasciatus* (Fig. 5). Sa période de reproduction s'étale entre Avril et Septembre (Leonardos et Sinis, 1998).

Partie II :

L'ICHTYODIVERSITÉ DE LA RÉGION DE L'OUED RIGH

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DE L'ICHTYODIVÉRSITÉ DE LA RÉGION DE L'OUED RIGH

Introduction

En Algérie, le Sahara septentrional renferme d'importantes réserves d'eau souterraines qui sont à la base du développement agricole et urbain dans cette zone. Il est constitué de deux principales couches aquifères (complexe terminal et intercalaire) qui sont peu renouvelables et ne sont pas exploitées en totalité. En même temps, le Sahara algérien, est clairsemé de nombreuses zones humides qui sont généralement des Chotts, Sebkhas et des lacs (Gauthier, 1928).

D'une manière générale, les connaissances sur les peuplements ichtyologiques en Algérie est particulièrement dans la région de l'Oued Righ sont anciennes et lacunaires et ne traitent généralement que d'aspects ponctuels et localisés. Les seuls travaux connus sont ceux de Cuvier et Valenciennes (1842), Playfair et Letourneux (1871), Boulenger (1911) et Cauvet (1913, 1915). Les espèces signalées par ces auteurs et leur répartition témoignent d'une époque durant laquelle les barrières géographiques entres les systèmes aquatiques étaient moins importantes qu'aujourd'hui et montrent une ressemblance avec les espèces d'Afrique tropicale et subtropicale (Lévêque, 2006).

Les écosystèmes aquatiques de la région de l'Oued Righ ont connu des épisodes d'introductions d'espèces exotiques, en commençant par des tilapias (*Tilapia mossambica*, *Tilapia macrochir* et du *Tilapia zilli*) à la fin de la période coloniale (Arrignon, 1962). Actuellement, le développement de l'aquaculture dans le Sahara algérien a conduit à des opérations d'ensemencement de plusieurs lacs de la région par des alevins de tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*. Par ailleurs, l'introduction de la gambusie *Gambusia holbrooki* avait pour but la lute contre les agents de transmission de paludisme, notamment les moustiques (Hammadi *et al*., 2009). Il en est de même pour l'Aphanius de Corse dont la présence élargit dans ce secteur élargit son aire biogéographique de répartition connue et limitée aux zones littorales du pourtour Méditerranéen (Whitehead *et al*., 1986).

L'objectif de cette partie est d'établir un inventaire actuel de l'ichtyofaune de la région d'Oued Righ, en faisant ressortir les variations spatiales et temporelles de la répartition des espèces recensées.

1. Matériel et méthodes

1.1. Lieux et méthodes d'échantillonnage

1.1.1. Choix des sites d'échantillonnage

La présente étude a été effectuée dans la région d'Oued Righ (Sud-Est Algérien) et a touché le territoire de la Wilaya d'El Oued et la Wilaya d'Ouargla. Un total de trois sites ont été choisis pour le déroulement de l'étude. Il s'agit du (1) canal Oued Righ (Commune de Djamaa, El Oued), (2) lac Ayata (Commune de Sidi Amrane, El Oued) et (3) lac Temacine (Commune de Temacine, Ouargla) (Fig. 3).

1.1.2. Techniques et effort de pêche

Les captures ont été réalisées à l'aide d'une senne de plage (Fig. 6), au cours de la période s'étendant de décembre 2010 à décembre 2011, dans l'objectif de connaitre la diversité ichtyologique des sites prospectés. Le principe d'utilisation de la senne de plage consiste à guider les poissons par les ailes lors du tractage, puis à les entrainer vers la poche centrale de l'engin pour les emprisonner. Les principales étapes du mode opératoire sont illustrées par la figure 7. La surface totale échantillonnée est estimée respectivement à 250 m² à Lac Temacine, à 205 m² à Canal Oued Righ et à 390 m² à Lac Ayata.

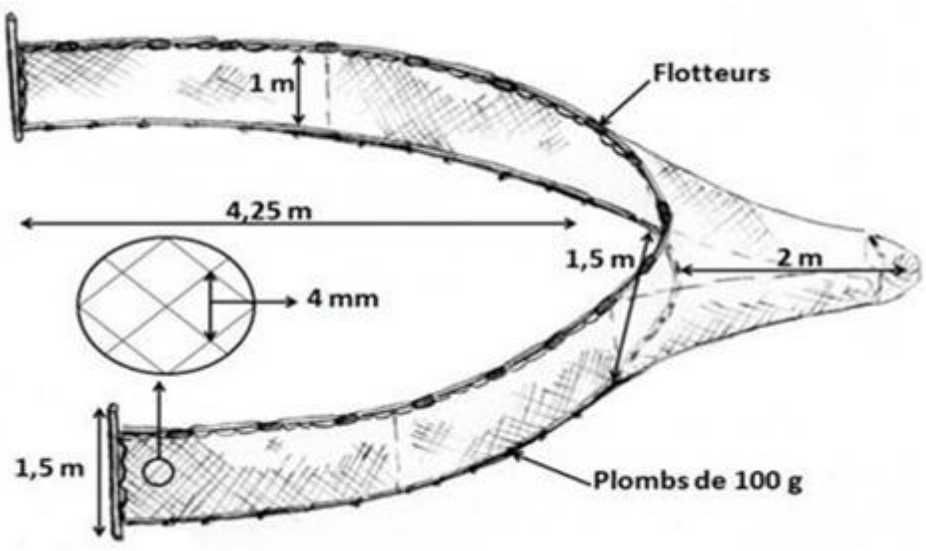


Figure 6. Caractéristiques de la senne de plage (d'après Hannachi *et al.*, 2014).

Figure 7. Méthode d'échantillonnage au moyen de la senne de plage.

1.2. Diversité ichtyologique

Afin de mieux comprendre la structure du peuplement ichtyologique en place et son degré d'organisation, nous avons déterminé le statut spécifique et calculé différents indices écologiques de chaque espèce:

1.2.1. Abondance

L'abondance d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce dans un prélèvement. Dans le cas présent, nous avons calculé les abondances totale (nombre d'individus pêchés pour une espèce donnée).

1.2.2. Fréquence

Exprimée en pourcentage, la fréquence d'une espèce est le rapport du nombre de prélèvements dans lesquels se trouve l'espèce ''a'' sur le nombre total de prélèvements effectués.

Elle est exprimée comme suit:

Fa = (Pa/ P).100,

où

Fa : fréquence de l'espèce a;

Pa : nombre de prélèvements dans lesquels se trouve l'espèce a;

P : nombre total des prélèvements effectués.

D'après la fréquence, nous pouvons déterminer le statut ou la classe de l'espèce par rapport à son biotope (Bouchon-Navaro *et al.*, 1992). Trois classes d'espèces peuvent être ainsi distinguées: F > 75%: espèce résidente, 25% < F < 75%: espèce temporaire, F < 25%: espèce occasionnelle.

1.2.3. Dominance

La dominance d'une espèce dans un prélèvement est le nombre d'individus d'une espèce dans le prélèvement par rapport au nombre d'individus de toutes les espèces présentes dans ce même prélèvement. Elle est exprimée en pourcentage selon l'expression suivante:

Da = Na/ (Na+ Nb+ Nc+.....+ Nn), avec:

Da: dominance de l'espèce a.

Na+ Nb+ Nc+.....+ Nn : nombre d'individus des espèces a, b, c,…, n.

2.2.4. Indice de diversité de Shannon (H')

La diversité spécifique d'un peuplement ou d'un échantillon extrait d'un peuplement dépend du nombre d'espèces (S), du nombre d'individus (n) et de la façon plus ou moins équitable selon laquelle les (n) individus se distribuent dans les (S) catégories. La diversité spécifique permet de se rendre compte de la structure du peuplement et de son degré d'organisation. Elle permet d'évaluer la situation d'un système par rapport à son milieu. L'indice de Shannon, dérivé de la théorie de l'information, a été choisi et est noté H' :

$H' = - \Sigma (qi/ q) \times \log2 (qi / q)$ où :

s : nombre total d'espèces.

qi : abondance de l'espèce.

q : abondance totale des individus

La formule de Shannon permet de définir un indice de diversité à partir de la répartition des effectifs d'un échantillon. Il varie directement en fonction du nombre d'espèces et une pondération est établie entre espèces rares et communes.

Il peut être calculé à l'aide d'un échantillon unique aussi bien qu'avec un cumul d'échantillons récoltés dans le même peuplement. Cette dernière méthode donne en principe une image plus fiable de la composition réelle (Khoury, 1987).

Tableau 3. Richesse spécifique, abondance, dominance, fréquence et statut des différentes espèces pêchées dans le lac Temacine. R: résidente.

Famille	Espèce	Abondance	Dominance	Fréquence	Statut
Cyprinodontidae	*A.fasciatus*	/	/	/	/
Poeciliidae	*G. halbrooki*	714	42,83	86,07	R
Cichlidae	*H.bimaculatus*	226	13,55	78,37	R
	Tilapia zilli	727	43,61	88,57	R

Tableau 4. Richesse spécifique, abondance, dominance, fréquence et statut des différentes espèces pêchées dans le Canal Oued Righ. R: résidente.

Famille	Espèce	Abondance	Dominance	Fréquence	Statut
Cyprinodontidae	*A.fasciatus*	/	/	/	/
Poeciliidae	*G. halbrooki*	647	43,48	77,62	R
Cichlidae	*H.bimaculatus*	280	18,81	79,87	R
	Tilapia zilli	561	37,7	86,98	R

2.2. Variation Spatiales

La composition du peuplement ichtyologique dans le lac Ayata montre que l'*Aphanius fasciatus* domine avec 68,04 %, suivie de *Tilapia zilli* et *G.hallbrooki* avec une dominance respective de 16,06 et de 15,70%. Cependant, la plus faible dominance enregistrée (0,18%) a concernée l'espèce *Hemichromis bimaculatus* (Fig. 9). Le Canal Oued Righ contient le moins d'individus (A = 1488) (Tab. 7). Le lac Temacine est caractérisé par la dominance du *Tilapia zilli* (43,61%), suivie par *G.hallbrooki* (42,83%) puis l'*Hemichromis bimaculatus* (13,55%) (Fig. 9). L'analyse spatiale fait ressortir le site lac Ayata comme étant le plus productif en termes d'abondance (A = 3840 ind.) et de diversité (S = 4) (Fig.8)

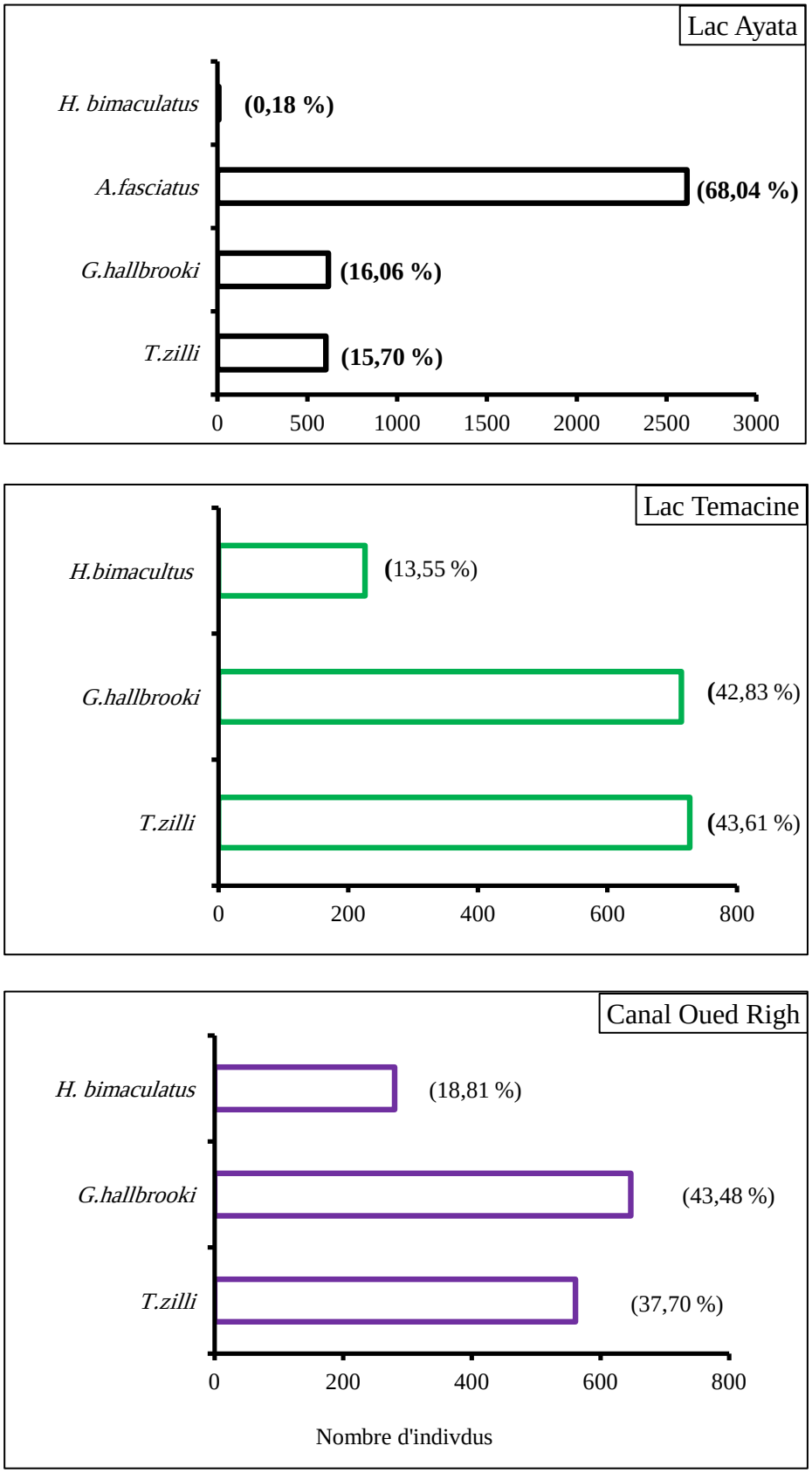


Figure 8. Abondance et dominance spécifiques dans les trois sites étudiés.

2.3. Variation mensuelles du peuplement ichtyologique

La figure 9 représente les variations mensuelles des différents indices biocénotiques durant la période d'échantillonnage. Si on considère les trois sites réunis, les valeurs minimales et maximales des indices de diversité (H') sont respectivement observées en janvier 2011 (H' = 0,88) et juin 2011 (H' = 1,56). L'équitabilité (J) varie entre 1,58 et 2. Les valeurs sont généralement faibles en période froide et élevées en période estivale. Les abondances semblent suivre aussi la courbe de tendance de la diversité spécifique où les valeurs les plus faibles sont observées en hiver, plus précisément en décembre (A = 474 ind.) et en janvier (A = 480 ind.). Le pic de l'abondance est observé en juillet 2011 avec 598 individus. Si on considère les trois sites séparés, il ressort que le lac Ayata est le plus diversifié durant les mois de février et juillet (H' = 1,31), suivi du lac Temacine durant le mois de juillet (H' = 1,56), et finalement le canal Oued Righ durant le mois de mai (H' = 1,56). Quant aux valeurs minimales de la diversité, elles sont respectivement observées en janvier 2011 pour le lac Ayata (H' = 0,88), en décembre 2010 pour le lac Temacine (H' = 0,17) et en mars pour le canal d'Oued Righ (H' = 1,35). L'équitabilité varie entre 1,58 et 2 dans le lac Ayata, tandis qu'elle reste constante pour le lac Temacine et le canal d'Oued Righ (1,58).

Quantitativement, le lac Ayata est le site le plus riche qualitativement et quantitativement, suivi du lac Temacine et du canal d'Oued Righ. Le plus grand nombre d'individus pêchés a été enregistré durant le mois de décembre 2010 (338 individus) pour le lac Ayata. En ce qui concerne les deux autres sites (lac Temacine et le canal d'Oued Righ), les valeurs maximales ont été observées durant les mois d'octobre et août 2011, avec respectivement 175 et 156 individus. Le mois d'octobre 2011 représente le mois le moins productif pour le lac Ayata (254 individus). Pour les deux autres sites, lac Temacine et le canal Oued Righ, les valeurs les plus faibles en termes d'abondance ont été enregistrées en décembre 2010.

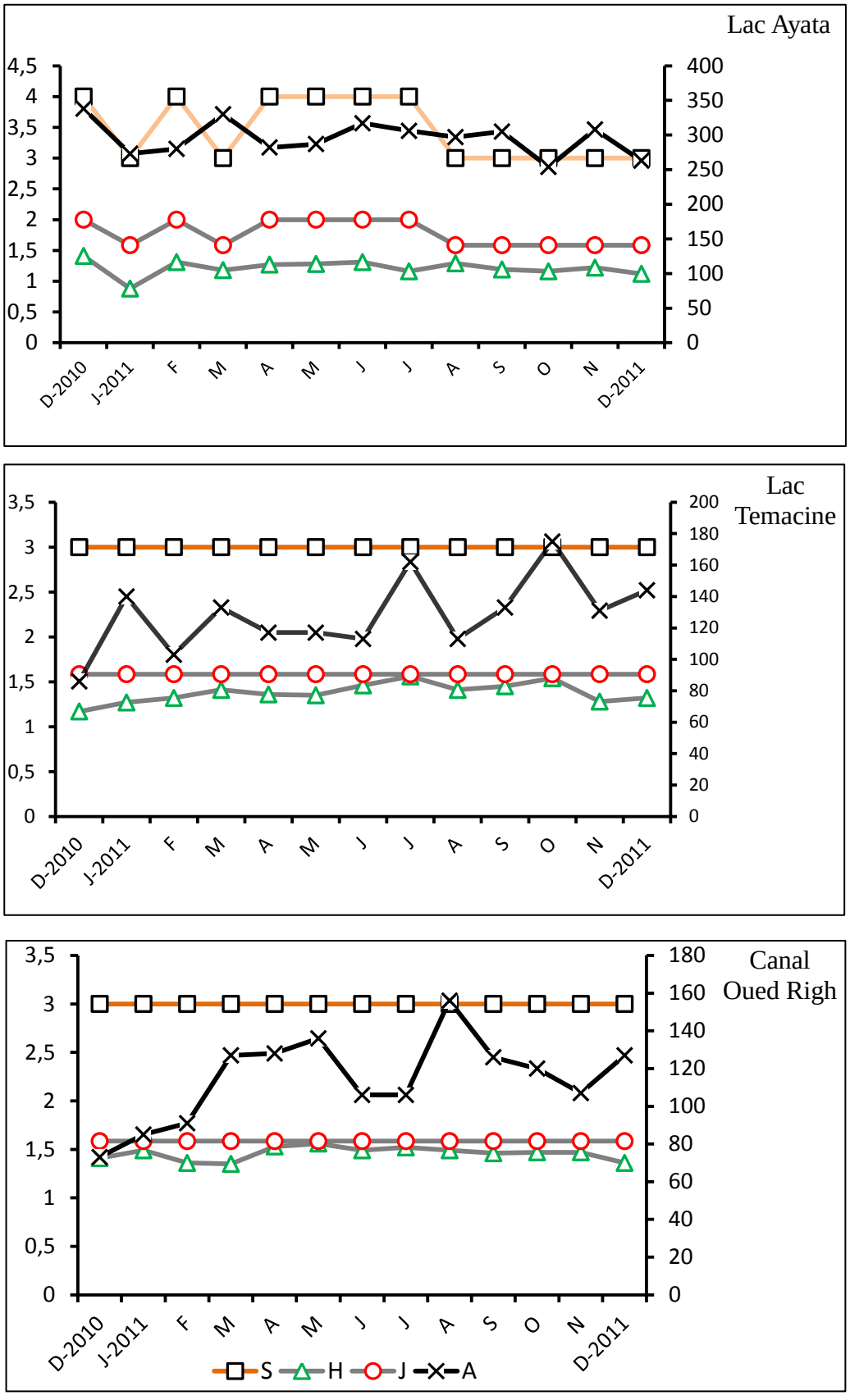


Figure 9. Évolution mensuelle des différents indices écologiques (H' : indice de diversité, J équitabilité, S : richesse spécifique, A : abondance) dans les trois sites d'échantillonnage.

2.4. Variation saisonnières

Le tableau 5représente les variations saisonnières des différents indices biocénotiques durant la période d'échantillonnage dans le lac Ayata. Les indices de diversité et d'équitabilité, ainsi que la richesse spécifique évoluent d'une manière similaire. La période estivale est la plus diversifiée (H' = 1,26). Toutefois, la plus forte abondance est observée en été (920 individus) et la plus faible en automne (867 individus).

Tableau 5. Variations saisonnières des différents indices biocénotiques dans le lac Ayata.

Indice écologique	Hiver	Printemps	Eté	automne
Abondance (A)	891	899	920	867
Richesse spécifique (S)	4	4	4	4
Indice de diversité (H')	1,25	1,25	1,26	1,19
Indice de équitabilité (J)	2	2	2	2

Dans le lac Temacine, on constate aussi une stabilité des valeurs des indices de diversité et d'équitabilité, ainsi que de la richesse spécifique durant toutes les saisons. La période estivale demeure la saison la plus diversifiée (H' = 1,51). Pour ce qui est de l'abondance, la plus forte valeur est observée en automne (439 individus), tandis que la plus faible se situe en hiver (329 individus) (Tab. 6).

Tableau 6. Variations saisonnières des différents indices biocénotiques dans le lac Temacine.

Indice écologique	Hiver	Printemps	Eté	automne
Abondance (A)	329	367	388	439
Richesse spécifique (S)	3	3	3	3
Indice de diversité (H')	1,28	1,39	1,51	1,47
Indice de équitabilité (J)	1,58	1,58	1,58	1,58

Dans le canal d'Oued Righ, les valeurs maximales de l'indice de diversité (H' = 1,54) et de l'abondance (A = 391) correspondent à la même saison (l'Eté). Cette correspondance concerne aussi les valeurs minimales de ces indices, et qui sont observées en hiver (H' = 1,43, A = 249) (Tab. 7).

Tableau 7. Variations saisonnières des différents indices biocénotiques dans le canal d'Oued Righ.

Indice écologique	Hiver	Printemps	Eté	automne
Abondance (A)	249	368	391	353
Richesse spécifique (S)	3	3	3	3
Indice de diversité (H')	1,43	1,53	1,54	1,48
Indice de équitabilité (J)	1,58	1,58	1,58	1,58

Conclusion

L'inventaire ichtyologique, qualitatif et quantitatif, que nous avons effectué dans la région de l'Oued Righ, à partir d'un échantillonnage mensuel étalé sur 12 mois, montre l'existence de seulement 4 espèces appartenant à 3 familles différentes: Cichlidae (2 espèces, *Tilapia zilli* et *Hemichromis bimaculatus*), Cyprinodontidae et Poeciliidae, avec une seule espèce chacune, *Aphanius fasciatus* et *Gambusia halbrooki* respectivement. Dans cette région, peu de données sont disponibles sur la diversité biologique des écosystèmes aquatiques, notamment sur les poissons. Les seuls travaux connus sont ceux de Le Berre (1989) et Chaibi *et al*., (2012). Par rapport à ces derniers, notre travail est conforme à celui de le Berre (1989) qui a abordé l'aspect qualitatif uniquement. Par contre Chaibi *et al*., (2014) signalent la présence d'*A. faciatus* dans le lac de Temacine, alors qu'elle est absente dans notre suivi annuel, réalisé en plus avec un engin de pêche non sélectif.

Ce travail a permis de dresser, en plus d'un inventaire exhaustif de la faune ichtyologique de la région de l'Oued Righ, de mettre en évidence les variations entre sites et de voir les modifications faunistiques saisonnières. Ces aspects, abordés pour la première fois dans cette région sont originaux. Des investigations ultérieures sont cependant nécessaires, afin de compléter les connaissances sur les interactions biologiques et écologiques éventuelles entre les espèces présentes. L'unicité populationnelle, voire génétique, des espèces décrites mérite aussi des explorations ultérieures, afin de rationaliser les mesures de gestion qui seraient mises en place. En effet, le cas de l'acara rouge *Hemichromis bimaculatus*, en danger critique d'extinction, mérite tout notre intérêt, d'où l'étude qui lui est consacrée dans le chapitre qui suit.

Partie III :

BIOLOGIE ET DYNAMIQUE DE L'*Hemichromis bimaculatus* ET DE L'*Aphanius fasciatus*

Chapitre 1.

Biologie et dynamique de l'Acara rouge *H. bimaculatus* (Gill, 1862) de la région de l'Oued Righ

Introduction

Le genre *Hemichromis* est vit seulement en Afrique où il est représenté par 11 espèces (Froese et Pauly, 2014). Seulement 3 sont décrites en Afrique du Nord: *Hemichromis fasciatus* (Peters 1857), *Hemichromis letourneuxi* (Sauvage 1880), *Hemichromis bimaculatus* Gill 1862 (García *et al*., 2010). Cette dernière existe en Algérie où elle est autochtone (Kara, 2012).

H. bimaculatus est largement distribuée en Afrique occidentale, où on la connaît de la plupart des bassins hydrographiques (Teugels et Van Den Audenaerde, 2003), liée aux biotopes couverts de forêts. On lui rapporte également des bassins côtiers du Cameroun, de la République démocratique du Congo (Teugels, 1992) et des régions d'Afrique du nord (Algérie, Tunisie et Nil en Egypte) (Kraiem, 1983; Le Berre, 1989; Kara, 2012), mais pas au Maroc (Azeroual *et al*., 2000). Cette espèce classée en danger critique d'extinction dans la liste rouge des poissons d'eau douce d'Afrique du nord selon l'UICN (García *al*., 2010).

H. bimaculatus est un poisson benthopélagique qui fréquente les eaux douces et saumâtres. Cette espèce vit dans les boues et dans les zones avec des petits fonds (Page et Burr, 1991), où elle recherche les proies possibles (crustacés relativement grands, insectes et poissons) (Blay, 1985).

En Afrique du Nord, comme dans le continent africain entier, les informations sur la biologie sur *H. bimaculatus* sont limitées ou rares. Seul Hyslop (1987) a étudié quelques aspects de la biologie de *H. bimaculatus* d'une petite rivière au Nigéria. Ayoade et Ikulala (2007) ont étudié son régime alimentaire dans le lac Eleiyele (Sud-ouest Nigéria).

En Algérie, malgré les récentes tentatives d'actualisation de l'inventaire des poissons des eaux continentales de l'Algérie (Bacha et Amara, 2007; Kara, 2012), des efforts sont encore nécessaires dans certains territoires géographiques. D'ailleurs, l'écologie et la biologie de ces espèces sont généralement inconnues. Cette étude répond à un besoin d'informations sur la biologie de *H. bimaculatus*. Nous fournissons ici des données nouvelles sur sa morphologie, son âge, sa croissance et sa reproduction dans la région de l'Oued Righ.

1. Matériel et méthodes

1.1. Échantillonnage

De décembre 2010 à décembre 2011, nous avons examiné 495 spécimens de *Hemichromis bimaculatus* de longueur comprise entre 2,19 et 10,7 cm, provenant de deux sites différents dans la région d'Oued Righ (272 dans le Canal Oued Righ et 223 dans le lac Temacine). L'engin de pêche utilisé est une seine de plage d'une maille de 4 mm (voir partie 2, Fig. 6).

1.2. Morphométrie et dimorphisme sexuel

1.2.1. Caractères métriques

Vingt caractères métriques sont utilisés pour décrire la morphologie de *H. bimaculatus* (Fig. 10): la longueur totale (Lt), la longueur standard (Ls), la longueur céphalique (Lc), la longueur dorsale (Lnd), la longueur pectorale (Lnp), étendus ventrale (Env), la longueur anale (Lna), étendus dorsale (End), la longueur pré- dorsale (LPd), la longueur pré-pectorale (LPp), longueur pré-ventrale (LPv), la longueur pré-anale (Lpa), longueur pédonculaire caudale (Lpc), hauteur du corps (Hc), la hauteur du pédoncule caudal (Hpc), l'épaisseur du corps (Ec), la longueur du maxillaire supérieur (Lms), le diamètre de l'orbite (Do), l'espace inter-orbitaire (Eio), la longueur pré-orbitaire (Lpo) et l'espace inter-narine (Eio). Les mesures sont effectuées au millimètre près à l'aide d'un pied à coulisse.
Chaque longueur est rapportée à la taille totale de l'individu (Lt) ou à celle de sa tête (Lc) par une équation de régression de type axe majeur réduit de Teissier, préconisé par Daget (1976). Le coefficient de corrélation "r" est calculé et le type d'allométrie est déterminé en utilisant le test "t" de Student (Dagnelie, 1975).

$$t_{obs} = \frac{\left| b^2 - 1 \right| \sqrt{n-2}}{2b\sqrt{1-r^2}}$$

où:

b: pente;
r: coefficient de corrélation;
n: effectif.

La valeur de tobs est comparée à celle de "t" théorique: $t_{1-\alpha/2}$ (donnée par la table de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5% (α = 0,05) pour un nombre de degrés de liberté égal à n - 2.

Si tobs ≤ $t_{1-\alpha/2}$, la différence entre les 2 paramètres mesurés n'est pas significative et la valeur b = 1. Il y a donc isométrie (ou allométrie simple) entre les deux paramètres étudiés.

Si tobs > $t_{1-\alpha/2}$, la différence entre les 2 paramètres mesurés est significative. Il y a donc une allométrie minorante (négative) si b < 1 ou majorante (positive) si b > 1.

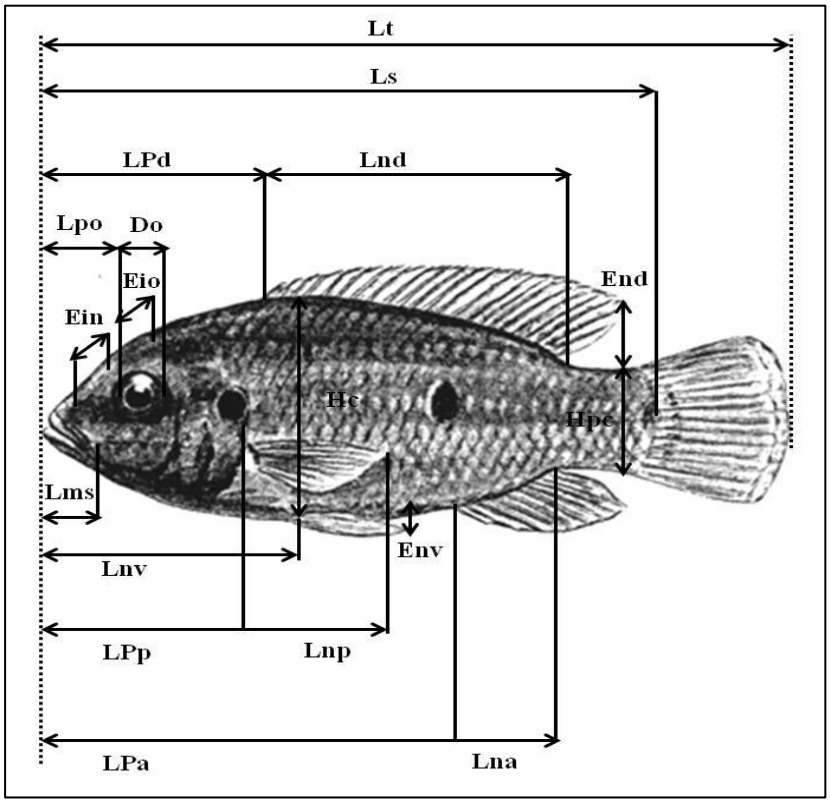


Figure 10. Différentes mensurations prises sur l'Acara rouge *H. bimaculatus* de L'Oued Righ (Sud-est Algérien). Lt : la longueur totale, Ls : la longueur standard, Lc : la longueur céphalique, Lnd : la longueur dorsale, Lnp : la longueur pectorale, Env : étendus ventrale, Lna : la longueur anale, End : étendus dorsale, LPd : la longueur pré-dorsale, LPp : la longueur pré-pectorale, LPv : longueur pré-ventrale, Lpa : la longueur pré-anale, Lpc : longueur pédonculaire caudale, Hc : hauteur du corps, Hpc : la hauteur du pédoncule caudal, Ec : l'épaisseur du corps, Lms : la longueur du maxillaire supérieur, Do : le diamètre de l'orbite, Eio : l'espace inter-orbitaire, Lpo : la longueur pré-orbitaire, Eio : espace inter-narine.

1.2.2. Caractères méristiques ou numériques

Les caractères numériques étudiés sont le nombre de branchiospines sur l'arc branchial gauche, le nombre d'écailles sur la ligne latérale supérieur et inférieure, le nombre de rayons durs et mous des nageoires dorsale, anale et ventrale, le nombre de rayons des nageoires pectorales et enfin le nombre des vertèbres.

Le nombre de branchiospines est déterminé à l'œil nu chez les adultes et sous une loupe binoculaire chez les jeunes individus. Pour qu'elle soit prise en considération, une branchiospine doit être capable de retenir une aiguille appuyée le long de l'arc branchial. Les rayons durs se distinguent aisément des rayons mous par leur structure très ossifiée et pointus à leur extrémité distale. Pour éviter toute erreur de comptage, les rayons mous sont comptés à partir de leur base.

1.2.3. Dimorphisme sexuel

Pour déceler un éventuel dimorphisme sexuel, nous avons comparé pour chaque caractère les équations des droites de régression entre les deux sexes. Pour cela, nous avons utilisé le test "t" de Student adapté aux axes majeurs réduits (Mayrat, 1959). On compare tout d'abord les pentes des deux axes en comparant une différence à sa erreur standard :

à (n - 4) degrés de liberté,

$$tpe = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{Var(a_1 - a_2)}}$$

où :

a_1 et a_2 : pentes des deux droites;
n : nombre total de couples.

Si la différence de pente n'est pas significative, on compare alors la position des deux droites expérimentales par deux "droites auxiliaires" parallèles passant par les centres de gravité des échantillons mais de pente intermédiaire commune. On calcule une variance commune autour de ces parallèles ; c'est une régression combinée "tpo" :

$$tpo = \frac{Y_{1P} - Y_{2P}}{\sqrt{Var(Y_{1P} - Y_{2P})}} = \frac{\left|\overline{Y}_1 - \overline{Y}_2\right| - a_P(\overline{X}_1 - \overline{X}_2)}{\sqrt{S^2 y_P\left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) \times \left(\frac{2}{1 + R_P}\right) + \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2)^2}{NS^2 X_P}\right]}}$$

où :

t_{po}: Position des deux droites;

$\overline{Y}_{1P} - \overline{Y}_{2P}$: Distance entre les droites auxiliaires;

$\overline{Y}_1$ et $\overline{Y}_2$: Moyenne des Y des droites expérimentales;

$\overline{X}_1$ et $\overline{X}_2$: Moyenne des X des deux droites expérimentales;

a_P : Pente de la droite auxiliaire;

R_P : Coefficient de corrélation moyen;

$\frac{1}{n_1}\left(S^2 Y_P\right)$ et $\frac{1}{n_2}\left(S^2 Y_P\right)$: Variance de $\overline{Y}_{1P} - \overline{Y}_{2P}$ considérées comme moyennes de $Y_{1P} - Y_{2P}$;

$NS^2 X_P$: Covariance des X_P ;

N : Nombre total de couples.

Avant d'effectuer l'analyse statistique, il est nécessaire aussi de contrôler la validité de l'hypothèse d'égalité des variances résiduelles:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ ou } \sigma^2 \text{: variance résiduelle}$$

Ce test s'écrit de la manière suivante:

$$F_{obs} = \frac{\sigma^2 \max}{\sigma^2 \min} \text{ dont } \begin{Bmatrix} \sigma_1^2 = \frac{SCEyx_1}{n_1 - 1} \\ \sigma_2^2 = \frac{SCEyx_2}{n_2 - 1} \end{Bmatrix}$$

L'hypothèse d'égalité des variances résiduelles doit être rejetée au niveau α lorsque:

$$F_{obs} > F_{1-\frac{\alpha}{2}} \text{ pour } \begin{Bmatrix} \alpha = 0{,}05 \\ K_1 = (n_1 - 1)ddl \\ K_2 = (n_2 - 1)ddl \end{Bmatrix} \text{où:}$$

$SCEyx_1$: Somme des carrées des écarts du 1er échantillon;

$SCEyx_2$: Somme des carrées des écarts du 2ème échantillon;

n_1 : Effectif total du 1er échantillon;

n_2 : Effectif total du 2ème échantillon.

1.3. Reproduction

Le cycle de reproduction d'une espèce implique un ensemble de processus physiologiques et comportementaux, en rapport avec divers facteurs de l'environnement abiotique et biotique. On distingue classiquement la gamétogenèse et la ponte. La gamétogenèse est le processus physiologique qui est à l'origine du développement des gonades et conduit à la formation de gamètes (ovocytes et spermatozoïdes). Dans les régions tropicales, la gamétogenèse est sous le contrôle de changements subtils dans les facteurs de l'environnement, et sa durée varie selon les espèces (Munro, 1990). La ponte est le moment critique du cycle reproducteur, qui comprend la séquence d'événements aboutissant à la libération des gamètes (maturation des ovocytes, ovulation, spermatogenèse), sous l'influence de stimuli spécifiques (Billard *et al*., 1978).

La reproduction de l'Accara rouge *H. bimaculatus* est étudiée à partir de 495 individus (2,1 < Lt (cm) < 10,7; 20 < Pt (g) < 14,9), échantillonnés mensuellement au cours de l'année 2011.

1.3.1. Sex-ratio

La sex-ratio est un indice qui désigne la proportion en pourcentage des individus mâles et femelles dans une population donnée. Elle est exprimée par la relation suivante:

$$SR = \frac{NM}{NM + NF} \times 100$$

NM : nombre des mâles;

NF : nombre des femelles.

L'écart des valeurs observées de la sex-ratio par rapport à la proportion théorique 50% est évalué par un test de khi-deux (x^2) (Dagnelie, 1975); l'hypothèse nulle H_0: sex-ratio = 50% est testée par le calcul de la quantité:

$$\chi^2_{obs} = \left(\frac{m^2}{F} + \frac{f^2}{F} \right) - n \quad \text{où :}$$

m: nombre de mâles;

f: nombre de femelles;

n = m+f: nombre de mâles et de femelles dans l'échantillon;

F = n/2: fréquence absolue théorique pour chaque sexe.

1.3.2. Rapport gonado-somatique ou RGS

Le RGS est un indice qui précise la période de reproduction de l'espèce. Ses variations temporelles au sein d'une classe de taille, sont étroitement liées à l'état de maturité sexuelle et de ce fait, il est considéré comme un véritable coefficient de maturation (Lahaye, 1979), dont la représentation graphique traduit correctement les différentes étapes de la maturation des gonades. Ce rapport est défini par Bougis (1952) comme étant « égal à cent fois le poids des gonades divisés par le poids éviscéré du corps ». En pratique, on peut utiliser soit le poids total du poisson, soit son poids éviscéré. Toutefois, ce dernier à l'avantage d'éliminer le biais d'erreurs dues au poids des gonades et du contenu du tube digestif qui est variable en fonction des individus et de leur période de capture. Le RGS est calculé mensuellement pour chaque individu en utilisant l'expression suivante:

$$RGS = \frac{P_g}{P_e} \times 100 \text{ ,} \quad \text{Où :}$$

Pg: poids des gonades;

Pe: poids éviscéré du poisson.

1.3.3. Rapport hépato-somatique ou RHS

Chez les poissons, la gamétogenèse nécessite un apport important d'énergie que les espèces stockent sous forme de glycogène et de lipides essentiellement soit dans le foie et/ou dans les muscles. L'évolution du métabolisme lipidique en période d'activité sexuelle, représentée par le rapport hépato-somatique, se traduit en particulier chez les femelles par un transfert de ces réserves vers les ovaires et, où le foie est un organe responsable de la synthèse de la vitellogénine, principale protéine précurseur du vitellus des ovocytes (Nunez, 1985).

Ce rapport est défini par Bougis (1952) comme étant « égal à cent fois le poids du foie divisé par le poids éviscéré du corps »:

$$RHS = \frac{P_f}{P_e} \times 100 \text{ , Où :}$$

Pf: poids du foie;

Pe: poids du corps éviscéré.

Son évolution saisonnière permet de quantifier les variations pondérales du foie au cours du cycle reproducteur.

1.3.4. Coefficient de Condition (K)

Pour compléter l'étude de la reproduction, nous avons suivi les variations du coefficient de condition "K" de la population totale au cours d'un cycle annuel. Ce coefficient permet d'apprécier l'état pondéral relatif des poissons et la vitesse de croissance. Il peut varier en fonction des saisons, de la taille, de l'âge et de l'état de maturation des gonades. Compte tenu du caractère isométrique (b = 3) de la relation taille-poids, le coefficient composite de Fulton (1911) est utilisé pour exprimer la condition des poissons:

$$K = \frac{a \cdot L_t^{\,b}}{L_t^{\,3}} \times 100 \text{ , où :}$$

L_t : longueur totale;

P_t : poids total;

b : coefficient d'allométrie.

Lorsque le coefficient d'allométrie b n'est pas significativement différent de 3, K reflète uniquement l'influence des conditions écologiques (température, nourriture) et physiologiques (état d'engraissement, maturité sexuelle) ou strictement ontogénique et exclut l'effet de l'allométrie de croissance.

Les valeurs moyennes mensuelles de RGS, RHS et l'indice de condition sont comparées en utilisant le test ANOVA qui est la comparaison multiple des moyennes. Ainsi, les groupes homogènes ou de moyennes identiques sont différenciés à l'aide des lettres alphabétiques pour caractériser chaque groupe.

1.3.5. Taille à la première maturité sexuelle

La taille à la première maturité sexuelle permet d'abord de connaître la participation des petits poissons à la reproduction. Sa connaissance trouve son application en dynamique des populations exploitées où elle permet de déterminer la taille minimale de capture.

La taille à laquelle 50% des poissons sont matures est celle de la première maturité sexuelle (L50) (Rikhter et Efanov, 1976). L'intervalle de maturité sexuelle "Im" est défini comme l'intervalle de taille correspondant à la transformation pubère. Sa limite inférieure est la taille pour laquelle il y a au moins 25% d'individus immatures (L25) et sa limite supérieure est celle pour laquelle il y a au moins 75% d'adultes (L75) aptes à se reproduire (Loubens, 1980).

1.4. Etude de l'âge

Comme pour un certain nombre d'espèces, l'étude de la biologie et de l'écologie des cichlides passe par l'analyse de leurs caractéristiques démographiques. Cette analyse nécessite l'estimation de l'âge qui se fait essentiellement à partir de structures dures à croissance périodique et notamment à partir des écailles.

1.4. 1. Ecailles et scalimétrie

Les écailles font partie du squelette superficiel des poissons, au même titre que les rayons des nageoires (Meunier *et al.*, 1979). Leur prélèvement étant aisé, nous avons tenté de déterminer l'âge des poissons à partir de leur lecture.

La croissance de la surface de l'écaille est indéfinie et étroitement liée, dans certaines régions et pendant les saisons bien marquées, aux variations du milieu extérieur. Il est maintenant admis que, pendant la mauvaise saison, l'intervalle séparant les circulli se resserre et/ou les nouveaux circuli qui se mettent en place sont discordants par rapport aux précédents (Ombredane et Baglinière, 1992).

1.4.2. Prélèvement, stockage et examen des écailles

Le prélèvement des écailles s'est effectué sur un échantillon de 402 individus de longueur totale comprise entre 21,9 et 101 mm dont 192 mâles ($21,9 < L_t < 101$ mm et $1,56 < P_t < 14,5$ g) et 206 femelles ($22,3 < L_t < 90,5$ mm et $2,09 < P_t < 11,4$ g).

Les écailles de *Hemichromis bimaculatus* ont été placées entre deux lames en verre et ont été photographiées avec un appareil-photo numérique couplé à un microscope binoculaire. Les photographies prises ont été digitalement traitées et employées pour le calibrage, les mesures et la quantification des incréments de croissance des structures calcifiées. Le traitement numérique a été facilité par le logiciel de TNPC v. 5. (Fablet et Ogor, 2005), le logiciel a mesuré la distance entre le nucléus et différent rayon croissance.

Correspondent aux zones translucides sous la lumière transmise (Panfili, 2002). Cinq à sept écailles ont été enlevées sous dessous de la nageoire pectoral gauche.

1.4.3. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson

L'utilisation des écailles pour l'estimation de l'âge est basée sur l'existence d'une relation entre la croissance linéaire du poisson et celle de l'écaille. Sur la base de cette relation, nous pouvons estimer la taille des alevins lors de la formation des premières écailles.

Les mesures scalimétriques doivent être faites selon une direction standard où l'écaille ne présente aucune irrégularité. Pratiquement, ce sont les rayons plus que les diamètres qui sont utilisés; l'axe de mesure variant selon les espèces. Dans notre cas, le rayon de l'écaille (R), exprimé en millimètre à l'aide du logiciel TNPC v. 5. (Fablet et Ogor, 2005).

Le coefficient de corrélation (R) liant le rayon de l'écaille et la taille du poisson est calculé. Pour définir le mode d'association de ces derniers avec la longueur du poisson, nous avons calculé leur coefficient de corrélation (R), par la méthode des moindres carrés.

L'équation de la droite représentative de tous les points, à partir de 265 couples de données est déterminée selon l'équation suivante:

$$L = aR + b \quad \text{avec:}$$

L_t: longueur totale du poisson (mm);
R: rayon de l'écaille du poisson (mm);
a: pente de la droite de régression;
b: longueur du poisson à l'apparition des premières écailles.

Une fois le rayon de l'écaille connu, le passage à la taille du poisson devient facile et inversement.

1.4.4. Périodicité de la formation de l'anneau d'arrêt de croissance sur les écailles

Les études de validation qui visent à vérifier la périodicité présumée de la formation d'anneau d'arrêt de croissance constituent une base essentielle pour les études de sclérochronologie. Elles sont la seule manière de tester les techniques employées et la justesse des estimations de l'âge qui en résulte. Il est également essentiel d'évaluer la précision des données (la variabilité entre les interprétations (lectures) répétées (intra- ou inter-lecteurs)

d'une pièces calcifies donnée) pour dégager les schémas les plus appropriés en termes de lecture et d'interprétation (Panfili, 2002).

La croissance des écailles correspond à un dépôt stratifié et progressif d'éléments minéraux d'origine exogène (alimentation), qui est le même pour toutes les autres pièces osseuses. Le suivi de l'évolution de l'accroissement ou l'allongement marginal (AM) de l'écaille permet de préciser, indifféremment des âges, la période de formation de l'anneau d'arrêt de croissance. Ces variations temporelles ont été également suivies, afin de mettre en évidence d'éventuelles périodes de ralentissement de la croissance.

Cet accroissement marginal s'exprime par la relation:

$$AM = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}, \quad \text{Où :}$$

AM: accroissement marginal de l'écaille (mm);

R: rayon total de l'écaille (Re) (Ro) (mm);

R_n: rayon du dernier anneau d'arrêt de croissance formé (mm);

R_{n-1}: rayon de l'anneau qui précède R_n (mm).

1.5. Estimation de l'âge

1.5.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de retro-calcul)

Lea (1910) suppose l'existence d'une relation linéaire entre la taille du poisson et le rayon de l'écaille. Si e_i représente le rayon de l'écaille à l'époque i de formation de $i^{ème}$ anneau, la taille du poisson atteinte à cette époque lui est reliée par l'expression:

$$Li = (L \cdot e_i \ / E) + b$$

L: longueur du poisson (en mm) mesurée à la capture;

E: rayon (en mm) de l'écaille à la capture du poisson.

Lee (1920) pense que le raisonnement de Lea n'est pas représentatif de la réalité, puisque le poisson a déjà une certaine taille lorsque l'écaille apparaît. Il rectifie l'équation de Lea par un terme correctif "b" correspondant à la taille du poisson au moment de la formation de ses écailles. Son équation devient:

$$Li \ / e_i = L \ / E \quad \text{où} \quad Li = L \cdot e_i / E$$

La valeur b est égale à l'ordonnée à l'origine de la droite de régression figurant la relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson.

1.5.2. Croissance linéaire absolue

En réalité, il n'existe pas de modèles mathématiques qui donnent entière satisfaction et qui décrivent avec précision la croissance d'une population naturelle. Il faut ainsi rechercher essentiellement un modèle raisonnablement facile à incorporer dans les équations de rendements, conforme aux données d'observation sur la taille à divers âges et donnant la taille à tel ou tel âge. Usuellement, le modèle de Von Bertalanffy (1938) s'adapte le mieux pour exprimer la croissance individuelle en longueur et en masse. Généralement, le développement mathématique aboutit à l'expression finale qui représente l'équation de croissance linéaire absolue:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t - to)}] \text{ où:}$$

L_t: longueur totale à l'âge t (cm);

L_∞: longueur asymptotique ou longueur théorique maximale (cm);

K: taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance (K > 0);

t_o: âge théorique (année) que le poisson aurait eu à la taille zéro ($L_t = 0$).

Seul K a une signification biologique précise, puisque ce coefficient représente la diminution de la vitesse de croissance lorsque la taille augmente. L'expression mathématique de Von Bertalanffy (1938) fait apparaître trois paramètres d'ajustement: L_∞, to et K qui sont déterminés dans le cas présent à l'aide du logiciel Fishparm (version 3.0) (Saïla *et al.*, 1988).

1.5.3. Relation taille-poids

Chez la plupart des poissons, la relation liant la taille au poids est une fonction exponentielle de type:

$$Pt = a. Lt^b$$

où:

Wt : poids total (g);

Lt : longueur totale (cm);

a: constante;

b: coefficient d'allométrie.

Cette relation devient:

$$\text{Log } P_t = b \text{ Log } L_t + \text{Log } a$$

La valeur "b" est comparée statistiquement à 3 au risque d'erreur de 5%. Lorsque l'écart de "b" par rapport à 3 n'est pas significatif, la croissance du poids par rapport à la

longueur est "isométrique"; dans le cas contraire, cette croissance est "allométrique", majorante si b > 3 et minorante si b < 3.

1.5.4. Croissance pondérale absolue

Connaissant les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy et le coefficient d'allométrie "b", nous avons calculé le poids théorique à chaque âge. L'équation de la croissance pondérale absolue s'écrit de la manière suivante.

$$Pt = P\infty \left[1 - e^{-K\,(t - to)}\right]^{b}$$

où:

Pt: poids total du poisson à l'âge t (g);

P : poids asymptotique ou poids théorique maximal (g);

b: pente de la droite exprimant la relation taille-poids.

K et t0 sont identiques à ceux de l'équation de la croissance linéaire absolue.

2. Résultats

2.1. Morphométrie et dimorphisme sexuel

2.1.1. Caractères méristiques

Le tableau 1 (Annexe 2 ; Fig. 11) illustre les valeurs des caractères numériques chez *H.bimaculatus* de la région de l'Oued Righ, Sud-est algérien. L'arc branchial de l'espèce *Hemichromis bimaculatus* porte 11 à 12 branchiospines (mode = 11). Le nombre de rayons durs et mous des nageoires dorsale et anale sont respectivement 14-15 (mode =14) et 10-11 (mode = 11) et 3 /10-14 (mode = 13) Le nombre d'écailles sur la ligne latérale supérieure et inferieure sont 16-19 (mode =19) /07-09 (mode = 08). Le nombre de vertèbres est de 23-25.

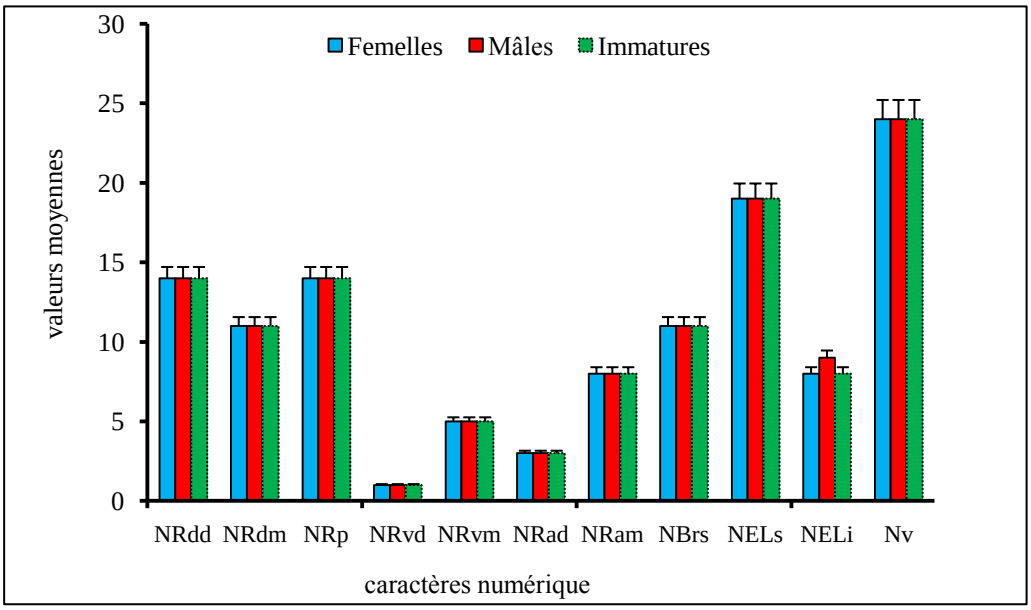


Figure 11. Valeurs moyennes des caractères numériques chez *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ. NRdd: nombre des rayons durs de la nageoire dorsale, NRdm: nombre des rayons mous dorsal, NRp: nombre des rayons pectoral, NPvd, NPvm: rayons durs et mous de la nageoire ventrale, NRad, NRam: rayons durs et mous de la nageoire anale, NBrs: nombre des branchiospines, NELs, NELi: nombre des écailles sur la ligne latérale supérieur et inférieur, Nv: nombre des vertèbres.

2.1.2. Caractères métriques

Les équations de conversion des différents caractères métriques mesurés en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) et leurs coefficients de corrélation sont consignées dans le tableau 2 (Annexe 2).

D'une manière générale, les longueurs standard, pectorale, anale, pré-dorsale et pré-anale ont une croissance isométrique par rapport à la taille totale du poisson et présentent un coefficient de corrélation hautement significatif.

Les longueurs dorsale, étendu ventrale, étendu dorsale, pré-ventrale, hauteur du pédoncule caudale, hauteur du corps et l'épaisseur corporelle présentent une allométrie majorante par rapport à la longueur totale du poisson, tandis que la longueur céphalique et la longueur pré-pectorale enregistre une allométrie minorante.

Tous les caractères métriques dont la croissance est exprimée en fonction de la longueur céphalique (longueurs maxillaire, pré-orbitaire, diamètre orbitaire, espace inter-orbitaire et espace inter-narine) montrent une allométrie de croissance minorante. Il existe une corrélation significative pour l'ensemble des couples de longueurs considérées ($0{,}086 \leq r \leq 0{,}967$; $P \leq 0{,}05$).

2.1.3. Dimorphisme sexuel

L'égalité des variances résiduelles entre les mâles et les femelles est confirmée par le test F. Les valeurs de "tpe" montrent une différence hautement significative des pentes au niveau de 11 paramètres: les longueurs standard, céphalique, dorsale, étendu ventrale, anale, pré-dorsale, pré-pectorale, pré-ventrale, étendu dorsale, hauteur du pédoncule caudal et l'espace inter-orbitaire (Tab. 3 ; Annexe 2). Les autres paramètres considérés ne montrent aucune différence significative, aussi bien au niveau des pentes des droites de régression que de leurs ordonnées à l'origine.

2.2. Reproduction

2.2.1. Sex-ratio

Globalement, la population totale de *H. bimaculatus*, représentée par un échantillon de 495 individus, est structurée de la manière suivante: 214 femelles (43,23 %), 212 mâles (42,82 %), 69 immatures (13,93 %) (Fig. 12). La figure 13 montre une gonade femelle volumineuse échantillonnée en mois de Mai.

La sex-ratio globale pour les 214 femelles et 212 mâles est 1:0,99 (χ^2 = 0,009, p > 0.05). Cette valeur est constante durant toute l'année et en fonction des saisons. (Fig. 14; Tab. 4 et 5 annexe 2). L'analyse des variations de la sex-ratio en fonction des classes de tailles (Tab. 6 en annexe 2 ; Fig. 15), montrent la présence des mâles en abondance dans les classes de tailles [3,5-4] et [4,5-5] cm, quant à celle des femelle, elle est plus abondante dans les classes de tailles [6-6,5] et [7-7,5] cm.

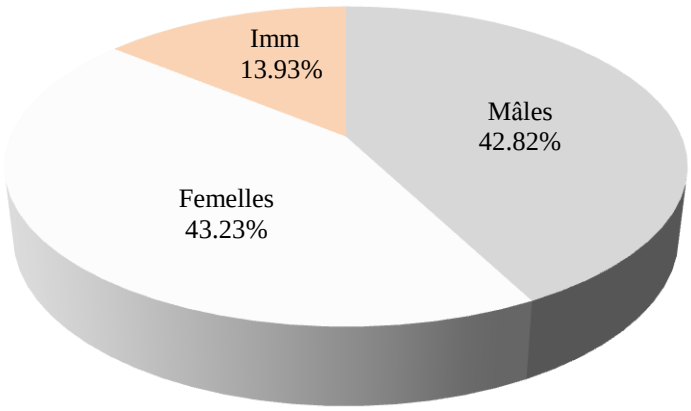


Figure 12. Structure de la population de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ.

Figure 13. Gonades femelles de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ.

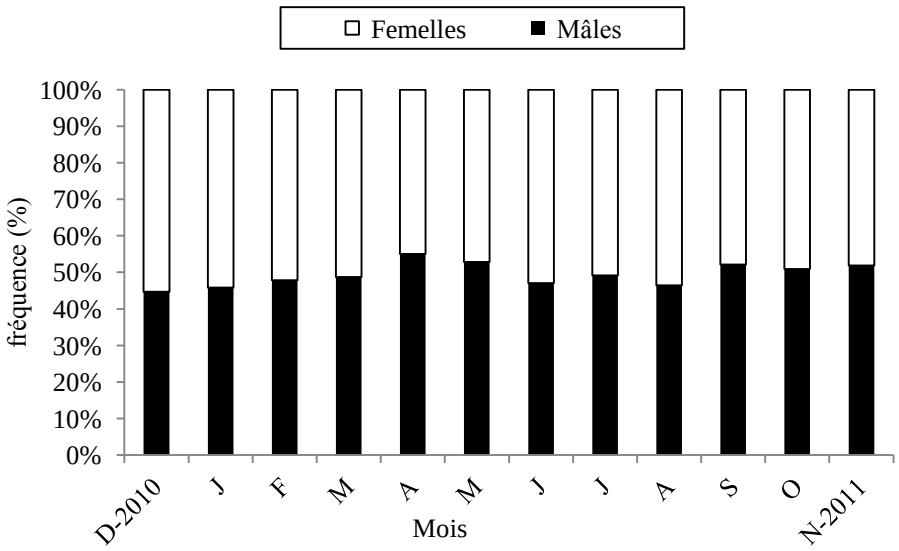


Figure 14. Evolution mensuelle de la sex-ratio de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ.

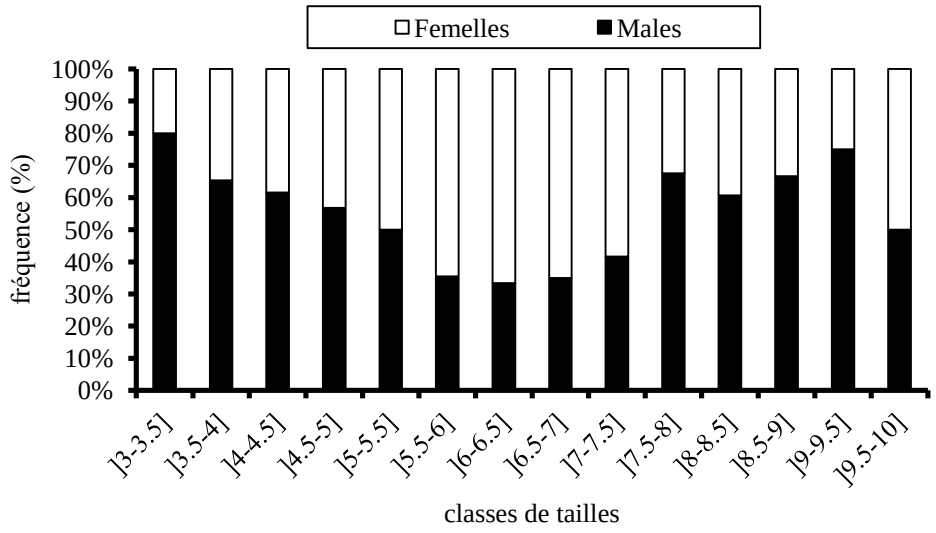


Figure 15. Evolution de la sex-ratio en fonction des classes de tailles de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ.

2.2.2. Rapport gonado-somatique

L'évolution mensuelle du rapport gonado-somatique chez les femelles montre que la saison de frais ou la période de reproduction s'étale entre Mars et Juin avec un pic entre avril-mai. Les faibles valeurs sont enregistrées entre décembre et janvier, avec un maximum en avril-mai (0,06 ± 0,03 à 0,11 ± 0,08 % chez les mâles; 0,17 ± 0,07 à 0,07 ± 0,15 % chez les femelles), (Fig. 16; Tab. 7 en annexe 2). La comparaison multiple des valeurs moyennes chez les mâles et les femelles montre que le mois de mai est différent des autres mois alors qu'ils sont homogènes entre eux. La courbe des valeurs mensuelles du rapport gonado-somatique montre que *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ, Sud-Est Algérien, se reproduit une fois par an.

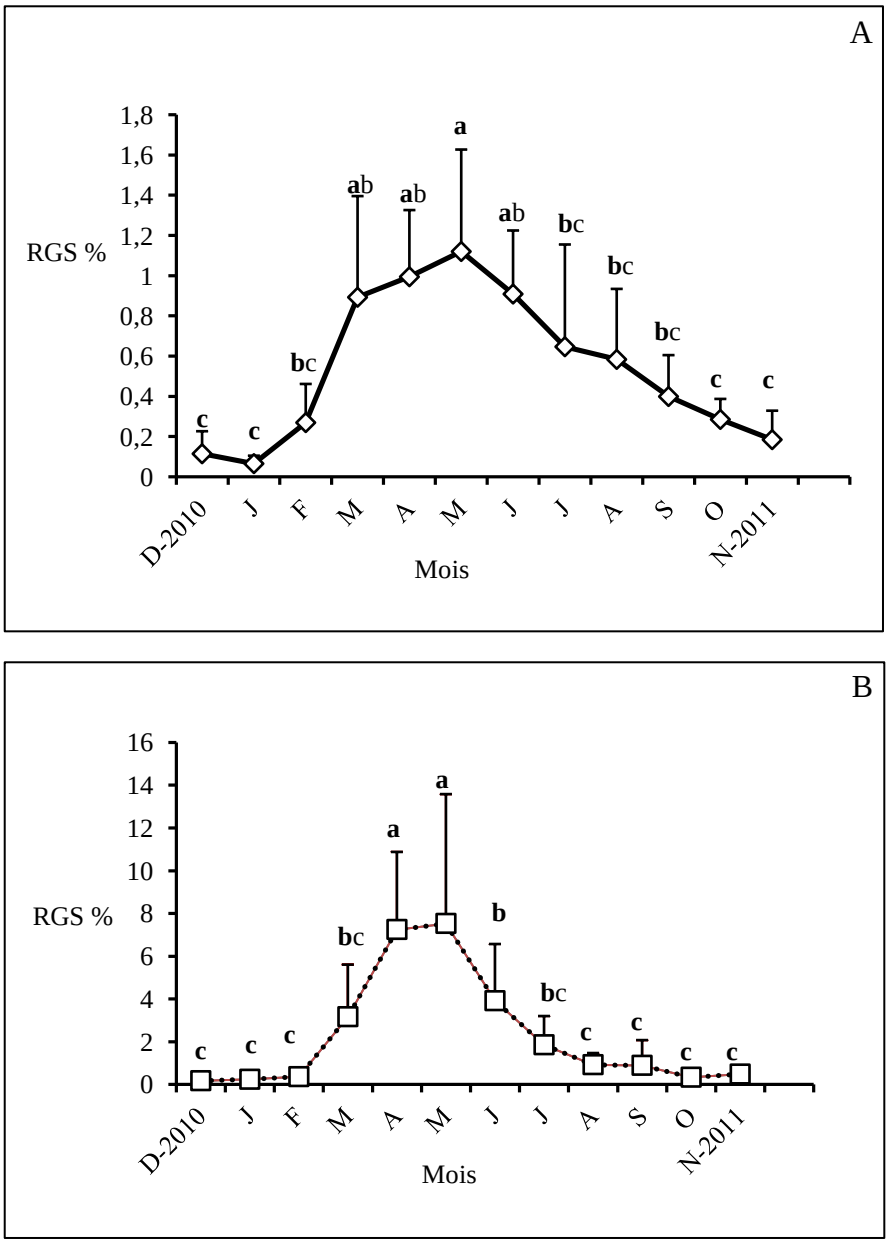


Figure 16. Évolution mensuelle du RGS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'oued Righ. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.2.3. Rapport hépato-somatique

Les valeurs mensuelles moyennes du rapport hépato-somatique sont situées entre 0,46 et 3,50% (0,30 ± 1,75%) chez les femelles, et entre 0,87 et 4,54 % (0,46 ± 2,84%) chez les mâles (Fig.17 A et B). La comparaison multiple des valeurs moyennes montre que le mois d'aout est différent par apport des autres mois alors qu'ils sont homogènes entre eux. Les valeurs moyennes mensuelles du rapport hépato-somatique montrent des fluctuations sensibles liées au cycle reproducteur de l'espèce (Fig. 17; Tab. 8, annexe 2).

Le RHS calculé chez les femelles et les mâles est plus faible en décembre et janvier avec des valeurs toujours plus basses chez les femelles que chez les mâles.

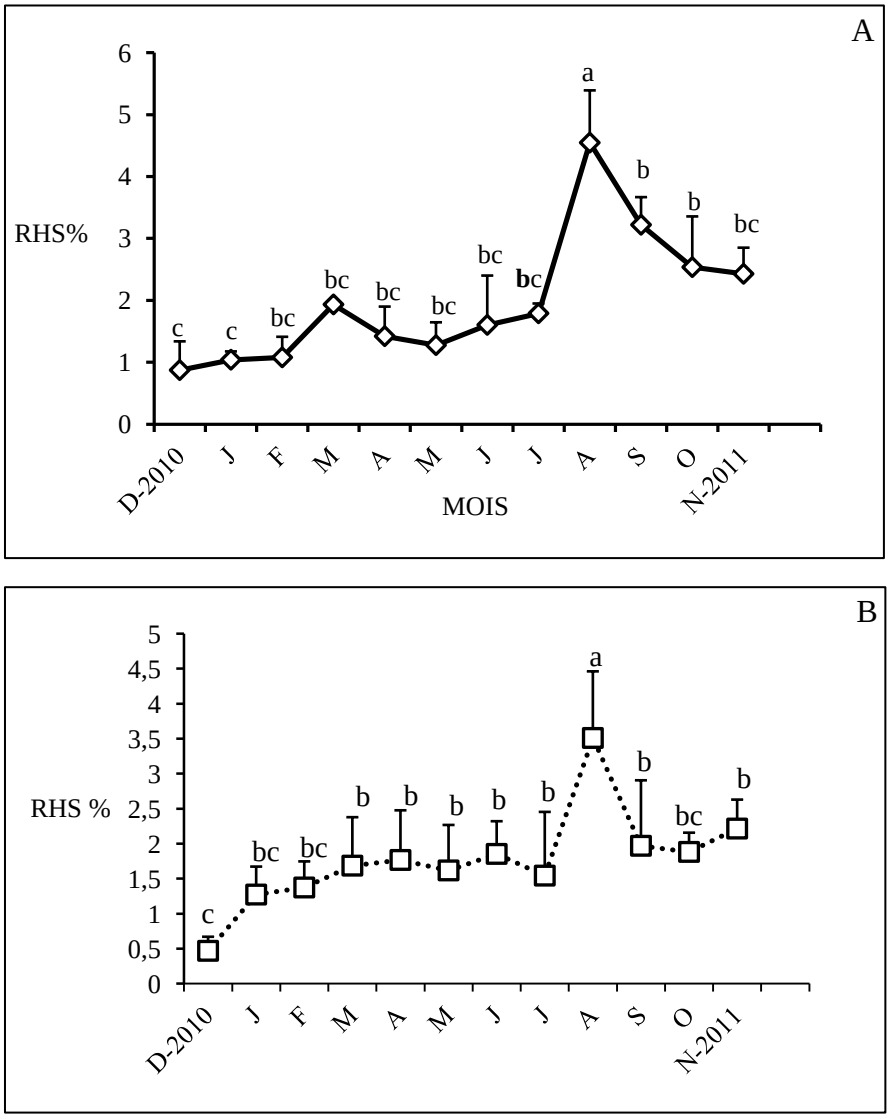


Figure 17. Évolution mensuelle du RHS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.2.4. Coefficient de condition (K)

Les variations mensuelles du coefficient de condition (K) n'étaient pas perceptibles dans les mâles (autour de 1.87) (Fig. 18A). Chez les femelles, une augmentation significative se produit entre février (1.88) et mars (2.18) (Fig. 17B). L'analyse de la variance (ANOVA) appliquée aux valeurs moyennes de K indique leur hétérogénéité (mâles: F_{obs} = 3,40; femelles: F_{obs} = 2,54; P 0,001).

La comparaison multiple des valeurs moyennes montre qu'août et septembre sont différents des autres mois, alors qu'ils sont homogènes entre eux (Fig. 18 A et B).

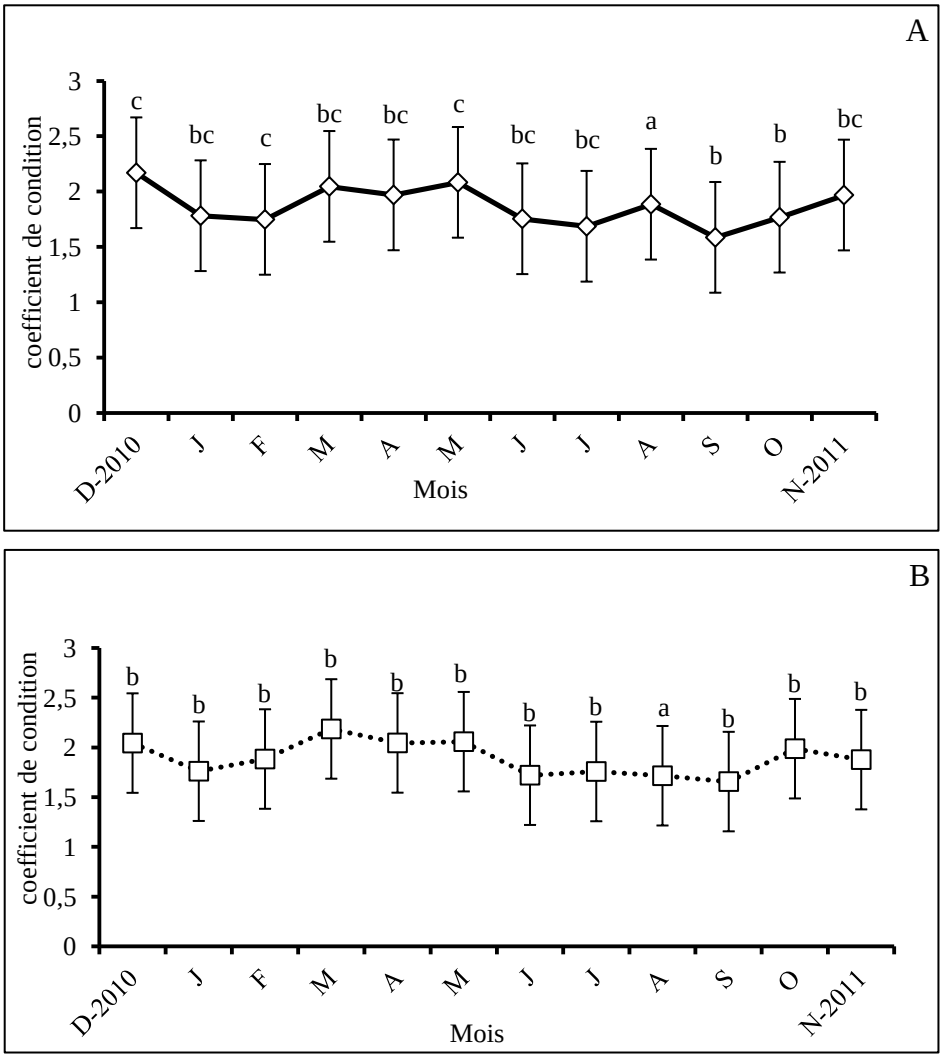


Figure 18. Évolution mensuelle de l'indice de condition K chez les mâles (A) et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.2.4. Taille à la première maturité sexuelle

L'évaluation par classe de taille du pourcentage d'individus mûrs et immatures durant la période de ponte, au moment où les gonades sont à leurs développement maximum, montre que l'*Hemichromis bimaculatus* femelle de la région d'Oued Righ commence à participer à la reproduction à une taille de 5,7 cm, contre 4,5 cm pour les mâles (Fig. 19).

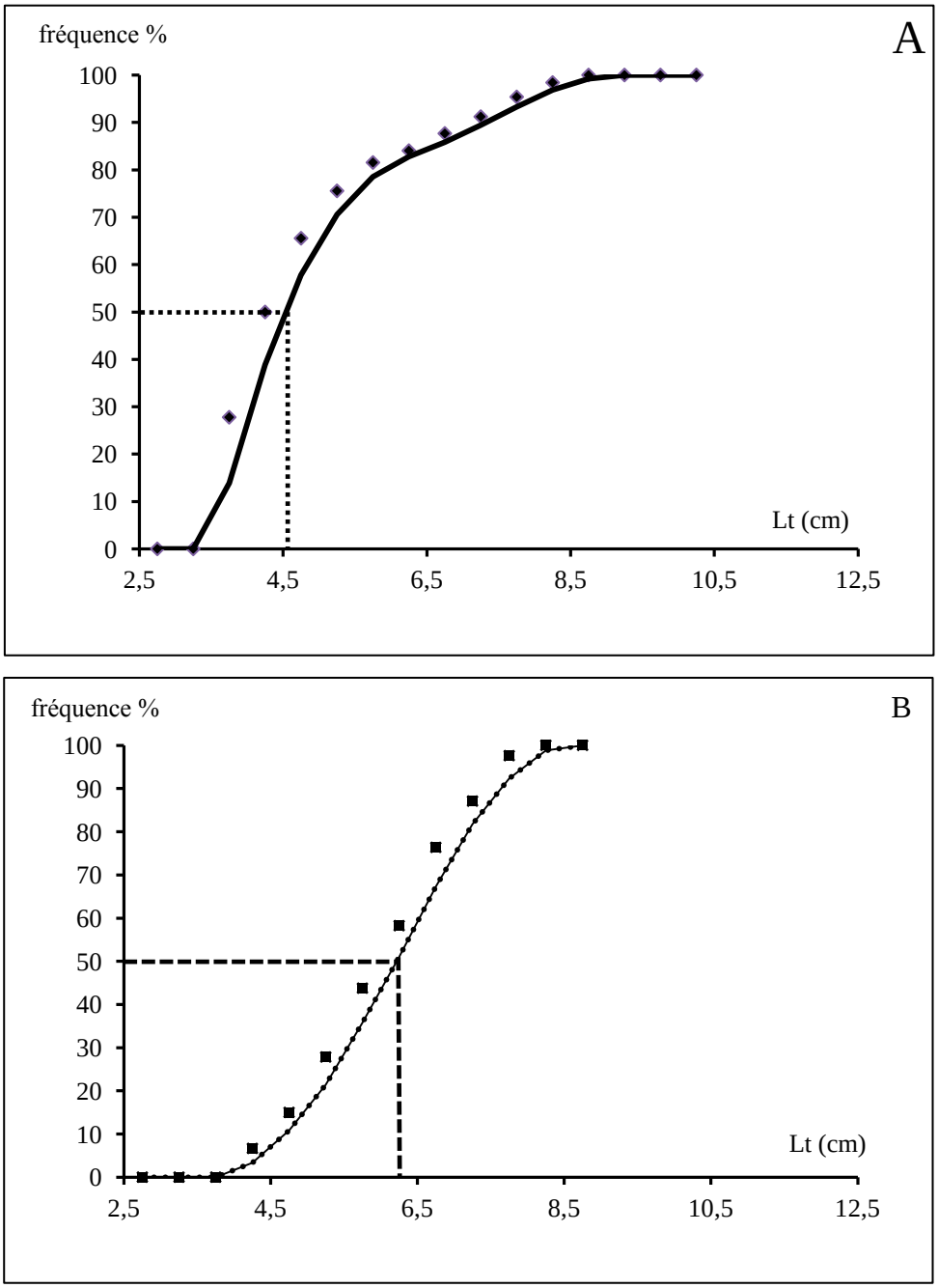


Figure 19. Évolution de la fréquence (%) des individus matures en fonction de la taille, chez les mâles (A), et chez les femelles (B) de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ.

2.3. Etude de l'âge

Sur 495 écailles examinées, 400 (80,80 %) ont été retenues pour l'étude de l'âge (222 femelles, 178 mâles). Les 95 restantes (19,20 %) étaient illisibles (présence de cal ou de faux anneaux)**.** (Fig. 20).

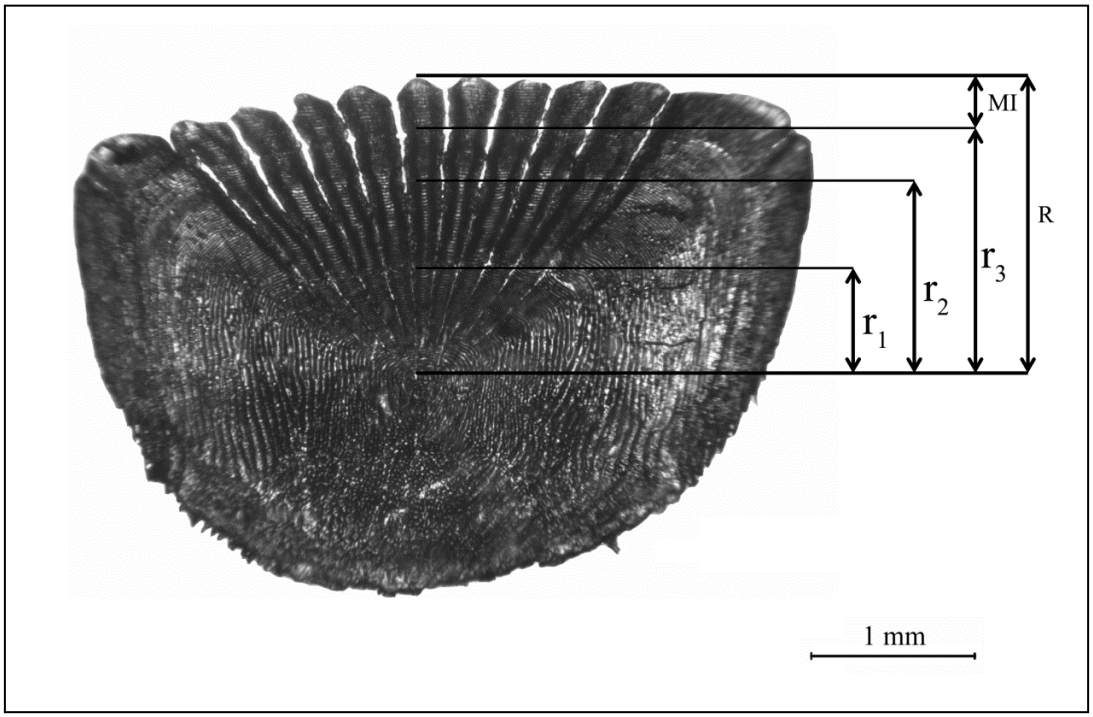


Figure 20. Écailles de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ, avec les mesures de l'accroissement marginal (AM) (R_1, R_2, R_3 : rayons des 1er, 2ème et 3ème lignes d'arrêt de croissance, R : rayon de l'écaille.

2.3.1. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson

La régression linéaire de la longueur totale du poisson (L_t) en fonction du rayon de l'écaille (R) est exprimée par l'équation suivante: $L_t = 2{,}54\ R + 1{,}80$ (mm) ($r = 0{,}76$; P 0,001), où la valeur de l'ordonnée à l'origine (b = 1,80 mm) correspond à la taille mathématique corporelle des alevins à l'apparition des premières écailles.

2.3.2. Accroissement marginal des écailles

L'évolution de l'allongement marginal des écailles au cours d'un cycle annuel montre que les valeurs les plus élevées sont observées en avril-mai (AM = 0,20 ± 0,18 mm pour la population totale, de 0,22 ± 0,16 pour les individus de 1 ans, de 0,25 ± 0,24 pour les individus de 2 ans et de 0,19 ± 0,10 pour les individus de 3 ans) (Fig. 21 et Tab. 9, annexe 2). Ces valeurs maximales sont suivies par une chute brusque à son minimum en juin-juillet (0,11 ± 0,09) pour la population totale.

La comparaison des valeurs moyennes mensuelles successives de l'accroissement marginal par le test de ANOVA montre des différences significatives (P 0,001) entre les mois d'avril et juin (F = 64,31). Nous pouvons donc considérer que les anneaux d'arrêt de croissance ont une périodicité de dépôt annuelle. La valeur de l'accroissement marginal est maximal en avril donc l'anneau d'arrêt de croissance se forme en avril.

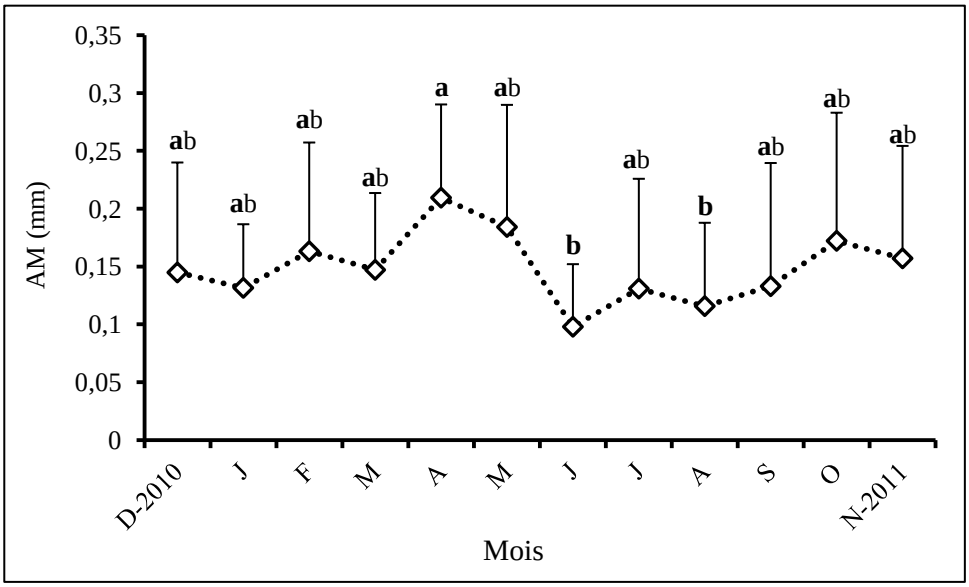


Figure 21. Évolution de l'accroissement marginal (AM) mesuré sur les écailles de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ. La différence des lettres indique une différence significative entre les points.

2.4. Estimation de l'âge

2.4.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de retro-calcul)

La détermination des âges individuels des poissons par scalimétrie a permis d'établir une clé âge-longueur par sexe (Tab. 8). L'échantillon analysé est constitué en majorité d'individus des groupes d'âge 2 (62,56 %) chez les femelles, 3 (47,46 %) ans pour les mâles, tandis que les individus des groupes d'âge de 1 ans sont plus rares pour les femelles, principalement l'âge 1 ans qui représente 2,23 % de l'échantillon. 3 groupes d'âge (de 1 à 3 ans), répartis en classes de tailles d'amplitude égale à 0,3 cm ont été déterminés. Le tableau 9 résume les résultats des longueurs moyennes rétro-calculées pour chaque âge chez les mâles et chez les femelles.

La comparaison statistique des longueurs rétro-calculées ne montre aucune différence significative entre les femelles et les mâles. La longueur totale maximale observée dans les captures est de 10,1 (cm) pour un mâle de 3 ans et de 9,5 cm pour une femelle de 3 ans.

Tableau 8. Distribution des tailles réelles (en cm) dans les différents groupes d'âge (1, 2 et 3) d'après la lecture directe des écailles chez la population totale de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ. (Lt : longueur totale ; Pt : Poids total).

Classe de tailles (cm)	1		2		3		Effectifs	
	M	F	M	F	M	F	M	F
[3.6-3.9[	1	2					1	2
[3.9-4.2[	4	2					4	2
[4.2-4.5[	10						10	-
[4.5-4.8[	2		6	4			8	4
[4.8-5.1[			9	8			9	8
[5.1-5.4[			13	11			13	11
[5.4-5.7[			11	8			11	8
[5.7-6.0[			4	5			4	5
[6.0-6.3[			6	11			6	11
[6.3-6.6[			2	13			2	13
[6.6-6.9[			7	21		3	7	24
[6.9-7.2[			6	21	5	7	11	28
[7.2-7.5[			2	10	7	23	9	33
[7.5-7.8[					11	13	11	13
[7.8-8.1[					14	6	14	6
[8.1-8.4[					10	2	10	2
[8.4-8.7[					13	6	13	6
[8.7-9.0[					9	1	9	1
[9.0-9.3[					2		2	0
[9.3-9.6[					2	2	2	2
[9.6-9.9[					1		1	-
[9.9-10.2[					1		1	-
Total	17	4	66	112	75	63	158	179
%	10.75	2.23	41.77	62.56	47.46	35.19		
Moyenne (Lt)	4.26	4.28	5.73	6.28	8.17	7.64		
Ecart type	0.24	0.15	0.78	0.79	0.63	0.57		
Moyenne (Pt)	1.45	1.3	3.69	5	10.05	8.59		
Ecart type	0.37	0.11	1.71	1.86	2.82	4.72		

Tableau 9. Longueur totale (Lt en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance des écailles chez les femelles et les mâles de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ. (N : effectif ; LT : longueur totale ; M : moyenne ; E : écart-type).

Âge	LT1	LT2	LT3
Femelles			
I	N = 4 M = 5.00 Et= 0.42		
II	N = 111 M = 4.76 Et = 0.43	N = 111 M = 6.10 Et = 0.61	
III	N = 63 M = 5.65 Et = 0.45	N = 63 M = 6.49 Et = 0.69	N = 63 M = 7.10 Et = 0.39
Total	N = 178 M = 5.53 Et = 0.45	N = 174 M = 6.24 Et = 0.60	N = 63 M = 7.10 Et = 0.39
Mâles			
I	N = 17 M = 4.97 Et = 0.58		
II	N = 66 M = 5.11 Et = 0.58	N = 66 M = 5.93 Et = 0.78	
III	N = 75 M = 5.49 Et = 0.64	N = 75 M = 6.64 Et = 0.85	N = 75 M = 7.12 Et = 0.91
Total	N = 158 M = 5.27 Et = 0.66	N = 141 M = 6.64 Et = 0.89	N = 75 M = 7.12 Et = 0.91

2.4.2. Croissance linéaire absolue

L'application du modèle de Von Bertalanffy aux couples âge-longueur s'exprime par les équations suivantes: $L_t = 11{,}53\ (1\text{-}e^{-0{,}26\ (t + 0{,}04)})$ Pour les mâles, $L_t = 10{,}80\ (1\text{-}e^{-0{,}20\ (t + 0{,}06)})$ pour les femelles et $L_t = 11{,}60\ (1\text{-}e^{-0{,}28\ (t + 0{,}05)})$ pour les sexes confondus.

Les valeurs théoriques des longueurs correspondant à chaque âge sont représentées graphiquement dans la figure 22. La taille maximale théorique est de 6,48 cm pour les mâles,

6,07 cm pour les femelles et de 6,52 cm pour les sexes confondus. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles observées (8,17; 7,93 et 7,64 cm respectivement).

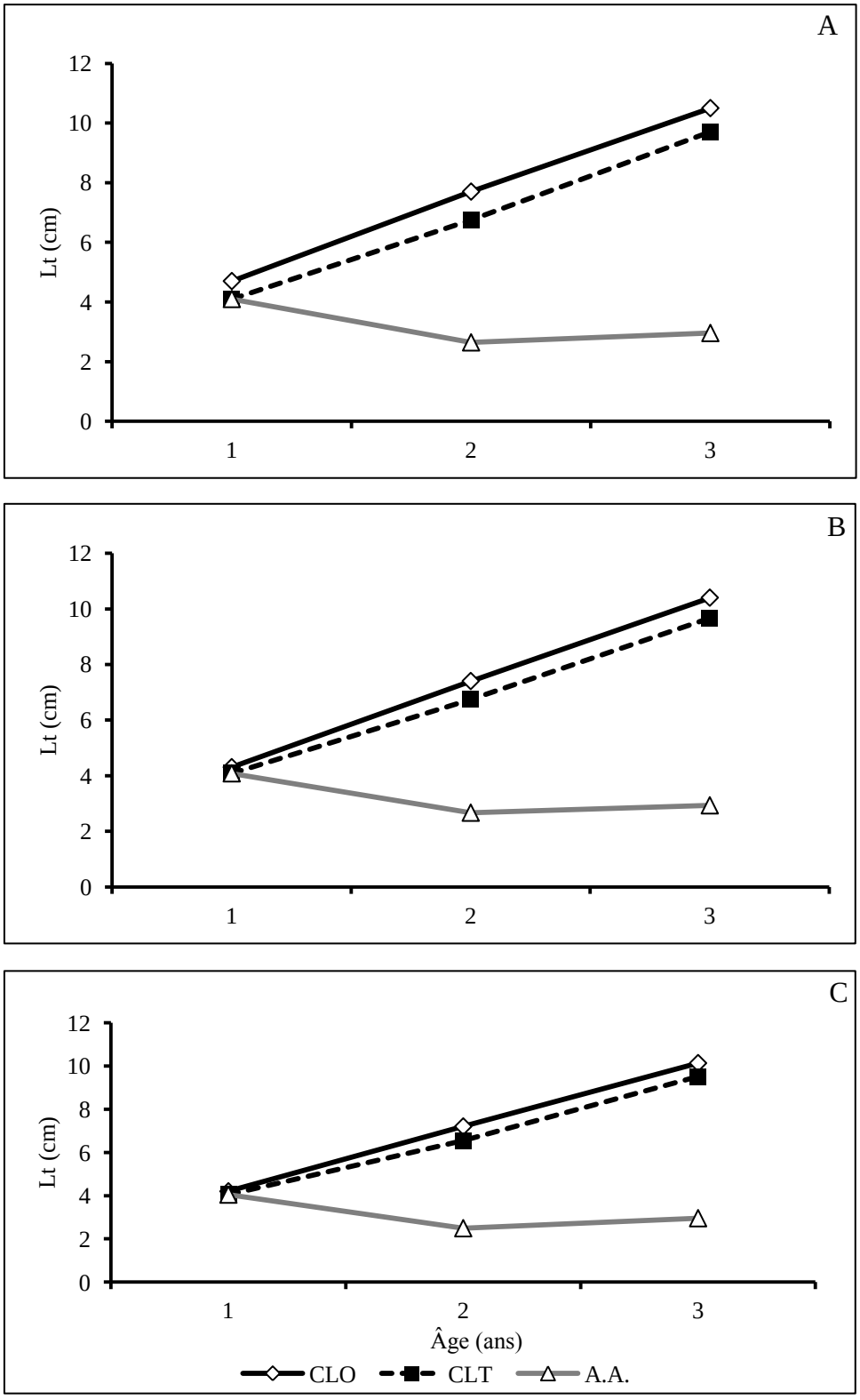


Figure 22. Croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ.

2.4.3. Relation taille-poids

Les résultats obtenus mettent en évidence une corrélation hautement significative entre la longueur totale du poisson et son poids éviscéré pour la population totale ($r = 0,94$; $P \leq 0,001$). Ils révèlent la présence d'une allométrie minorante pour les sexes confondus ($b = 2,8$) indiquant que la croissance pondérale du poisson évolue de la même manière que sa croissance linéaire.

Chez les mâles, La relation taille-poids est fortement corrélée ($r = 0,96$; $P \leq 0,001$) et montre une croissance d'allométrie majorant pour l'ensemble des mois d'échantillonnage ($b = 3,56$). La relation liant le poids éviscéré à la longueur totale des femelles montre également une corrélation significative ($r = 0,98$; $P \leq 0,001$) globalement une allométrie minorant de croissance ($b = 2,49$).

2.4.4. Croissance pondérale absolue

Connaissant le coefficient d'allométrie de la relation taille poids et les paramètres du modèle de Von Bertalanffy (L, K et t_0), les courbes de croissance pondérale absolue sont représentées graphiquement par la figure 23 (A, B et C) et exprimées par les équations suivantes: $P_t = 66,29\ (1-e^{-0,26\ (t + 0,04)})^{3,56}$ pour les mâles, $P_t = 16,36\ (1-e^{-0,20.\ (t + 0,06)})^{2,49}$ pour les femelles et $P_t = 25,04\ (1-e^{-0,28.\ (t + 0,05)})^{2,80}$ pour les sexes confondus.

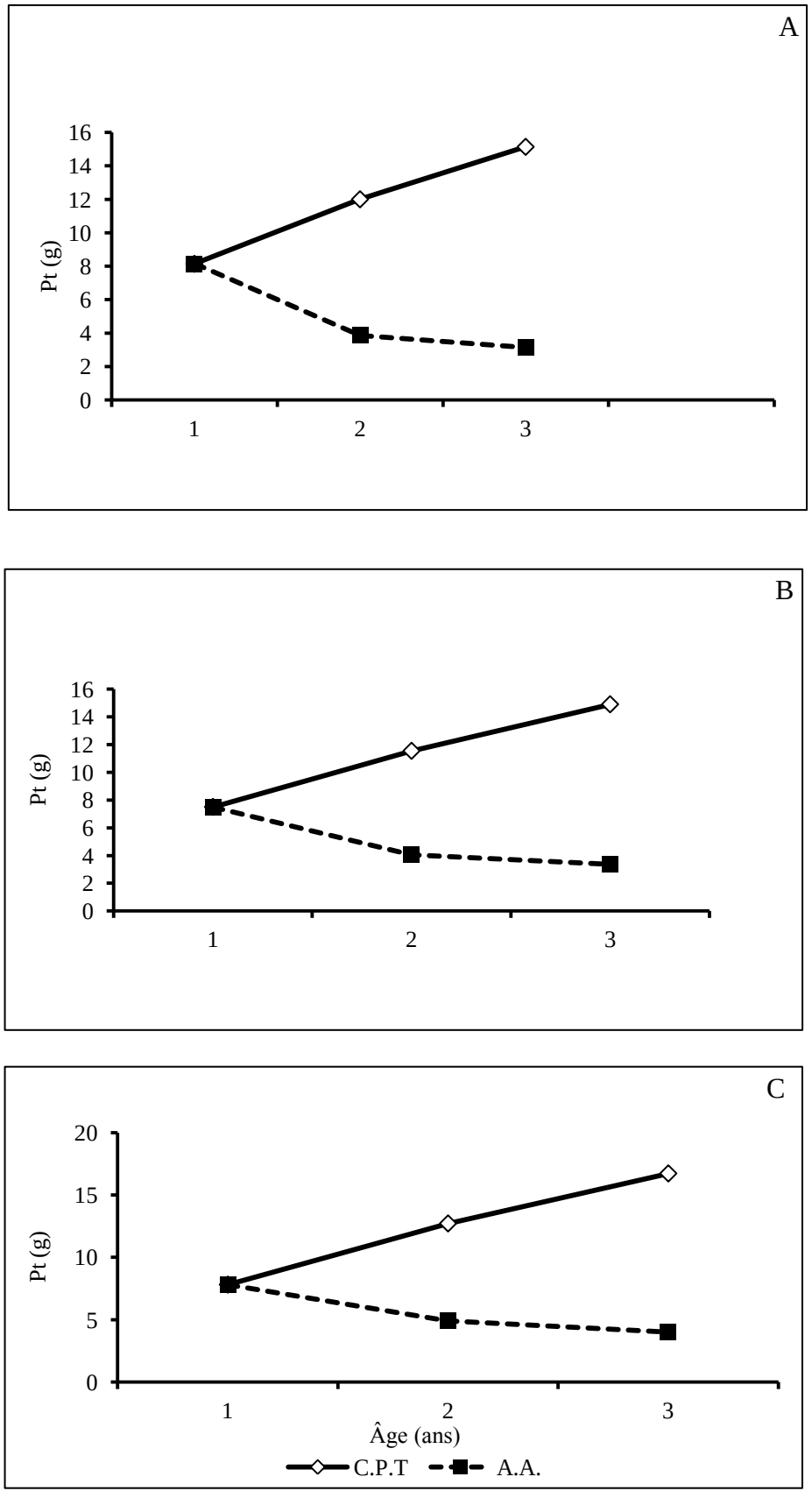


Figure 23. Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondéral théorique (A.A) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) de de *H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ.

3. Discussion

Les caractères métriques examinés présentent des coefficients de corrélation significatifs, traduisant leur forte relation avec la longueur totale (L_t) ou la longueur céphalique (L_c). La majorité de ces caractères (68,33%) ont une croissance plus rapide (allométrie majorante) que la longueur totale ou la longueur céphalique. L'isométrie de croissance est notée pour 15% des caractères. Quant aux autres caractères considérés, seul le diamètre de l'oeil présente une allométrie minorante, indiquant sa croissance moins rapide par rapport à la longueur céphalique. Le nombre de rayons de la nageoire anale a été estimé entre 7-9, quant à celui des écailles sur la ligne latérale, il a été de 25 à 29. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Le Berre (1989). En ce qui concerne les caractères numériques, la seule différence observée est celle au niveau du nombre des rayons durs.

Chez la femelle d'*H. bimaculatus* de la région d'Oued Righ, le RGS maximum et égal à 7,52%, tandis que celui des mâles ne dépasse pas 1,12%. Les mâles matures ne dépassent qu'exceptionnellement 2% (Paugy *et al*., 2006). Selon ce même auteur, on ignore toujours les raisons de cette différence dans l'investissement gonadique, néanmoins les mâles atteignent généralement la maturité avant les femelles et restent matures plus longtemps. Selon les variations du RGS, la maturation et la reproduction ont lieu dans la région d'Oued Righ de mars à juin, avec une période de repos pendant le reste de l'année. Elle se déroule à la même période en Côte d'Ivoire (Albaret, 1982) et dans la région de Kandole Shela au Nord du Nigeria (Hyslop, 1987). Le rapport hépato-somatique augmente à partir du mois d'août, en rapport avec l'intensification de l'activité alimentaire qui se traduit par un métabolisme hépatique actif. La première valeur maximale du RHS précède celle du RGS, et indique un transfert énergétique vers les gonades. En effet, les poissons qui réduisent leur activité alimentaire durant la maturation de leurs gonades, utilisent les nutriments issus des réserves endogènes situées dans le muscle, le tissu adipeux et le foie (Lal et Singh, 1987; Nassour et leger, 1989; Martin *et al*., 1993).

La taille à la première maturité de *H. bimaculatus* d'Oued Righ est de 4,5 cm pour les mâles et 5,7 cm pour les femelles. Ces valeurs sont différentes de celles trouvées en Inde 5,3 cm pour les femelles et 6,5 cm pour les mâles (Indira *et al.*, 2013). En Côte d'Ivoire, cette taille est de 4,5 cm chez les femelles (Albaret, 1982). Ces variations pourraient être liées aux facteurs environnementaux (température et latitude des secteurs de prélèvement). Pour un certain nombre d'espèce de poissons de la même famille, les mâles et les femelles mûrissent à des tailles différentes: *Tilapia niloticus* (Babiker et Ibrahim, 1979), *Tilapia zilli* (Dadzie et

Wangila, 1980), *Tilapia leucosticta* (Siddiqui, 2006), *Sarotherodon macrochir* (Marshall, 1979). On admet que la taille optimale pour la première maturation dépend de beaucoup de facteurs, y compris l'attribution relative de l'énergie et de la nourriture entre la croissance somatique et celle de la gonade (Mazzoni et Caramaschi, 1995).

Les valeurs de l'accroissement marginal des écailles suggèrent la formation d'un seul anneau d'arrêt de croissance en mai, devenant apparent en juin. Cette période d'une croissance plus lente peut résulter de l'activité gamétogénétique intense entre février et avril. Man et Hodgkiss, (1977) ont constaté que la formation d'anneaux est induite par la baisse de la croissance due à une baisse de l'intensité d'alimentation, mais également par les périodes de faible température de l'eau qui sont observées dans notre secteur pendant le mois de février (15,4°C) et mars (18,9°C).

La durée de vie de *H. bimaculatus* dans la région de Oued Righ est relativement courte (3 ans). Environ 21 % des individus pêchées appartiennent au groupe d'âge 1, 44,5 % au groupe d'âge 2 et 34,5 % au groupe d'âge 3. Sa taille s'étend de 3,6 à 10,2 cm. Comme rapporté par Indira *et al.* (2013), la longévité peut atteindre 5 ans. La croissance de cette espèce est correctement décrite par le modèle de Von Bertalanffy. Malheureusement, et dans la mesure de nos connaissances, les données de croissance sur le genre *de Hemichromis* n'existent pas, ainsi les comparaisons ne sont pas possibles.

Le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids (b = 2,80) indique une allométrie minorante de croissance. Cette valeur est sensiblement égale à celle enregistrée en Côte d'Ivoire (b = 2,88) (Lévêque, 2006) et dans le lac Eleiyele au Nigéria (b = 2,14) (Ayoade et Ikulala, 2007). Ces variations pourraient être attribuées à divers facteurs qui pourraient affecter la croissance des poissons, comme la saison, l'habitat, la maturité gonadique, le sexe, la réplétion stomacale et l'effet secteur/saison (Nikolsky, 1963;Tesch, 1968).

Conclusion

Cette étude nous a permis de recueillir quelques informations sur la morphologie, la reproduction et la croissance de l'*Hemichromis bimaculatus* d'Oued Righ. Les valeurs numériques obtenues sont proches ou égales de celles rapportées par la littérature. La longueur maxillaire (Lms), longueurs pré-orbitaire (LPo), diamètre orbitaire (Do), espace inter-orbitaire (Eio) et espace inter-narine (Ein) présentent toujours une allométrie majorante aussi bien chez la population totale que chez les sexes séparés.

Le suivi mensuel de l'allongement marginal des écailles montre qu'il ne se forme qu'un seul anneau d'arrêt de croissance par an, en avril. Par rétro-calcul des tailles aux différents âges, trois cohortes ont été identifiées chez chaque sexe. L'ajustement du modèle de Von Bertalanffy aux données âge-longueur obtenues est satisfaisant avec $L\infty = 11,67$ cm, $K = 0,2$, $to = -0,5$. La relation taille-poids est décrite par l'équation $Pt = 0,026\ Lt^{2,803}$.

L'examen macroscopique des gonades et le suivi des variations mensuelles du rapport gonado-somatique indiquent que la reproduction a lieu une fois par an, entre Février et Juillet, avec un pic en Mai. Le RGS atteint un maximum de 1,12% chez les mâles et de 7,52% chez les femelles. La longueur des poissons à la première maturité sexuelle est de 4,25 cm pour les mâles et de 5,75 cm pour les femelles.

Chapitre 2.

Biologie et dynamique de l'Aphanius de Corse *A. fasciatus* (Nardo, 1827) de la région de l'Oued Righ

Introduction

Le genre *Aphanius* est composé de 20 espèces connues (Kottelat et Freyhof, 2007), qui sont distribuées le long de l'ancienne côte de la mer Tethys (Kosswig, 1967; Villwock, 1999). En Méditerranée, il est composé de pas moins de neuf espèces, parmi lesquelles cinq espèces en Afrique du nord (*A. apodus*, *A. desioi*, *A. dispar dispar*, *A. saourensis* et *A. fasciatus*) (Garcia *et al*., 2010), soit quatre en Algérie ; *Aphanius apodus*, *Aphanius saourensis*, *Aphanius iberus* et *Aphanius fasciatus* (Blanco *et al*., 2006; Kara, 2012).

Les habitats les plus communs de l*'A. fasciatus* sont les eaux de transition (lagunes et estuaires) (Bianco, 1995) et une variété d'eaux douces et saumâtres (Maitland, 2000). Fortement eurytherme et euryhaline, elle tolère des salinités autour de quatre à cinq fois supérieure à celle de la mer (Bianco, 1995 ; Doadrio, 2002).

Aphanius fasciatus se reproduit à partir d'avril jusqu'à septembre (Leonardos et Sinis, 1998). Son régime alimentaire est composé d'invertébrés, particulièrement des crustacés et des larves d'insectes (Maitland, 2000).

Une riche littérature scientifique aborde la morphologie d'*A. fasciatus* en Méditerranée (Boumaiza, 1980; Penaz et Zaki, 1985; Tigano et Ferrito, 1985; Tigano et Parenti, 1988; Tigano, 1991; Parenti et Tigano, 1993; Tigano *et al.*, 1999; Tigano *et al.*, 2001; Ferrito *et al.*, 2007; Kessabi *et al.*, 2012; 2013) et la génétique (Maltagliati 1998a, 1999; Maltagliati, 2002; Cimmaruta *et al.*, 2003; Pappalardo *et al.*, 2008; Messaoudi *et al.*, 2009; Annabi *et al.*, 2012; Ferrito *et al.*, 2013; Annabi *et al.*, 2013). Par contre, rares sont les recherches sur son écologie, sa biologie et la dynamique de ses populations. Dans la Méditerranée orientale, on connait seulement les travaux de Leonardos et Sinis (1998, 1999a, 1999b) qui se sont intéressés à la croissance et la reproduction de cette espèce dans le système lagunaire de Messolonghi en Grèce, tandis que Leonardos (2008) a étudié son écologie et son régime alimentaire dans le même environnement. En Méditerranée occidentale, on ne peut citer que le travail préliminaire de Boumaiza (1994) sur la morphologie et les variations mensuelles du rapport gonado-somatique dans les Oasis du sud tunisien.

Cette étude fournit des données préliminaires sur la biologie de l'espèce *A. fasciatus* en milieu aride, le lac Ayata. Ces résultats permettront de réaliser des comparaisons intéressantes avec les populations côtières, notamment celles issues des lagunes, principaux habitats de cette espèce. Ils permettront par ailleurs de comprendre l'impact éventuel des changements climatiques sur l'histoire de vie de cette espèce.

1. Matériel et méthodes

1.1. Echantillonnage

Les échantillons traités ont été pêchés mensuellement dans le lac Ayata entre novembre 2010 et novembre 2011. 1868 individus de longueur totale (Lt) entre 16,7 et 60,2 mm et de poids total (Pt) entre 0,04 et 26,8 g ont été examinés. La pêche est réalisée à l'aide d'une senne de plage (L = 10 m, maille = 4 mm) (voir figure 6, partie II).

1.2. Morphométrie

1.2.1. Caractères métriques

L'étude morphologique porte sur 210 individus de longueur totale comprise entre 21 et 61 mm. Elle tient compte de 21 caractères métriques (Fig. 24). Les mesures sont prises au millimètre près et sont exprimées en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur de la tête (Lc). Les mesures sont effectuées au millimètre près à l'aide d'un pied à coulisse. Chaque longueur est rapportée à la taille totale de l'individu (Lt) ou à celle de sa tête (Lc) par une équation de régression de type axe majeur réduit de Teissier, préconisée par Daget (1976). Le coefficient de corrélation " r " est calculé et le type d'allométrie est déterminé en utilisant le test " t " de Student (Dagnelie, 1975).

$$t_{obs} = \frac{\left|b^2 - 1\right|\sqrt{n-2}}{2b\sqrt{1-r^2}}$$

où:
b: pente;
r: coefficient de corrélation;
n: effectif.

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de " t " théorique: $t_{1-\alpha/2}$ (donnée par la table de Student) où α représente le seuil de confiance au risque d'erreur de 5% (α = 0,05) pour un nombre de degrés de liberté égal à n - 2.

Si $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$, la différence entre les 2 paramètres mesurés n'est pas significative et la valeur b = 1. Il y a donc isométrie (ou allométrie simple) entre les deux paramètres étudiés.

Si $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$, la différence entre les 2 paramètres mesurés est significative. Il y a donc une allométrie minorante (négative) si b < 1 ou majorante (positive) si b > 1.

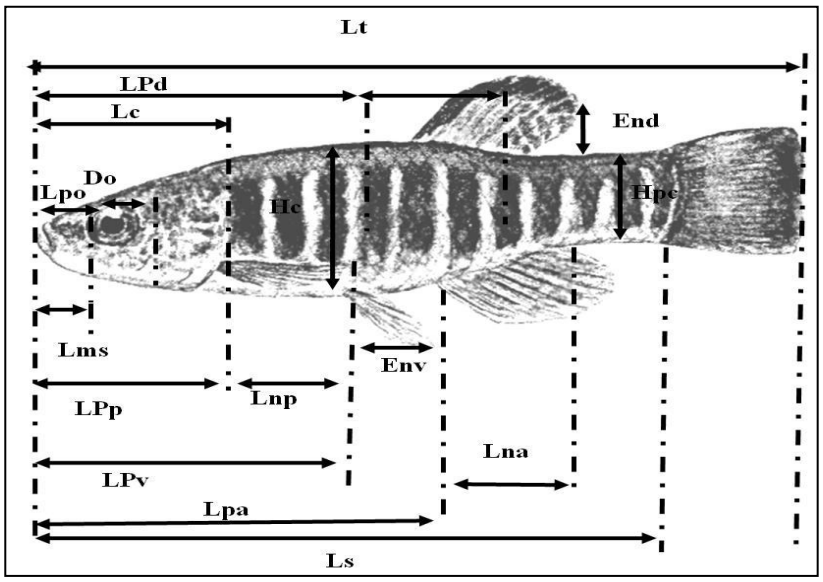


Figure 24. Différentes mensurations prises sur *l'Aphanius fasciatus* du lac Ayata.

Lt : la longueur totale.
Lc : la longueur céphalique.
Lnp : la longueur pectorale.
Lna : la longueur anale.
LPd : la longueur pré- dorsale.
LPv : longueur pré- ventrale.
Lpc : longueur pédonculaire caudale.
Hpc : la hauteur du pédoncule caudal.
Lms : la longueur du maxillaire supérieur.
Eio : l'espace inter-orbitaire.
Eio : espace inter-narine.
Ls : la longueur standard.
Lnd : la longueur dorsale.
Env : étendus ventrale.
End : étendus dorsale.
LPp : la longueur pré- pectorale.
Lpa : la longueur préanale.
Hc : hauteur du corps.
Ec : l'épaisseur du corps.
Do : le diamètre de l'orbite.
Lpo : la longueur pré-orbitaire.

1.2.2. Caractères méristiques ou (numériques)

Les caractères numériques étudiés sont le nombre de branchiospines sur l'arc branchial gauche, le nombre d'écailles sur la ligne latérale, le nombre de rayons durs et mous des nageoires dorsale, anale et ventrale, le nombre de rayons des nageoires pectorales et enfin le nombre des vertèbres.

Le nombre de branchiospines est déterminé à l'œil nu chez les adultes et sous une loupe binoculaire chez les jeunes individus. Pour qu'elle soit prise en considération, une branchiospine doit être capable de retenir une aiguille appuyée le long de l'arc branchial.

Les rayons durs se distinguent aisément des rayons mous par leur structure très ossifiée et pointus à leur extrémité distale. Pour éviter toute erreur de comptage, les rayons mous sont comptés à partir de leur base.

1.3. Reproduction

1.3.1. Sex-ratio

La répartition numérique des sexes ou sex-ratio (SR) est un indice biologique important, car la proportion des mâles et des femelles peut affecter le succès reproductif. Elle est exprimée par la relation suivante:

$$SR = \frac{NM}{NM + NF} \times 100 \text{, où :}$$

NM : nombre des mâles;

NF : nombre des femelles.

L'écart des valeurs observées de la sex-ratio par rapport à la proportion théorique 50% est évalué par un test de khi-deux (x^2) (Dagnelie, 1975); l'hypothèse nulle H_0: sex-ratio = 50% est testée par le calcul de la quantité:

$$\chi^2_{obs} = \left(\frac{m^2}{F} + \frac{f^2}{F} \right) - n \text{ , où :}$$

m: nombre de mâles;

f: nombre de femelles;

n = m+f: nombre des mâles et des femelles dans l'échantillon;

F = n/2: fréquence absolue théorique pour chaque sexe.

1.3.2. Rapport gonado-somatique ou RGS

La taille des gonades est un critère souvent utilisé dans les échelles macroscopiques de développement des ovaires ou des testicules. Devant l'incertitude du diagnostic de ces échelles, une mesure plus objective mettant en relation le poids des gonades et celui du corps a été introduite, le rapport gonado-somatique (RGS). En plus d'indiquer le stade de développement des gonades, la forme de la courbe d'évolution annuelle du RGS peut aussi donner une indication sur la stratégie et la période de ponte d'une espèce (West, 1990 ; Mahé *et al*., 2005). Le RGS est calculé mensuellement pour chaque individu en utilisant l'expression suivante:

$$RGS = \frac{P_g}{P_e} \times 100 \text{ , Où :}$$

Pg: poids des gonades;

Pe: poids éviscéré du poisson.

1.3.3. Rapport hépato-somatique ou RHS

Chez les poissons, le foie joue un rôle important dans les processus liés à l'élaboration des produits génitaux. Il a été démontré chez les femelles de certains poissons que cet organe est responsable de la synthèse de la vitellogénine, principale protéine précurseur du vitellus des œufs (Nunez, 1985). Le rapport hépato-somatique (RHS) est égale à cent fois le poids du foie sur le poids éviscéré du poisson (Bougis, 1952):

$$RHS = \frac{P_f}{P_e} \times 100 \text{ , où :}$$

Pf: poids du foie;

Pe: poids du corps éviscéré.

Son évolution saisonnière permet de quantifier les variations pondérales du foie au cours du cycle reproducteur.

1.3.4. Coefficient de condition (K)

La détermination du coefficient de condition (également appelé coefficient de condition, facteur de condition, index de condition) est faite à partir d'une relation poids-longueur ; les poissons les plus lourds, dans un intervalle de taille considéré, sont supposés être en meilleure condition ; c'est un indicateur de la « fitness » de la population (Bolger et Connolly, 1989). Il est notamment plus faible après la reproduction. Il peut varier en fonction des saisons, de la taille, de l'âge et de l'état de maturation des gonades. Compte tenu du caractère isométrique (b = 3) de la relation taille-poids, le coefficient composite de Fulton (1911) est utilisé pour exprimer la condition des poissons:

$$K = \frac{a \cdot L_t^{\,b}}{L_t^{\,3}} \times 100 \ , \qquad \text{où :}$$

L_t : longueur totale;

P_t : poids total;

b : coefficient d'allométrie.

Lorsque le coefficient d'allométrie b n'est pas significativement différent de 3, K reflète uniquement l'influence des conditions écologiques (température, nourriture) et physiologiques (état d'engraissement, maturité sexuelle) ou strictement ontogénique et exclue l'effet de l'allométrie de croissance.

Les valeurs moyennes mensuelles de RGS, RHS et l'indice de condition sont comparées en utilisant le test ANOVA qui est la comparaison multiple des moyennes. Ainsi, les groupes homogènes ou de moyennes identiques sont différenciés à l'aide des lettres alphabétiques pour caractériser chaque groupe.

1.3.5. Taille à la première maturité sexuelle

La taille à la première maturité sexuelle est estimée d'après l'évolution du pourcentage des poissons matures en fonction de leur longueur totale, en période de reproduction. Il s'agit de la taille à laquelle 50 % des individus présentent des signes d'activité sexuelle (gonades bien développées) (Rikhter et Efanov, 1976). La fréquence des différents états sexuels (juvéniles, mâles, femelles) est exprimée également en fonction de la taille des poissons pêchés au cours de la saison de

reproduction. L'intervalle de maturité sexuelle "Im" est défini comme l'intervalle de taille correspondant à la transformation pubère. Sa limite inférieure est la taille pour laquelle il y a au moins 25% d'individus immatures (L25) et sa limite supérieure est celle pour laquelle il y a au moins 75% d'adultes (L75) aptes à se reproduire (Loubens, 1980).

1.4. Etude de l'âge

L'âge peut être déterminé directement par lecture des pièces anatomiques : écailles (scalimétrie), otolithes (otolithométrie), des os (squelettochronologie), ou indirectement par méthode statistique en étudiant la distribution d'un caractère mesurable quelconque (caractère métrique), et la répartition de cette distribution en classe d'âge (Do-Chi, 1977). Comme, il peut être déterminé aussi par le marquage (Micha, 1971; Daget et Le Guen, 1975).

1.4.1. Ecailles et scalimètrie

L'observation des écailles, squelette dermique des poissons, a été la première technique utilisée (Lee, 1920) et reste encore la plus fréquente (Philippart, 1971; Ricker, 1971; Bagenal, 1973; Hunt et Jones, 1975; Arrignon, 1976; Meunier, 1988). En effet, cette méthode présente une grande facilité de prélèvement, de préparation et de lecture. De même, elle s'est avérée plus précise pour certains poissons.

1.4.2. Prélèvement, stockage et examen des écailles

Les écailles sont certainement les structures les plus simples à extraire. Elles peuvent être prélevées avec soin directement à l'aide de pinces fines, même sur les poissons vivants. Après leur prélèvement, les écailles ont été nettoyées à l'eau courante, la méthode de montage la plus simple consiste à bloquer les écailles entre deux lames de microscopie. Les écailles sont d'abord réhydratées (dans de l'eau ou de l'alcool dilué) et elles sont alors placées directement sur une lame de microscopie référencée (Panfili *et al*., 2002).

Le prélèvement des écailles s'est effectué sur un échantillon de 410 individus de longueur totale comprise entre ($16,7 \leq Lt \leq 60,2$ mm, $6,7 \leq R \leq 18,1$ mm). Les écailles d'*Aphanius fasciatus* ont été placées entre deux lames en verre et ont été photographiées avec un appareil-photo numérique couplé à un microscope binoculaire. Les photographies prises ont été digitalement traitées et employées pour

le calibrage, les mesures et la quantification des incréments de croissance des structures calcifiées.

Le traitement numérique a été facilité par le logiciel TNPC v. 5. (Fablet et Ogor, 2005). Le logiciel a mesuré la distance entre le nucléus et les différents rayons de croissance correspondants aux zones translucides sous la lumière transmise (Panfili, 2002).

1.4.3. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson

Pour estimer l'âge par la méthode scalimétrique, nous avons tout d'abord vérifié si l'écaille croit uniformément avec la longueur du corps. Cela nous a permis d'établir une relation permettant d'apprécier la taille des alevins au moment de la formation des premières écailles. Le rayon de l'écaille (R_t) est mesuré suivant l'axe antéro-médian. Pratiquement, ce sont les rayons plus que les diamètres qui sont utilisés; l'axe de mesure variant selon les espèces. Dans notre cas, le rayon de l'écaille (R_t) est exprimé en millimètre à l'aide d'un logiciel TNPC v. 5. (Fablet et Ogor, 2005). Le coefficient de corrélation (r) liant le rayon de l'écaille et la taille du poisson est calculé.

Pour définir le mode d'association de ces derniers avec la longueur du poisson, nous avons calculé leur coefficient de corrélation (r), par la méthode des moindres carrés. L'équation de la droite représentative de tous les points, à partir de 380 couples de données est déterminée selon l'équation suivante:

$$L = aR + b \quad \text{avec:}$$

L_t: longueur totale du poisson (mm);
R: rayon de l'écaille du poisson (mm);
a: pente de la droite de régression;
b: longueur du poisson à l'apparition des premières écailles.

Une fois le rayon de l'écaille connu, le passage à la taille du poisson devient facile et inversement.

1.4.4. Périodicité de la formation d'anneau d'arrêt de croissance par les écailles

Compte tenu de l'importance de la périodicité du dépôt des anneaux, qui conditionne à travers la connaissance de l'âge celle de presque toute la biologie de l'espèce, il nous a paru essentiel de suivre et de préciser ce processus.

Plusieurs études ont examiné les relations entre la formation des accroissements et des facteurs environnementaux spécifiques: un certain nombre de facteurs de synchronisation possibles ont donc été proposés. Pannella (1980) a suggéré que la périodicité des accroissements pouvait être liée au nombre de pics de l'activité alimentaire. La fréquence de l'alimentation a été rapportée comme influençant la périodicité des accroissements chez quelques espèces.

Ces variations temporelles ont été également suivies, afin de mettre en évidence d'éventuelles périodes de ralentissement de la croissance. Cet accroissement marginal s'exprime par la relation:

$$AM = \frac{(R - R_n)}{(R_n - R_{n-1})}, \quad \text{où :}$$

AM: accroissement marginal de l'écaille (mm);
R: rayon total de l'écaille (Re) (Ro) (mm);
R_n: rayon du dernier anneau d'arrêt de croissance formé (mm);
R_{n-1}: rayon de l'anneau qui précède R_n (mm).

1.5. Estimation de l'âge

1.5.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de retro-calcul)

Après avoir démontré l'existence d'une relation linéaire entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson, les couples âge-longueur ont été rétro-calculés par la méthode de Lee (1920) dont le principe est le suivant: chaque fois qu'une zone de moindre croissance s'inscrit sur l'écaille, la distance du nucleus à cette zone est proportionnelle à la longueur du poisson lors de la formation de cette dernière. Si e_i représente le rayon de l'écaille à l'époque "i" de formation du $i^{ème}$ anneau hivernal, la taille Li du poisson atteinte à cette époque lui est reliée par l'expression:

$$Li = (L \cdot e_i \quad / E) + b$$

L: longueur du poisson (en mm) mesurée à la capture;
E: rayon (en mm) de l'écaille à la capture du poisson.

Lee (1920) pense que le raisonnement de Lea n'est pas représentatif de la réalité, puisque le poisson a déjà une certaine taille lorsque l'écaille apparaît. Il

rectifie l'équation de Lea par un terme correctif "b" correspondant à la taille du poisson au moment de la formation de ses écailles. Son équation devient:

$$Li \ / e_i = L \ / E \quad \text{d'où} \quad Li = L \cdot e_i / E$$

La valeur "b" est égale à l'ordonnée à l'origine de la droite de régression figurant la relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson.

1.5.2. Croissance linéaire absolue

Pour la présente étude, on s'intéresse au modèle mathématique de croissance individuelle élaboré par Von Bertalanffy (1938), qui est le plus utilisé puisqu'il a été démontré qu'il est, d'une part conforme à la croissance observée de la plupart des espèces de poissons et, d'autre part qu'il sert de sous modèle dans des modèles plus complexes décrivant la dynamique des populations des poissons (Sparre et Vienema, 1996).

Usuellement, le modèle de Von Bertalanffy (1938) s'adapte le mieux pour exprimer la croissance individuelle en longueur et en masse. Généralement, le développement mathématique aboutit à l'expression finale qui représente l'équation de croissance linéaire absolue:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K (t - to)}] \text{ où:}$$

L_t: longueur totale à l'âge t (cm);

L_∞: longueur asymptotique ou longueur théorique maximale (cm);

K: taux de croissance ou coefficient instantané de la croissance (K > 0);

to: âge théorique (année) que le poisson aurait eu à la taille zéro ($L_t = 0$).

Seul K a une signification biologique précise, puisque ce coefficient représente la diminution de la vitesse de croissance lorsque la taille augmente. L'expression mathématique de Von Bertalanffy (1938) fait apparaître trois paramètres d'ajustement L_∞, to et K qui sont déterminés dans le cas présent à l'aide du logiciel Fishparm (version 3.0) (Saïla *et al.*, 1988).

1.5.3. Relation taille-poids

L'étude de la relation taille-poids répond généralement à deux objectifs : la détermination du poids des individus dont on connaît la taille ou inversement et la description des formes, de l'embonpoint et de ses variations au cours de la croissance. Chez la plupart des poissons, la relation liant la taille au poids est une fonction exponentielle de type:

$$P_t = a.\ L_t^b \text{ où:}$$

P_t : poids total (g);

L_t : longueur totale (cm);

a: constante;

b: coefficient d'allométrie.

Linéarisée, cette relation devient:

$$\text{Log } P_t = b \text{ Log } L_t + \text{Log } a$$

La valeur "b" est comparée statistiquement à 3 au risque d'erreur de 5%. Lorsque l'écart de "b" par rapport à 3 n'est pas significatif, la croissance du poids par rapport à la longueur est "isométrique"; dans le cas contraire, cette croissance est "allométrique", majorante si $b > 3$ et minorante si $b < 3$.

1.5.4. Croissance pondérale absolue

La courbe théorique de croissance pondérale résulte de la combinaison entre l'équation de croissance linéaire d'une part, et celle de la relation taille-poids d'autre part. En effet, à partir de l'équation de croissance linéaire et la relation taille-poids on aboutit à l'équation de la croissance pondérale de Von Bertalanffy (1938) suivante:

$$P_t = P_\infty \left[1 - e^{-K\,(t - to)}\right]^b \text{ où:}$$

P_t: poids total du poisson à l'âge t (g);

P : poids asymptotique ou poids théorique maximal (g);

b: pente de la droite exprimant la relation taille-poids;

K et t_0 sont identiques à ceux de l'équation de la croissance linéaire absolue.

2. Résultats

2.1. Morphométrie

2.1.1. Caractères méristiques

L'analyse des caractères numériques de la population totale (N = 210) d'*Aphanius fasciatus* a montré que le nombre moyen d'écailles de la ligne latérale est égale à 26,25 ± 0,50. Les valeurs individuelles évoluent entre 25 et 27 écailles sur la ligne latérale avec un mode de 23. Le nombre de branchiospines varient respectivement entre 11et 12, la moyenne et le mode étant respectivement de 11,15 ± 0,36 et 11.

Les rayons des nageoires dorsales et anales comportent respectivement 10 à 12 (mode = 10 ; moyenne = 10,48 ± 0,75) et 8 à 9 (mode = 8 ; moyenne = 8,11 ± 0,31), puis 14 à 15 (mode = 14 ; moyenne = 14,10 ± 0,30) et 6 à 8 (mode = 7 ; moyenne =6,93 ± 0,49) rayons des nageoires pectorales et ventrales. Le nombre des barres comportent respectivement 3 à 16 (mode = 11 ; moyenne = 10,82 ± 2,53), et le nombre des vertèbres est égal à 23.

La figure 25 illustre les valeurs moyennes des caractères numériques chez *A. fasciatus* du lac Ayata. Le tableau 10 de l'annexe 2 regroupe l'ensemble des données de ces caractères numériques étudiés chez cette espèce.

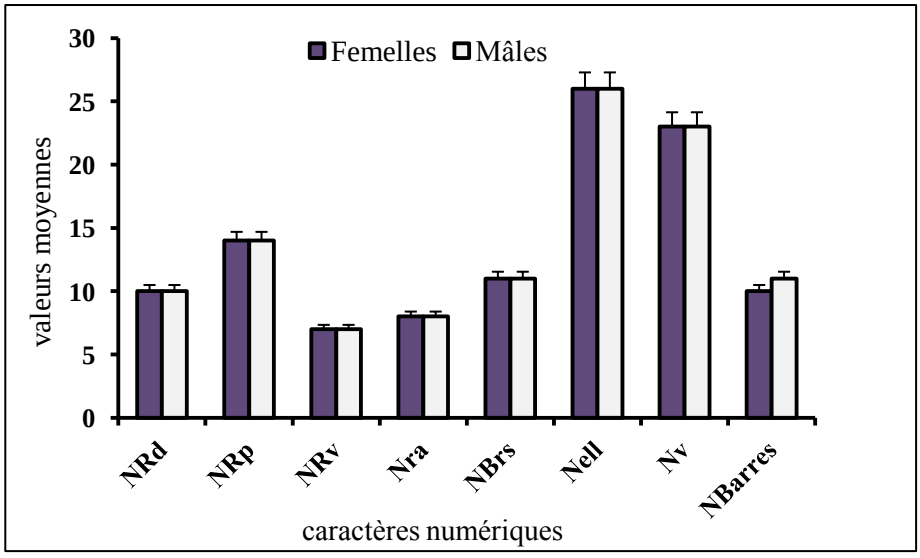


Figure 25. Valeurs moyennes des caractères numériques chez *A. fasciatus* du Lac Ayata. NRd: nombre des rayons de la nageoire dorsale, NRp: nombre des rayons de la nageoire pectorale, NPv : rayons de la nageoire ventrale, NRa: rayons de la nageoire anale, NBrs : nombre des branchiospines, NEL : nombre des écailles sur la ligne latérale, Nv : nombre des vertèbres.

2.1.2. Caractères métriques

Le tableau 11 en annexe 2 montre que tous les paramètres mesurés sont significativement corrélés à la longueur totale ou à la longueur de la tête ($0,71 \leq r \leq 1,00$; $P \leq 0,001$). Six rapports présentent une allométrie de croissance majorante: Ls/Lt, Lnd/Lt, Lpd/Lt, LPp/Lt, Hc/Lt et Ec/Lt alors que L'isométrie de croissance ne concerne que Lc/Lt, Lpa/Lt et Hpc/Lt. L'allométrie minorante est mise en évidence dans le cas de dix caractères: Lnp/Lt, Env/Lt, Lna/Lt, End/Lt, LPv/Lt, Do/Lc, Lpo/Lc, Lms/Lc, Eio/Lc et Ein/Lc.

2.2. Reproduction

2.2.1. Sex-ratio

Le sexe-ratio global est de l'ordre de 62,85% (1147 femelles, 721 mâles) et est en faveur des femelles (Fig. 26). L'évolution du sex-ratio en fonction de la taille (Fig. 27; Tab. 12 en annexe 2) montre que les femelles ont dominé de manière significative aux centres de classes 1,75; 2,25; 4,35 et 6,15 centimètres. Les mâles étaient les plus abondants aux centres de classes 3,15 et 3,75 cm ($SR = 1,08$; $\chi^2_{obs} = 0,11$; $p > 0,05$).

Selon la saison, le sexe-ratio est habituellement en faveur des femelles durant toutes les saisons ($SR = 0,62$; $\chi^2_{obs} = 97,14$; $p > 0,05$). Le pourcentage des femelles était le plus haut en été (59,27%) et le plus bas au printemps (52,29%) (Fig. 28; Tab. 13 en annexe 2). La figure 29 présente une gonade femelle volumineuse échantillonnée en mois d'avril.

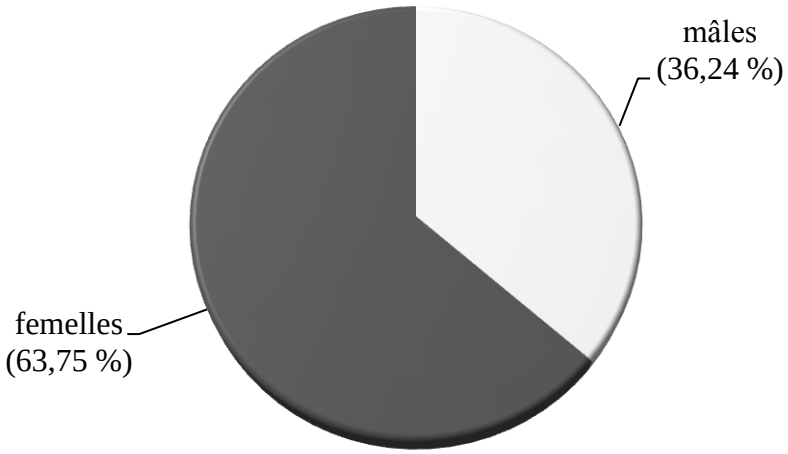


Figure 26. Structure de la population d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata.

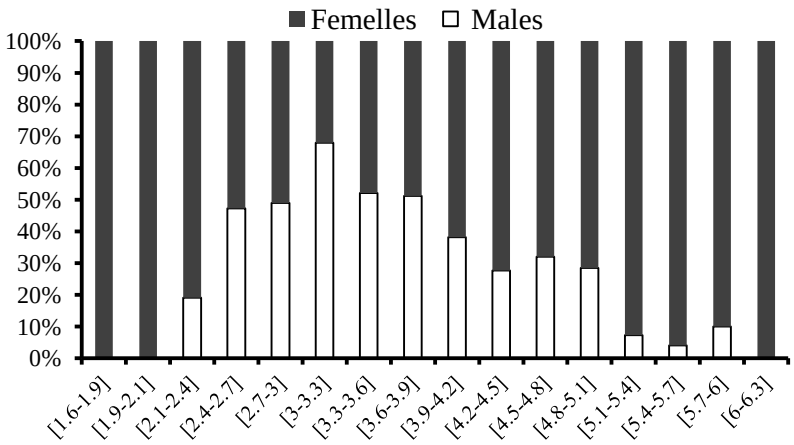


Figure 27. Évolution du sex-ratio en fonction des classes de tailles d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata.

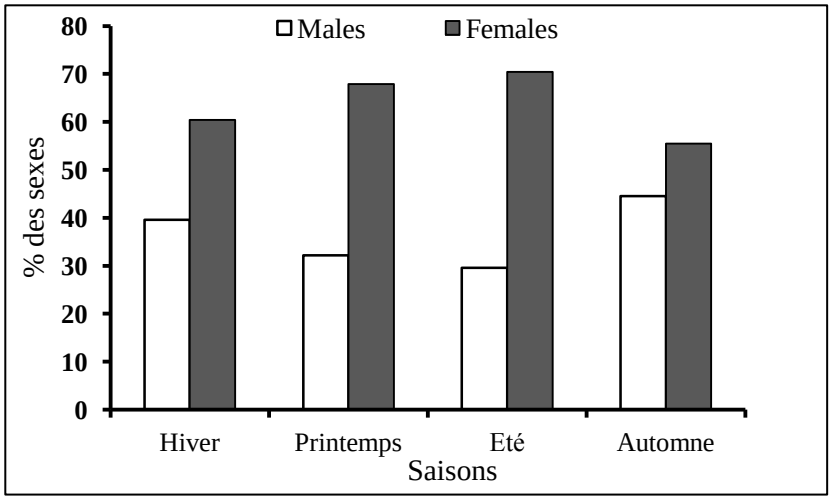


Figure 28. Structure saisonnière de la population d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (SR: sex-ratio en faveur des femelles).

Figure 29. Gonade femelle d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata.

2.2.2. Rapport gonado-somatique

Les valeurs moyennes du RGS pour les mâles et les femelles *d'Aphanius fasciatus* calculées pour chaque échantillon sont reportées dans le tableau 14 en annexe 2 et illustrées sur la figure 30. Le RGS augmente à partir du mois de février pour atteindre son maximum en mai. Il chute ensuite brusquement vers son minimum en août, donc la saison de frai ou la période de reproduction s'étale entre mars et juin avec un pic entre avril-mai pour les femelles (Fig. 30B). La même période de reproduction a été observée pour les mâles, cependant le pic a été enregistré en mars (4,16%) (Fig. 30A). La comparaison multiple des valeurs moyennes montre que les mois de mai chez les femelles, ainsi que celui de mars chez les mâles, sont différents des autres mois. Durant le reste de l'année, les valeurs sont homogènes. La courbe des valeurs mensuelles du rapport gonado-somatique montre que l'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata se reproduit une seule fois par an.

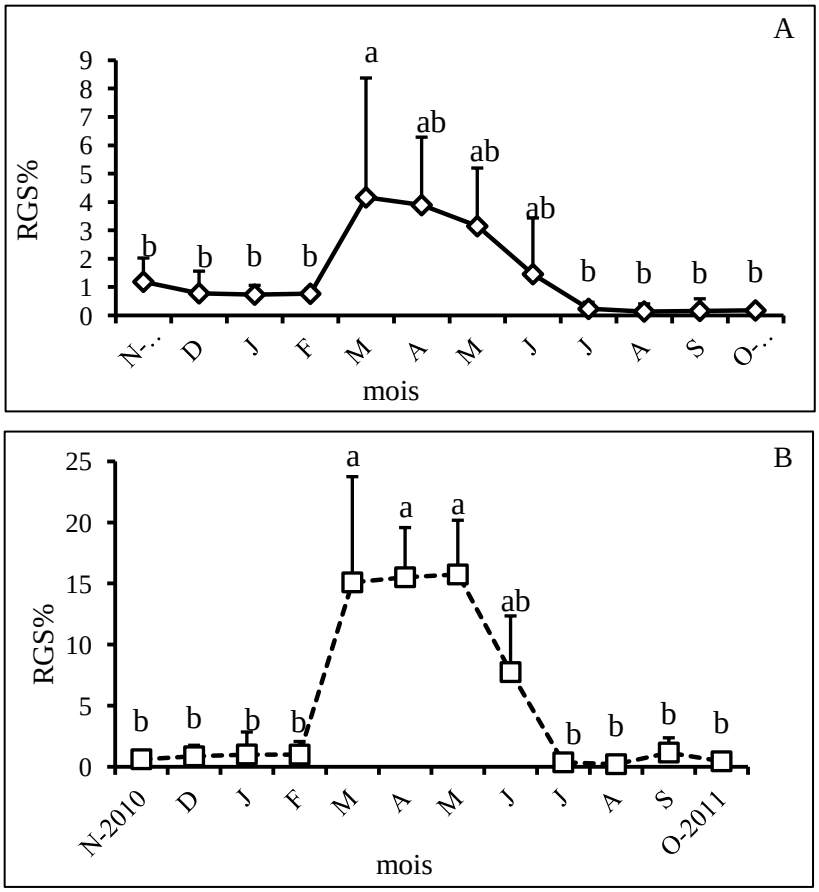


Figure 30. Évolution mensuelle du RGS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.2.3. Rapport hépato-somatique

Les données obtenues au cours du cycle annuel sont consignées dans le tableau 15 en annexe et reportées graphiquement sur la figure 31. Les résultats obtenus suggèrent que le suivi de l'indice RHS a atteint son maximum en mars et avril respectivement pour les femelles (3,95%) et les mâles (3,47%), cependant le minimum a été atteint en août chez les deux sexes (0,44; 0,33) (Fig. 31). Son évolution n'est pas différente entre les deux sexes.

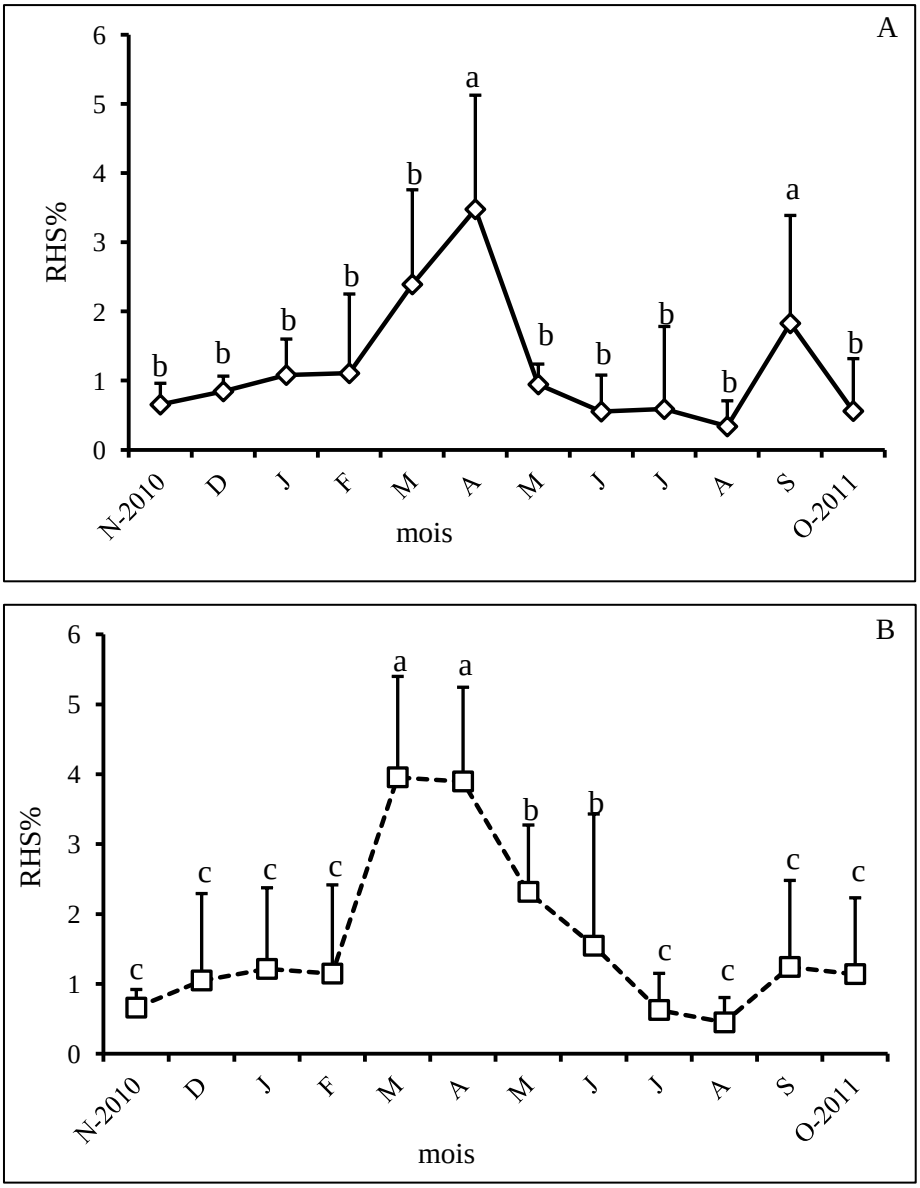


Figure 31. Évolution mensuelle du RHS chez les mâles (A) et chez les femelles (B) d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.2.4. Coefficient de condition (K)

La figure 32 illustre l'évolution mensuelle du coefficient de condition pour les mâles et les femelles d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata. Le coefficient de condition subit des fluctuations durant le cycle étudié, traduisant l'état général du poisson en fonction des activités physiologiques. L'évolution de tendance est différente entre les deux sexes, ainsi, les plus fortes valeurs enregistrées pour les mâles coïncidents avec deux pics observés en hiver (février) (1,50) et en automne (septembre) (1,56) et seulement un pic pour les femelles durant le mois de mai (1,26).

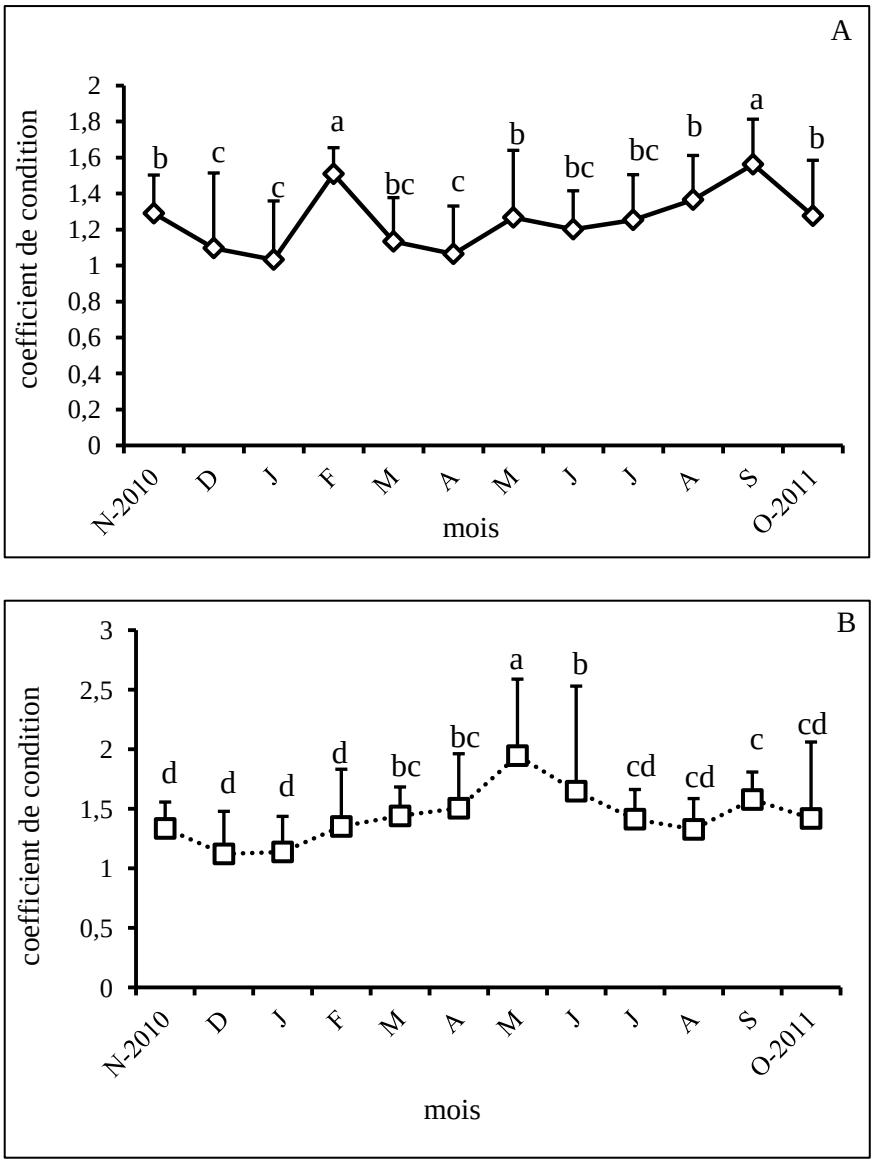


Figure 32. Évolution mensuelle de l'indice de condition K chez les mâles (A) et chez les femelles (B) d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata. Les différentes lettres indiquent la différence significative entre les moyennes mensuelles et les groupes de moyennes identiques.

2.2.5. Taille à la première maturité sexuelle

L'évaluation par classe de taille du pourcentage d'individus mûrs et immatures durant la période de ponte, au moment où les gonades sont à leurs développement maximum, montre que les femelles commencent à participer à la reproduction à une taille de 5 cm, contre 4,5 cm pour les mâles (Fig. 33).

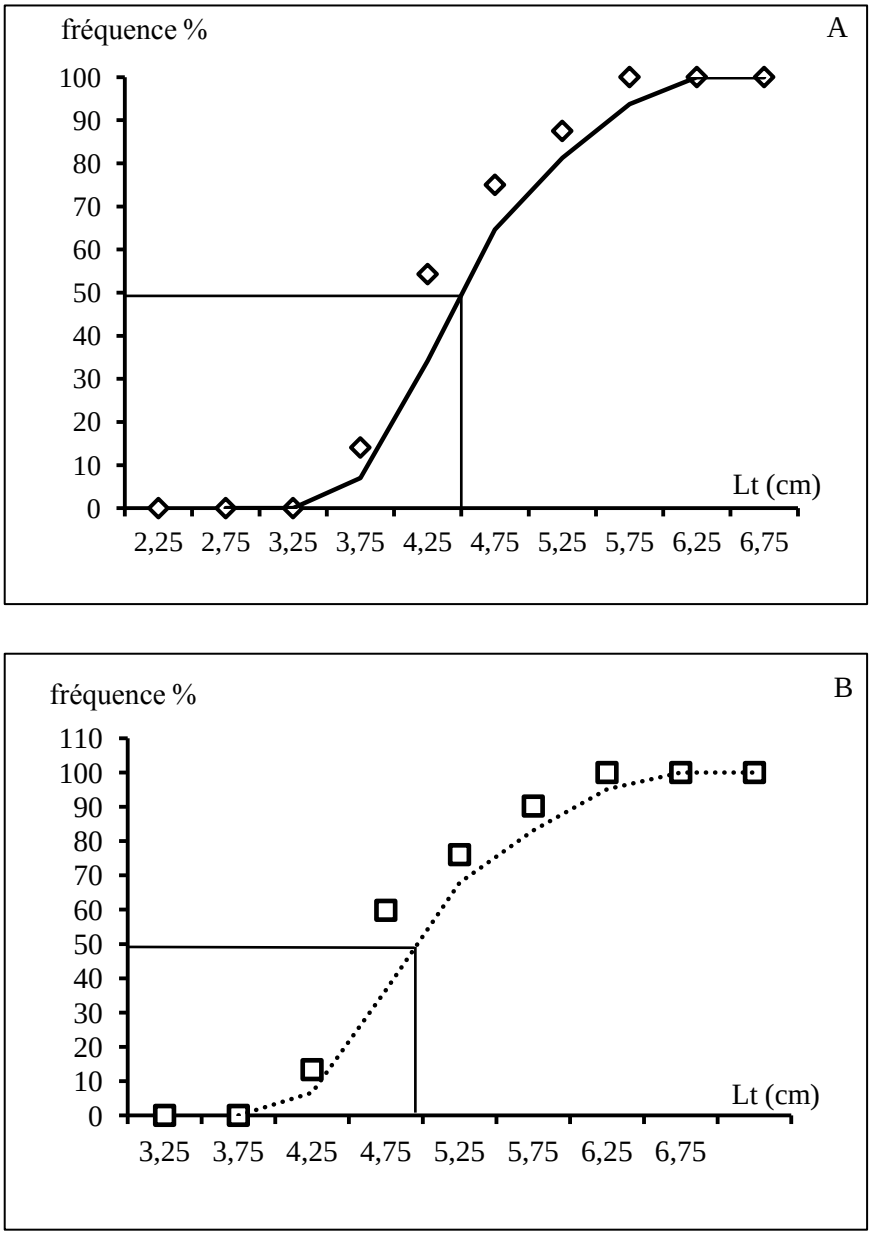


Figure 33. Évolution de la fréquence (%) des individus matures en fonction de la taille, chez les mâles (A), et chez les femelles (B) d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata.

2.3. Etude de l'âge

Sur 500 écailles examinées, 410 (82 %) ont été retenues pour l'étude de l'âge (222 femelles, 178 mâles). Les 90 restantes (18 %) étaient illisibles (présence de cal ou de faux anneaux). (Fig. 34).

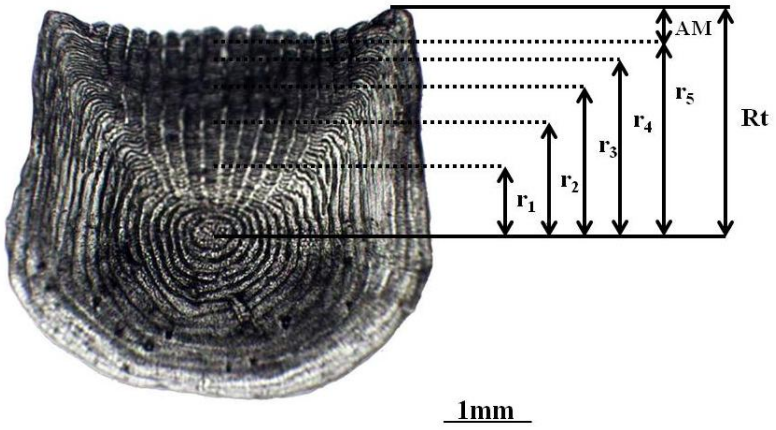


Figure 34. Écailles d'*Aphanius fasciatus* femelle à l'âge de 5 ans (Lt = 5,03cm; Pt = 1,37g; Rt = 1,40mm; AM = 0,48mm) du lac Ayata. Avec les mesures de l'accroissement marginal (AM) (r_1, r_2, r_3, r_4 et r_5: rayons des lignes d'arrêt de croissance, Rt: rayon de l'écaille.

2.3.1. Relation entre le rayon de l'écaille et la longueur totale du poisson

La régression linéaire de la longueur totale du poisson (Lt) en fonction du rayon de l'écaille (R) est exprimée par l'équation suivante: Lt = 0,32 R + 3,80 (mm) (r = 0,96; P < 0,001), où la valeur de l'ordonnée à l'origine (b = 3,80 mm) correspond à la taille mathématique corporelle des alevins à l'apparition des premières écailles.

2.3.2. Accroissement marginal des écailles

La comparaison des valeurs moyennes mensuelles successives de l'accroissement marginal des écailles (Fig. 35) montre des différences significatives ($P \leq 0,001$) entre les mois de mai et juin. Nous pouvons donc considérer que les anneaux d'arrêt de croissance ont une périodicité de dépôt annuel. La valeur de l'accroissement marginal est maximale lorsque l'anneau d'arrêt de croissance se forme en mois de mai, et minimale juste après, en juin et seulement un anneau de croissance a été formé par an.

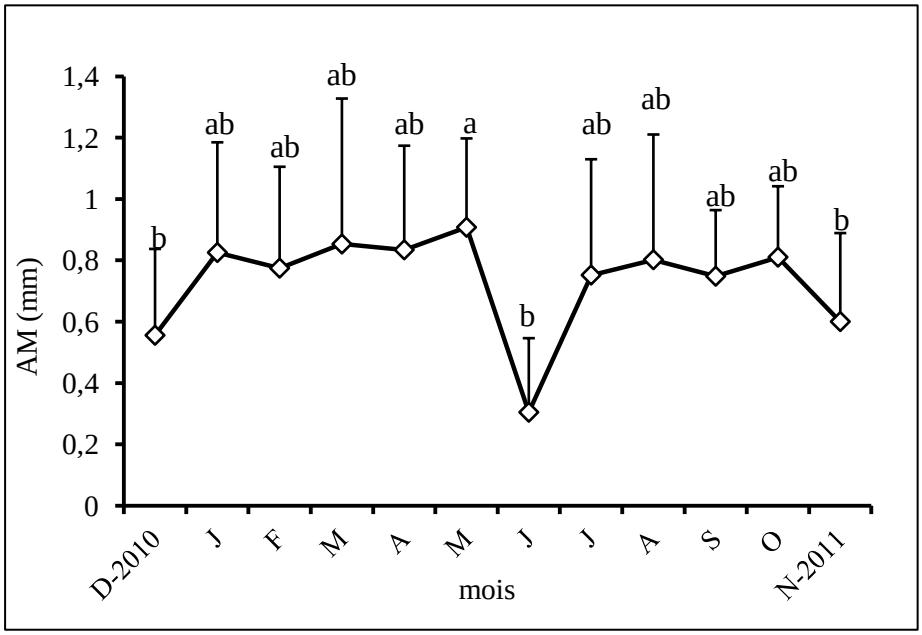


Figure 35. Évolution de l'accroissement marginal (AM) mesuré sur les écailles d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. La différence des lettres indique une différence significative entre les points.

2.4. Estimation de l'âge

2.4.1. Calcul des tailles aux anneaux (méthode de rétro-calcul)

La détermination des âges individuels des poissons par scalimétrie a permis d'établir une clé âge-longueur par sexe (Tab. 10). Les longueurs moyennes observées étaient de 42,6 mm ± 0,83 ($16,7 \leq Lt \leq 60,2$ mm, $0,04 \leq Pt \leq 26,8$ g) pour les femelles et 3,70 mm ± 0,58 ($23,0 \leq Lt \leq 54,8$ mm, $0,15 \leq Pt \leq 18,9$ g) chez les mâles. L'échantillon analysé est constitué en majorité d'individus des groupes d'âge 4 (36,96 %) chez les femelles, âge 3 (47,46 %) pour les mâles, tandis que les individus des groupes d'âge 1 sont plus rares pour les deux sexes. 6 groupes d'âge (de 1 à 6 ans), répartis en classes de tailles d'amplitude égale à 0,3 cm ont été déterminés.

Les deux tableaux (11 et 12) résument les résultats des longueurs moyennes rétro-calculées pour chaque âge chez les mâles et chez les femelles. La comparaison statistique des longueurs rétro-calculées ne montre aucune différence significative entre les femelles et les mâles. La longueur totale maximale observée dans les captures est de 5,75 (cm) pour un mâle de 5 ans et de 6,02 cm pour une femelle de 6 ans.

Tableau 10. Distribution des tailles réelles (en cm) dans les différents groupes d'âge (1, 2, 3, 4, 5 et 6) d'après la lecture directe des écailles chez la population totale d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (Lt : longueur totale ; Pt : Poids totale).

Classe de tailles	1		2		3		4		5		6		total	
(cm)	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
[1.4-1.7 [		1											-	1
[1.7-2.0 [		1											-	1
[2.0-2.3 [	1	1											1	1
[2.3-2.6 [	1	1	6	1									7	2
[2.6-2.9 [			9	15									9	15
[2.9-3.2 [			5	6	13	1							18	7
[3.2-3.5 [			8	10	17	4							25	14
[3.5-3.8 [			2	5	16	16	15	2					33	23
[3.8-4.1 [				2	10	7	4	7					14	16
[4.1-4.4 [					2	6	21	8	1	2			24	16
[4.4.-4.7 [						7	7	27	1	8			8	42
[4.7-5.0 [							5	19	1	12			6	31
[5.0-5.3 [								10	1	11		2	1	23
[5.3-5.6 [									2	13		2	2	15
[5.6-5.9 [										14	2	1	2	15
[5.9-6.2 [												1	-	1
Total	2	4	30	39	58	41	52	73	6	60	2	6	150	223
%	1.33	1.79	20	17.48	38.66	18.38	34.66	32.73	4	26.90	1.33	2.69	100	100
Moyenne (Lt)	2.13	2.44	3.16	2.92	3.50	3.89	4.13	4.61	5.13	5.27	5.32	5.48		
Ecartype	0.12	0.63	0.44	0.43	0.39	0.44	0.53	0.43	0.46	0.42	0.07	0.36		
Moyenne (Pt)	0.25	0.19	0.41	0.35	0.60	0.96	0.99	1.64	1.37	2.41	1.49	2.59		
Ecartype	0.01	0.14	0.24	0.19	0.33	0.45	0.46	0.71	0.54	0.71	0.17	0.27		

Tableau 11. Longueur totale (en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance chez les femelles d'*Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (Les âges 1 à 6 sont obtenus à partir de la lecture directe des écailles. Lt1 à Lt6 sont les longueurs rétro-calculées par âge). (N : effectif; Lt : longueur totale; M : moyenne; Et : écart-type).

Age	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4	Lt5	Lt6
I	N = 6 M = 2.56 Et = 0.03					
II	N = 44 M = 2.59 Et = 0.10	N = 44 M = 3.29 Et = 0.25				
III	N = 44 M = 2.64 Et = 0.11	N = 44 M = 3.61 Et = 0.22	N = 44 M = 4.18 Et = 0.30			
VI	N = 96 M = 2.67 Et = 0.11	N = 96 M = 3.62 Et = 0.16	N = 96 M = 4.21 Et =0.26	N = 96 M = 4.61 Et = 0.34		
V	N = 64 M = 2.70 Et = 0.15	N = 64 M = 3.67 Et = 0.20	N = 64 M = 4.38 Et = 0.26	N = 64 M = 4.93 Et = 0.47	N = 64 M = 5.33 Et =0.57	
IV	N = 6 M = 2.75 Et = 0.05	N = 6 M = 3.75 Et = 0.12	N = 6 M = 4.48 Et = 0.25	N = 6 M = 5.05 Et = 0.40	N = 6 M = 5.48 Et = 0.52	N = 6 M = 5.77 Et =0.58
Total	N = 260 M = 2.66 Et = 0.12	N = 254 M = 3.58 Et = 0.24	N = 210 M = 4.26 Et = 0.30	N = 166 M = 4.75 Et = 0.43	N = 70 M = 5.35 Et = 0.56	N = 6 M = 5.77 Et = 0.58

Tableau 12. Longueur totale (en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance chez les mâles d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (Les âges 1 à 6 sont obtenus à partir de la lecture directe des écailles. Lt1 à Lt6 sont les longueurs rétro-calculées par âge). (N : effectif; Lt : longueur totale; M : moyenne; Et : écart-type).

Age	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4	Lt5	Lt6
I	N = 2					
	M = 2.66					
	Et = 0.02					
II	N = 30	N = 30				
	M = 2.77	M = 3.45				
	Et = 0.25	Et = 0.33				
III	N = 64	N = 64	N = 64			
	M = 2.79	M = 3.40	M = 3.80			
	Et = 0.19	Et = 0.32	Et = 0.37			
VI	N = 45	N = 45	N = 45	N = 45		
	M = 2.81	M = 3.56	M = 4.10	M = 4.44		
	Et = 0.17	Et = 0.26	Et = 0.38	Et = 0.44		
V	N = 7	N = 7	N = 7	N = 7	N = 7	
	M = 2.83	M = 3.69	M = 4.27	M = 4.62	M = 4.95	
	Et = 0.16	Et = 0.23	Et = 0.27	Et = 0.31	Et =0.43	
IV	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2	N = 2
	M = 2.86	M = 3.72	M = 4.33	M = 4.69	M = 4.99	M = 5.25
	Et = 0.05	Et = 0.01	Et = 0.01	Et = 0.05	Et = 0.01	Et = 0.03
Total	N = 150	N = 148	N = 118	N = 54	N = 9	N = 2
	M = 2.79	M = 3.48	M = 3.95	M = 4.47	M = 4.96	M = 5.25
	Et= 0.19	Et = 0.31	Et = 0.40	Et = 0.42	Et = 0.37	Et = 0.03

2.4.2. Croissance linéaire absolue

Dans la présente étude, la croissance linéaire d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy (1938). Les paramètres de croissance linéaire : L, K et t_0 ont été estimés pour les mâles, les femelles et pour les deux sexes combinés s'exprime par les équations suivantes: $Lt = 77{,}58\ (1\text{-}e^{-0{,}138\ (t + 2{,}23)})$, pour les mâles, $Lt = 80{,}00\ (1\text{-}e^{-0{,}172\ (t + 1{,}37)})$, pour les femelles et $Lt = 83{,}60\ (1\text{-}e^{-0{,}148\ (t + 1{,}62)})$, pour les sexes confondus.

Les longueurs asymptotiques obtenues pour les mâles et femelles sont respectivement de 77,58 cm et 80,00 cm soit une différence de 2,42 cm. La taille asymptotique ($L\infty$) des femelles est plus grande que celle des mâles, alors que la

constante de croissance (K) pour les mâles est plus grande que celle des femelles. Les paramètres estimés du modèle de Von Bertalanffy et l'indice de performance de croissance (φ) sont présentés dans le tableau 13. Les valeurs théoriques des longueurs correspondant à chaque âge sont représentées graphiquement dans la figure 36.

Tableau 13. Paramètres de Von Bertalanffy (L∞, k et to) et l'indice de performance (φ) chez la population totale et les sexes séparés (femelles, mâles) d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata. (N : effectif).

	L∞	k	to	φ	N	Limites d'âges (années)
Population totale	83,6	0,148	1,62	7,25	410	1-6
Femelles	80	0,172	1,37	6,72	260	1-6
Mâles	77,58	0,138	2,23	7,00	150	1-6

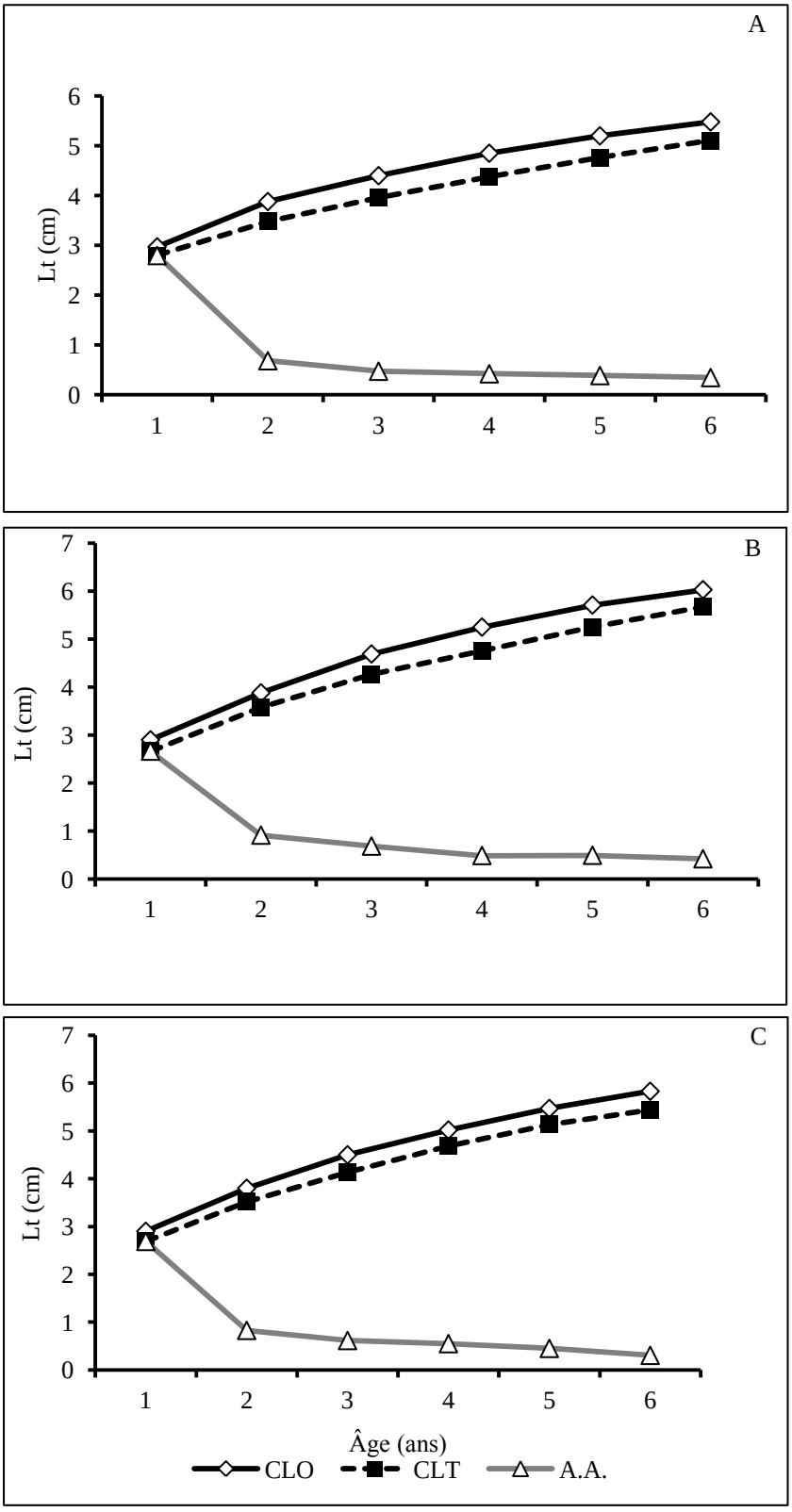


Figure 36. Croissance linéaire observée (CLO), théorique (CLT) et accroissement linéaire théorique (AA) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) d*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata.

2.4.3. Relation taille-poids

L'effectif des spécimens capturés au cours de la période d'étude est de 1868 individus, la longueur totale (Lt) varie entre 1,67 et 6,2 cm pour les individus pêchés dans le lac Ayata pendant l'année 2011. Le poids plein minimal rencontré est de 0,04 g pour une taille minimale de 1,67 cm chez les mâles contre 0,08 g pour une taille de 2,19 cm pour les femelles. Le poids total maximal (Pt) est de 4,1 g pour une femelle de 6,2 cm contre 3,54 g pour un mâle de 5,48 cm. La relation taille-poids est décrite par l'équation : $Pt = 0{,}013\ L^{2{,}84}$ pour les femelles, $Pt = 0{,}013\ L^{2{,}80}$ pour les mâles et $Pt = 0{,}013\ L^{2{,}86}$ pour les deux sexes confondus.

Les résultats obtenus mettent en évidence une corrélation hautement significative entre la longueur totale du poisson et son poids éviscéré pour la population totale ($r = 0{,}92$; $P \leq 0{,}001$). La présence d'une allométrie minorante pour les sexes confondus ($b = 2{,}86$).

Chez les mâles, La relation taille-poids est fortement corrélée ($r = 0{,}98$ $P \leq 0{,}001$) et montre une croissance d'allométrie minorante pour l'ensemble des mois d'échantillonnage ($b = 2{,}80$). La relation liant le poids éviscéré à la longueur totale des femelles montre également une corrélation significative ($r = 0{,}90$ $P \leq 0{,}001$) et une allométrie minorante de croissance ($b = 2{,}84$).

2.4.4. Croissance pondérale absolue

La courbe théorique de croissance pondérale résulte de la combinaison entre l'équation de croissance linéaire ($Lt = L\infty\ 1\text{-}e^{-K\ (t-t_0)}$) d'une part, et celle de la relation taille-poids ($Pt = aL^b$). Les poids asymptotiques ont été établis pour les deux sexes séparément et combinés. Les paramètres k et t_o sont identiques à ceux calculés à partir de l'équation de croissance linéaire. Les équations obtenues exprimées par les équations suivantes: $Pt = 4{,}10\ (1\text{-}e^{-0{,}138\ (t\ +\ 2{,}23)})^{\ 2{,}80}$ pour les mâles, $Pt = 4{,}77\ (1\text{-}e^{-0{,}172\ (t\ +\ 1{,}37)})^{\ 2{,}84}$ pour les femelles et $Pt = 5{,}52\ (1\text{-}e^{-0{,}148(t\ +\ 1{,}62)})^{\ 2{,}86}$ pour les sexes confondus

La croissance pondérale des femelles tend vers une valeur asymptotique de 4,77 g, en revanche chez les mâles, le poids asymptotique est de 4,10 g (Fig. 37). En comparaison des poids asymptotiques des mâles et des femelles pour notre période d'échantillonnage, on remarque que les poids asymptotiques des femelles sont plus grands que ceux des mâles.

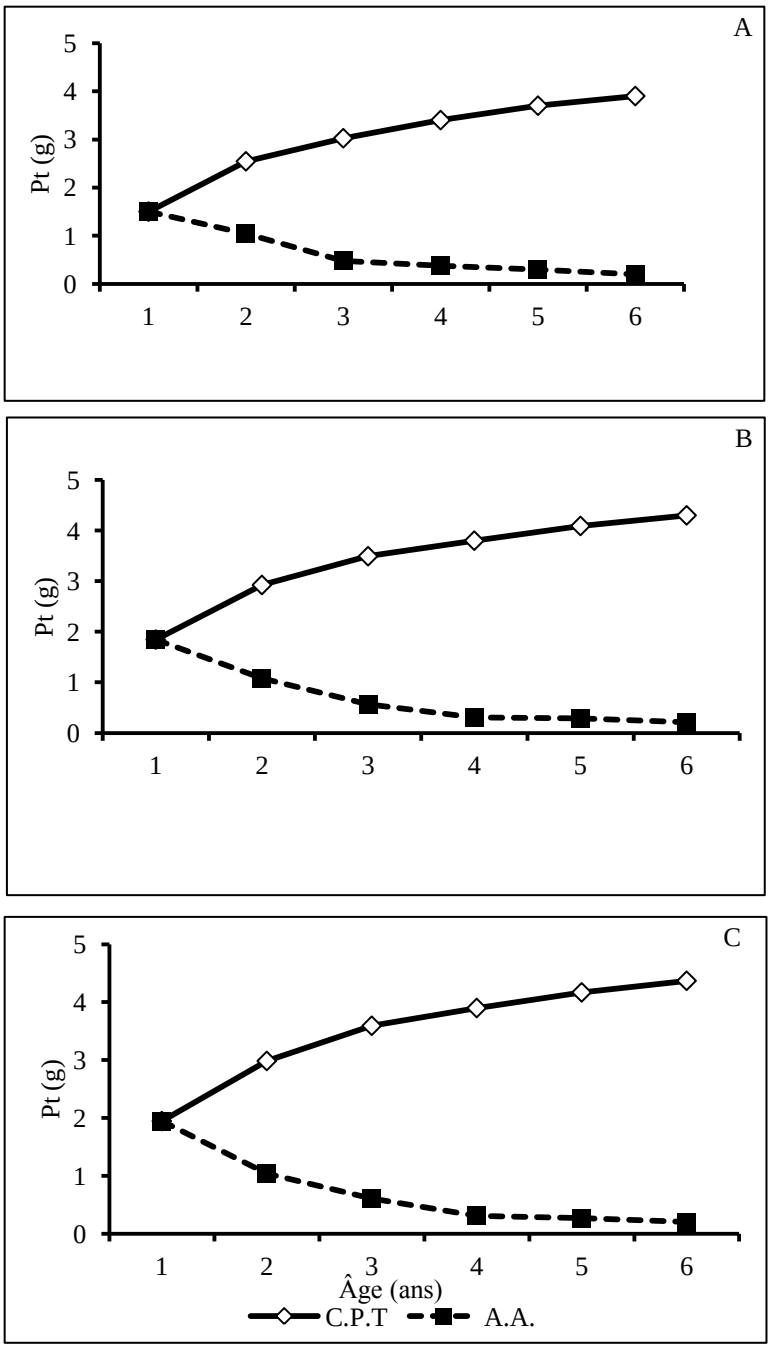


Figure 37. Croissance pondérale théorique (CPT) et accroissement pondéral théorique (A.A) chez les mâles (A), les femelles (B) et les sexes confondus (C) de l*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata.

3. Discussion

Les valeurs des caractères numériques observées chez l*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata sont proches ou égales à celles rapportées par Le Berre (1989). Nos résultats montrent que le nombre d'écailles sur la ligne latérale oscille entre 25 et 27. Ces valeurs limites sont proches de celles rapportées par Kottelat et Freyhof (2007) en Europe. En outre, il y a une différence significative du nombre des barres chez les deux sexes de l'*A. fasciatus* du lac Ayata. Ferrito *et al.*, (2003) et Maltagliati (1999) estiment que la différenciation morphologique chez l*'Aphanius* est due au degré élevé de l'isolement des populations.

La taille maximale enregistrée dans cette étude (5,48 cm chez les mâles et 6,02 cm chez les femelles) est proche de celle trouvée par Leonardos et Sinis (1999), avec un maximum de 6 cm. Cependant, Stergiou (2000) rapporte que cette taille pourrait atteindre 8,8 cm. Les conditions écologiques régionales, notamment climatiques, jouent un rôle déterminant dans la croissance des individus, ce qui expliquerait l'infériorité de la taille d'*A. fasciatus* du lac Ayata (climat hyper aride) par rapport à celle d'autres régions ayant un climat plus favorable (Le Berre, 1989; Stergiou, 2000; Trabelsi *et al*., 2004).

Au cours du cycle sexuel, les variations pondérales des ovaires et des testicules sont synchrones. Les pourcentages du RGS des femelles sont nettement plus importants (15,73%) que ceux des mâles (4,16%) en raison de la grande taille des ovaires. L'augmentation du RGS coïncide avec une gamétogenèse alors que sa diminution indique une ponte active (Lahaye, 1972). L'analyse des variations de RGS suggère que la période de reproduction a lieu février à juin, avec une phase de maturation pendant février et mars, et une période de repos pendant le reste de l'année. La même évolution de RGS est montrée chez les mâles. La même période de reproduction est signalée en Grèce, dans les lagunes de Mesolongi et Etolikon (Leonardos et Sinis, 1998) et en Tunisie, dans les Oasis de Chenini (Boumaiza, 1994).

Parallèlement au RGS, nous avons étudié le RHS, puisque toute l'énergie nécessaire pour la maturité des gonades provient des réserves lipidiques stockées au niveau du foie. L'observation de l'évolution temporelle du rapport hépato-somatique montre des chevauchements des variations mensuelles de RHS par rapport à celles du RGS, ce qui indique que la reproduction d'*A. fasciatus* mobilise les réserves

lipidiques présentes dans le foie. En effet, les poissons qui réduisent leur activité alimentaire durant la maturation de leurs gonades, utilisent les nutriments issus des réserves endogènes situées dans le muscle, le tissu adipeux et le foie (Lal et Singh 1987; Nassour et Léger, 1989; Martin *et al.*, 1993).

L'évolution, au cours du temps, du coefficient de condition (K) subit des fluctuations durant le cycle sexuel pour les deux sexes. Les valeurs du coefficient de condition sont plus hautes chez les femelles que chez les mâles. Chez les femelles, les variations mensuelles de K suivent l'évolution de RGS et sont liées à l'activité gamétogénétique. La valeur relativement élevée de K en septembre chez les deux sexes peut être expliquée par des conditions trophiques favorables pendant cette période. En effet, des valeurs du coefficient de condition ont été employées pour mesurer de divers facteurs écologiques et biologiques tels que le degré de gras, le développement de la gonade et la convenance de l'environnement (Mac Gregoer, 1959).

La première maturité sexuelle présente un décalage entre les deux sexes. En effet, les femelles atteindraient leur taille de première maturité sexuelle plus tardivement 5 cm que les mâles 4,5 cm. Nos observations sont relativement proches de celles de Leonardos et Sinis (1998) en Grèce (lagunes Mesolongi et Etolikon) et en Tunisie (Oasis de Chenini) (Boumaiza, 1994).

Le suivi de l'accroissement marginal des écailles au cours d'un cycle annuel montre la discontinuité de la croissance d'*A. fasciatus* dans le lac Ayata. Celle-ci se matérialise par la formation d'un seul anneau d'arrêt de croissance qui se forme en mai et devient apparent en juin. Leonardos *et al.* (1999a) ont constaté que dans les lagunes de Mesolongi et d'Etolikon, *A. fasciatus* forme son anneau annuel en février après la période où la température de l'eau est la plus basse (11 °C en janvier). Weatherley (1987) a rapporté que les mécanismes physiologiques spécifiques qui causent la formation des anneaux annuels sont mal compris; la plupart des facteurs correspondent à une baisse ou à une hausse de la température, une réduction de la disponibilité alimentaire ou une phase d'activité reproductrice.

La taille d'*A. fasciatus* du lac Ayata s'étend de 1,67 à 6,02 cm et son âge entre 1 et 6 ans pour les deux sexes. Leonardos et Sinis (1999a) donnent des résultats similaires dans les lagunes de Mesolongi et d'Etolikon au sujet de l'âge, mais la longueur maximum est la plus élevée dans cette région (7,06 cm). Dans les deux cas, le meilleur taux de croissance linéaire se produit durant la première année de la vie

(moyenne = 2,68 mm par an) et diminue fortement ensuite. Boumaiza (1994) trouve que la plus grande femelle dans le lac Chenini en Tunisie mesure 5,85 cm. Kiener et Schachter (1974) ont constaté que la taille de la plus grande femelle d'*A. fasciatus* de la lagune de Comacchio était inférieur à 7,5 cm, alors que le plus grand mâle était de 6,3 cm.

La fréquence des tailles de l'*A. fasciatus* du lac Ayata montre qu'il est composé essentiellement de jeunes individus (68,45%). Les paramètres de l'équation de croissance de Von Bertalanffy pour la femelle et le mâle sont comparés aux seules données disponibles de croissance dans deux lagunes grecques (Mesolongi et Etolikon) (tableau 13). L'indice de performance de croissance de Munro et Pauly (1983) indique que les femelles (Φ = 7,00) croissent plus rapidement que des mâles (Φ = 6,72) dans le lac Ayata, mais ces différences géographiques ne sont pas significatives.

Le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids de la population d'*A. faciatus* indique une croissance allométrique minorante pour les mâles (b = 2,809) et les femelles (b = 2,848) (tableau 13) dans le lac Ayata. Dans le lac Mariut en Egypte, (Penaz et Zaki, 1985) une croissance d'allométrie majorante pour les femelles (b = 3,619) et une croissance d'allométrie minorante pour les mâles (2,740) a été observée. Dans les lagunes de Mesolongi et Etolikon, l'allométrie est majorante pour les sexes séparés (Leonardos et Sinis, 1999a) (tableau 14). Selon Balon (1984) et Bagenal et Tesch (1978), la relation taille-poids peut être influencée par le sexe, la maturité sexuelle, la géographie et les conditions environnementales.

Tableau 14. Comparaison des paramètres de Von Bertalanffy (L_∞, K et t_0), de l'indice de performance de croissance (φ) et des paramètres de relation taille-poids (a, b) chez l'*A. fasciatus* dans différentes régions de la Méditerranée

Localité	sexe	Age	A	b	L_∞	K	t_0	Φ	Auteur
Lac Ayata	Male	1-6	0,013	2,80	77,58	0,138	- 2,23	6,72	Présente étude
	Femelle	1-6	0,013	2,84	80,00	0,172	- 1,37	7,00	
Mesolongi	Male	0-6	0,648	3,40	75,68	0,246	- 1,19	7,25	Leonardos et Sinis (1999)
	Femelle	0-6	0,595	3,44	78,62	0,245	- 1,20	7,32	
Etolikon	Male	0-6	0,578	3,26	80,72	0,178	- 1,55	7,05	Leonardos et Sinis (1999)
	Femelle	0-6	0,753	3,22	108,16	0,115	- 2,09	7,20	
Lac Mariut	Male	-	0,015	2,740	-	-	-	-	Penaz et Zaki (1985)
	Femelle	-	0,007	3,619	-	-	-	-	

Conclusion

L'âge, la croissance et la reproduction de l'*Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) du lac Ayata (Bas-Sahara, Algérie) sont étudiés. Entre novembre 2010 et novembre 2011, 1868 individus de longueur totale (Lt) entre 16,7 et 60,2 mm et de poids total (Pt) entre 0,04 et 26,8 g, ont été examinés. Le suivi mensuel de l'allongement marginal des écailles montre qu'il ne se forme qu'un seul anneau d'arrêt de croissance par an, notamment au mois de mai.

Par la méthode du rétro-calcul des tailles aux différents âges, 6 classes d'âge ont été identifiées chez chaque sexe. L'ajustement du modèle de Von Bertalanffy aux données âge-longueur obtenues est satisfaisant avec : $L_t = 80,00\ [1 - e^{-0,172\ (t + 1,377)}]$ pour les femelles, $L_t = 77,58\ [1 - e^{-0,138\ (t + 2,236)}]$ pour les mâles et $L_t = 83,6\ [1 - e^{-0,148\ (t + 1,620)}]$ pour les deux sexes confondus. La relation taille-poids est décrite par l'équation : $P_t = 0,013\ L^{2,848}$ pour les femelles, $P_t = 0,013\ L^{2,809}$ pour les mâles et $P_t = 0,013\ L^{2,866}$ pour les deux sexes confondus.

L'examen macroscopique des gonades et le suivi des variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS) indiquent que la reproduction a lieu une fois par an, entre février et juillet pour les deux sexes, soit un pic en mai pour les femelles et en avril pour les mâles. Le RGS atteint un maximum de 4,16% chez les mâles et de 15,73% chez les femelles. La longueur des poissons à la première maturité sexuelle est de 4,5 cm pour les mâles et 5 cm pour les femelles.

Les données obtenues dans le cadre de cette étude décrivent en partie la biologie et la dynamique de la population d'*A. fasciatus* du lac Ayata. Des recherches complémentaires sont encore nécessaires, afin de comprendre la place qu'occupe cette espèce dans son écosystème. Par exemple, une description du régime alimentaire serait utile pour comprendre les interactions possibles et les compétitions éventuelles entre taxons ichtyologiques. L'étude de la fécondité pourrait aussi aider à expliquer la dynamique populationnelle dans ce milieu. Enfin l'identité génétique de la population étudiée reste à déterminer.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSİON GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Ce travail est consacré à l'étude de l'ichtyodiversité de la région de l'Oued Righ (Sud-Est Algérien) et à la connaissance de la biologie et de la dynamique de deux espèces parmi les plus représentatives de sites étudiés: *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) et *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827). Malgré les récentes tentatives d'actualisation de l'inventaire des poissons des eaux continenatles de l'Algérie, des efforts sont encore nécessaires dans certains térritoires, notamment dans les zones humides du Sahara.

L'inventaire réalisé dans 3 écosystèmes de la région de l'Oued Righ (canal de l'Oued Righ, lac Ayata, lac Temacine), nous a permis de recenser 4 espèces de poissons (*Hemichromis bimaculatus, Tilapia zilli, Aphanius fasciatus*, et *Gambusia halbrooki*) appartenant à 3 familles (Cyprinodontidae, Poecilidae, Cichlidae). La structure démographique et la dynamique des populations des 4 espèces est analyseé par site. Les résultats montrent une similarité des répartitions temporelles et des fréquences des tailles entre les différents sites considérés. La composition du peuplement ichtyologique dans la région d'Oued Righ montre une dominance de l'*Aphanius fasciatus* avec 37,35 %, suivi du *Tilapia zilli* et *Gambusia. hallbrooki* avec une dominance de 28,27 % et 27,03 % respectivement. La plus faible dominance (7,33%) est enregistrée pour l'*Hemichromis bimaculatus.* Cette dernière, classée ''en danger critique d'extinction'' selon les critères de l'UICN, doit bénéficier d'une attention toute particulière.

La détermination des caractères morphométriques (métriques et méristiques), nous a permis de caractériser la population de l'*H. bimaculatus*. Les valeurs numériques obtenues sont proches ou égales de celles rapportées par la littérature. La comparaison statistique des caractères numériques entre les deux sexes a montré l'absence des différences morphologiques. Contrairement aux caractères numériques, les critères métriques nous ont permis de déduire des différences entre les deux sexes. Trois groupes d'âge composent la population de l'Oued Righ, avec une nette dominance des individus de deux ans (52,82%). Le rythme de croissance observé est parfaitement décrit par le modèle mathématique de Von Bertalanffy. La relation taille-poids montre par une croissance majorante (b = 3,56) chez les mâles et minorante chez les femelles (b = 2,49). La reproduction a lieu entre mars et janvier, avec une

phase de maturation des gonades de mars à mai et une ponte en mai. Les variations du rapport hépato-somatique (RHS) semblent liées à celles du RGS. Les tailles de première maturité sexuelle (L50) sont différentes selon le sexe: 4,5 cm chez les mâles et 5,7 cm chez les femelles.

Les valeurs des caractères numériques observées chez l*'Aphanius fasciatus* du lac Ayata sont proches ou égales à celles rapportées dans la littérature. L'âge de l'Aphanius de Corse *A. fasciatus* est déterminé par scalimétrie. La longueur totale (Lt) et le poids total (Pt) varient entre 1,67 - 6,02 cm et entre 0,04 -26,8 g. Six groupes d'âge sont identifiés. Les rythmes de croissance observé et théorique sont proches et indiquent une bonne description de la croissance par le modèle de Von Bertalanffy. La croissance relative est minorante chez les deux sexes: b = 2,80 chez les mâles et b = 2,84 chez les femelles. Le sex-ratio est globalement en faveur des femelles (M:F = 0,62:1). L'examen macroscopique des gonades et le suivi des variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS) indiquent que la reproduction a lieu une fois par an, entre février et juillet pour les deux sexes, avec un pic en mai pour les femelles et en avril pour les mâles. La première maturité sexuelle présente un décalage entre les deux sexes. Les femelles atteindraient leur première maturité à une taille supérieure (5,0 cm) à celle des mâles (4,5 cm).

Les résultats présentés ici constituent une contribution nouvelle et originale à la connaissance des peuplements ichtyologiques du Sahara. Cet effort devrait se poursuivre, afin d'approfondir nos connaissances, aussi bien sur la diversité que sur la biologie des espèces existantes. En effet, une extension de l'aire géographique d'exploration est recommandée. Aussi, des informations précises sur la biologie (alimentation, reproduction, développement, comportement), l'écologie et la dynamique des différentes espèces présentes, leur place dans l'écosystème et leurs interactions éventuelles avec d'autres espèces natives ou allochtones serait une préoccupation majeure. Dans le cas particulier des deux espèces étudiés ici (*H. bimaculatus* et *A. fasciatus*), nous prévoyons de poursuivre notre travail dans le sens de la caractérisation génétique des populations selon les sites hôtes, préalable indispensable à toute action de conservation des milieux et de la biodiversité.

BIBLIOGRAPHIE

Albaret J.J.1982. Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydro. Trop*., 15: 347-371.

Almaça C.1969. Révision critique de quelques types de Cyprinidés d'Europe et d'Afrique du Nord des collections du Muséum national d'histoire naturelle. *Bull. Mus. Hist. Nat.* Paris., 6:1116-1144.

Almaça C.1970. Sor les barbeaux (genre et sous-genre Barbus) de l'Afrique du Nord. *Bull. Mus. Hist. Nat.* Paris., 42:141-158.

Almaça C.1990. Neogene circummediteranean paleogeography and euromediterranean Barbus biogeography. *Arg. Do. Mus. Boc. Nova.*, 1:585-611.

Annabi A, BenFaleh A, Deli T.& Said K. 2012. Molecular analysis of the genetic differentiation among Aphanius fasciatus populations captured from Tunisian coastal and estuary sites. *Pak. J. Zool.,* 44:1389-1396.

Annabi A, Said k.& Reichenbacher B. 2013. Inter-population differences in otolith morphology are gentically encoded in the killifish Aphanius fasciatus (Cyprinodontiformes). *Sci. Marina*., 2:269-279.

A.N.R.H. 2006. Agence Nationale des ressources Hydrauliques, étude sur la vallée de l'Oued Righ, 120p.

Anonym. 2001. Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. (Ed). Direction générale des forêts. Doc. Polyc, Alger. 60p.

Arab A. 1989. Etude des peuplements d'invertébrés et de poisons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des resources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse de Magister en hydrobiology, USTHB, 139p

Arrignon J.1962. Tilapia mossambica Peters, T. Macrochir Bigr., T. Zillii Gervais, troisnouveaux venus dans les eaux douces algériennes. *Ann. Caref.,* 1:7-31.

Arrignon J.1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. Gauthier-Villars,Paris, 340p.

Ayoade A, Ikulala A. 2007. Length weight relationship, condition factor and stomach contents of Hemichromis bimaculatus, Sarotherodon melanotheron and Chromidotilapia guentheri (Perciformes: Cichlidae) in Eleiyele Lake, Southwestern Nigeria. *Rev. Biol. Trop.*, 55: 969-977.

Azeroual A, Crivelli A.J, Yahyaoui A. & Dakki M. 2000. L'ichtyofaune des eaux continentales du Maroc. *Cybium*., 24: 17-22.

Bacha M, Amara R .2007. Les poisons des eaux continentales d'Algérie. Etude d l'ichtyofaune de la Soummam. *Cybium.*, 3: 351-358.

Babiker M, 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.

Bagenal T. B.1973. Fish fecundity and its relation with stock and recuitment. *Rapp. P.-v. Réun.Cons. Int. Explor. Mer.*, 16: 186-198.

Balon E.K. 1984. Pattern in the evolution of reproductive styles in fishes. In: Potts G.W. and Wotton R.J. (ed.), Fish reproduction, Academic press, London,Strategies, Tactics, pp. 103-117.

Belarouci M.E. 2005. Caractérisation morphologique et systématique du tilapia de l'oued Righ. Suivi d'un élevage intensif de l'Oreochromis niloticus dans la région d'Ouargla. Mémoire de magister en Agronomie saharienne. Université d'Ouargla. 74p.

Bianco P.G. 1995. Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy. *Biol.Conserv.*, 72:159-170.

Billard R, Breton B, Fostier A, Jalabert B. & Well C. 1978. Endocrine control of the teleost reproductive cycles and its relation to external factors: Salmonid and Cyprinid models. 37-48, in P-J. Gaillard and H.H. Boer, Comparative endocrinology, Elsevier North Holland. Amsterdam.

Blay J.R.J. 1985. Observations on the balance in fish populations in a small reservoir in Ghana. *Fish. Res.*, 3: 1-11.

Blanco J.L, Tomas H. & Doadrio I. 2006. A new species of the genus Aphanius (Nardo, 1832) (Actinopterygii, Cyprinodontidae) from Algeria. *Zootaxa*. 1158 : 39-53.

Bolger T, Connolly P. L. 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J. Fish. Biol.* 34: 171-182.

Bouchereau J.L, Tomasini J.A, Russ C. & Jouvenel J.Y. 1992. Inventaire des poissons peuplant la réserve naturelle des îles Lavezzi. *Trav. Sci. Parc Natl. Rég. Rés. Natu.Corse*., 39: 1-11.

Bougis P. 1952. Rapport hépato-somatique et rapport gonado-somatique chez Mullus barbatus L. *Bull. Soc. Zool. Fr*., 6: 326-330.

Bouhadad R. 1993. Distribution des espèces de genre Barbus en Algérie. *Cah. Ethol*., 13:185-188.

Bouhadad R, Asselah B. 1998. Biodiversité comparée de l'ichtyofaune des eaux douces algériennes (Sahara et Nord) et maghrébine. *Santé Plus*., 61:19-22.

Boulenger G.A. 1911. Catalogue of the freshwater fishes of Africa in the British Museum London. 2:529 p.

Boumaiza M. 1980. Dimorphisme sexual et polymorphisme de l'Aphanius fasciatus Nardo 1827 (Pisces: Cyprinodontidae). *Bull. Offi. Natio. Pech. Tunisie*., 4 : 83-143.

Boumaiza M.1994. Recherches sur les eaux courantes de Tunisie. Inventaire faunistique, écologie et biogéographie. Thèse de Doctorat d'État, Faculté des Sciences, Tunis,Tunisie. 429 p.

Bouton L. 1957. Trois semaines à l'embouchure de l'oued Sebaou. *Bull. Stat. Aquic Pêch. Castigl*., 1:37-114.

Cauvet G.1913. Les poisons du Sahara algérien. *Bull. Soc. Géogr*., Alger 4.

Cauvet G.1915. Les mares à silures de l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat*., Afrique du Nord 7.

Chenchouni H, Si-Bachir A. 2010. Zones humides et biodiversités - Classification et typologie des zones humides du Bas-Sahara algérien et caractérisation de la biocénose du Lac Ayata (Vallée d'Oued Righ). (Ed). Editions Universitaires Européennes, Allemagne. 152 p.

Chaibi R, Si Bachir A, Chenchouni, H, Bouletreau S, Cereghino R. & Santoul F. 2012. Effect of large-scale environmental variables and human pressure on distribution patterns of exotic continental fish in east Algeria. *Zool. Ecol*., 22, 166-171.

Chaibi R, Si Bachir A. & Chenchouni H.2015. New inland sites for the Mediterranean killifish (Aphanius fasciatus Valenciennes, 1821) in the Sahara Desert of Algeria. *J. Appl. Ichthyol*., 3 : 1072-1076.

Corfield J, Diggles B, Jubb C.R, Mc-Dowall M, Richards A. & Rowe D.K. 2008. Review of the impacts of introduced ornamental fish species that have established wild populations in Australia. Prepared for the Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. 284p.

Cimmaruta R, Scialanca F, Luccioli F.& Nascetti G. 2003. Genetic diversity and environmental stress in Italian populations of the Cyprinodont fish Aphanius fasciatus. *Oceanol. Acta*., 26:101-110.

Cuvier G, Valenciennes A. 1842. Histoire naturelle des poisons. P. Bertrand Paris., 16:1828-1850.

Dadzie S, Wangila B. 1980. Reproductive biology, length-weight relationship and relative condition of pond raised Tilapia zilli (Gervais). *J. Fish. Biol*., 17: 243-253.

Daget J, Durand J.R. 1981. Poisson. In : Durand J.R. & Lévêque C. (eds), flore et faune Aquatique de l'Afrique Sahelo-Soudaniennes, (pp : 687-772). Paris, IRD édition.

Daget J, Le Guen J.C. 1975a. Les critères d'âge chez les poissons. Problème d'écologie: la démographie des populations de vertébrés. Masson et Cie. Paris, 253-289.

Daget J. 1976. Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris. 172 p.

Dagnelie P. 1975. Théorie et méthodes statistiques. 2: les méthodes de l'inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux. 451 p.

Dieuzeide R. 1927. L'Oued Réghaia. *Bull. Stat. Aquic. Pêche. Castigl*., 2:161-171.

Dieuzeide R. 1932. L'empoissonnement des eaux de l'Oued Mazafran. *Bull. Stat. Aquic. Pêche. Castigl*., 2:189-207.

Dieuzeide R, Champagne R. 1950. L'able de la Calle (Phoxinellus callensis Guichenot). *Bull. Stat. Aquic. Pêche. Castigl*., 2:9-28.

Dieuzeide R, Rolland J. 1951. Le laboratoire d'hydrobiologie et de pisciculture d'eau douce du Mazafran. *Bull. Stat. Aquic. Pêche. Castigl*., 3:190-207.

Doadrio I. 1994. Freshwater fish fauna of North Africa and its biogeography. In : Teugels, G.G, J.F. Guegan & Albaret J.J. (Ed) : Diversité biologique des poissons des eaux douces et saumâtres d'Afrique. Synthèses géographiques. *Ann. Mus. r. Afr. centr. Zool*., 275: 21-34.

Doadrio I, Bouhadad R. & Machordom A.1998. Genetic differentiation and biogeography in Saharan populations of the genus Barbus (Osteichthyes, Cyprinidae). *Folia. Zool*., 47 :7-20.

Doadrio I. 2002. Atlas y libro rojo de los peces continentales de España. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, p 374.

Do Chi T. 1977. Détermination statistique de l'âge : quelques méthodes de décomposition d'un échantillon en composantes gaussiennes. *Océanis*., 3: 503 - 530.

Dubost D. 2002. Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. (Ed). Centre rech. Sci. Techn. Rég. Arides (C.R.S.T.R.A.). Biskra. 423p.

Dumont H. 1981. Relict distribution patterns of aquatic animals tool in evaluating late Pleistocene climate changes in the Sahara and Sahel. *Paleoecol. Afr*., 14:1-24.

Elvira B. 1990. Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biol. Conserv*., 72:129-136.

Fablet R, Ogor A. 2005. TNPC (digital processing of calcified structures): user manual, pp. 44.

Faurie C, Ferra C. & Medori P.1980. Ecologie. (Ed). J.B. Baillière, Paris. 168p.

Ferrito V, Maltagliati F, Mauceri A, Adorno A. & Tigano C. 2003. Morphologique et génétique variation de quatre populations italiennes de Lebias fasciata (Teleostei, Cyprinodontidae). *Ital. Zool*., 70: 115-121.

Ferrito V, Mannino MC, Pappalardo A.M.&Tigano C. 2007. Morphological variation among populations of Aphanius fasciatus Nardo, 1827 (Teleostei, Cyprinodontidae) from the Mediterranean. *J. Fish. Biol*., 70: 1-20.

Ferrito V, Pappalardo A.M, Canapa A, Barucca M, Doardrio I, Olmo E.& Tigano C. 2013. Mitochondrial phylogeography of the killifish Aphanius fasciatus (Teleostei, Cyprinodontidae) reveals highly divergent Mediterranean populations. *Mari. Biol*., 160:3193-3208.

Fulton T.W. 1911. The sovereignty of the sea; a historical account of the Dominion of the British Seas, and of the Evolution of the Territorial Waters: with special reference to the rights of fishing and the naval salute. William Blackwood and Sons, Edinburgh and London. 799 p.

Froese R, Pauly D. (eds.) 2014. FishBase. [version 07/2014] http://www.fishbase.org.

García N, Cuttelod A. & Abdul-malak D. 2010. The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa. Editors. IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain, p 141.

Gauthier H. 1928. Nouvelles recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Minerv, Alger.189p.

Gervais P.1953. Notice sur deux nouveaux genres de poissons de l'Algérie, *Coptodon (Atherina) Zillii* et *Tellia apoda*.P.V. *Soc. Philom*. Paris, pp 24-86.

Guendouz A, Moulla A.S, Edmunds W.M, Zouari K, SHAND P. & MAMOU A. 2003. Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complex Terminal aquifer in the Algerian Sahara. *J. Hydrog*., 11: 483-495.

Hadou-Sanoun G, Arab A, Lek-Ang,S. & Lek S. 2012. Impact de Ligula intestinalis (L. 1758) (Cestode) sur la croissance de Barbus setivimensis (Cyprinidae) dans un système lacustre Algérien. *Comp. Rend. Biolo*., *335* : 300-309.

Hammadi D, Boubidi S.C, Chaib S.E, Saber A, Khechache G.Y.M. & Harrat Z. 2009. Le Paludisme au Sahara algérien [Malaria in Algerian Sahara]. *Bull. Soci. Pathol. Exoti*., 102: 185 - 92.

Howes G.J. 1987. The phylogenetic position of the Yugoslavian cyprinid fish genus *Aulopyge* Heckel, 1841, with an appraisal of the genus *Barbus* Cuvier, Cloquet, 1861 and the subfamily Cyprinidae. *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. Zool*., 52: 165-196.

Hunt P. C, Jones J. W. 1975. Growth. A population study of Barbus barbus L. in the river Severn, England. *J. Fish Biol*., **7**: 361-376.

Hyslop E.J. 1987. Aspects of the biology of Hemichromis bimaculatus from a small stream in Nigeria. *J. Fish boil*., 31: 745-751.

Jason H.O, Betsie B.R. 2013. Distribution and Population Characteristics of African Jewelfish and Brown Hoplo in Modified Wetlands in South Florida. *Amer. Midl Natural*., 170: 52-65.

Indira R, Arachi J.P. & Varadharajan D. 2013.Studies on the reproductive biology of red jewel Cichlid *Hemichromis bimaculatus* (GILL, 1862). *Int. J. Env. Biol*., 3: 160-172.

Kara M.H. 2012. Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species, Europ. Jou. Wildl. Rese., 58: 243-253.

Kessabi K, Annabi A, Navarro A, Casado M, Hawas Z, Said K, Messaoudi I.& Pina B. 2012. Structural and molecular analysis of pollution-linked deformities in a natural Aphanius fasciatus (Valencienne, 1821) population from the Tunisian Coast. *J. Environ monito*.,14: 2254-2260.

Kessabi K, Annabi A, Hassine A.I.H, Bazin I, Mnif W, Said K.& Messaoudi I. 2013. Possible chimecal causes of skeletal deformities in natural populations of

Aphanius fasciatus collected from the Tunisian coast. *Chemosphere*., 90 : 2683-2689.

Khadraoui A. 2007. Sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes (Caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement), (Ed). Dar Houma, Alger. 317 p.

Khoury C. 1987. Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc National de Port Cros : composition, éthologie et rôle dans le réseau trophique. Thèse Doctorat 3ème cycle océanologie, Université Aix-Marseille II, France. 230 p.

Kosswig C. 1967. Tethys and its relation to the peri-Mediterranean faunas of freshwater fishes. In: Adams CG, Ager DV, editors. Aspects of Tethyan biogeography. *Syst. Assoc. Publ*., 313-324.

Kottelat M, Freyhof J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof. Berlin. Germany p646.

Kraiem M. 1983. Les poissons d'eau douce de Tunisie: inventaire commenté et répartition géographique. Bulletin Instituts National de Science et Technique Océanographie. *Pêch. Salam*., 10: 107-124.

Lacoste A, Salanon R. 2006. Elément de biogéographie et d'écologie. (Ed).Nathan. Paris, 318p.

Lahaye J.1972. Cycles sexuels de quelques poissons plats des côtes de bretonnes. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit*., 36: 191-207.

Lahaye J. 1979. Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Océanis*., 6: 637-654.

Lal B, Singh T. 1987. Changes in tissue lipid levels in the freshwater catfish Clarias batrachus associated with the reproductive cycle. *Fish. Physiol. Biochem*., 3: 191-201.

Lea E. 1910. On the methods used in the herring investigations. *Publ. Circ. Con. Int. Expl. Mer Copenhaguen*., 53: 7-175.

Le Berre M. 1989. Faune du Sahara. 1. Poissons, amphibiens, reptiles. Séries "Terres africaines", 332 p. Paris : Lechevalier & R. Chabaud éditions.

Lee R.M. 1920. A review of the methods og age and growth determination in fish by means of scales. Fisheries Fish Invest. London, 2(4): 32 p. Aquaculture, 17: 137-157.

Leonardos I, Sinis A. 1998. Reproductive strategy of Aphanius fasciatus Nardo, 1827 (Pisces: Cyprinodontidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). *Fisher.Resear*., 35: 171-181.

Leonardos I, Sinis A. 1999a. Age growth and mortality of Aphanius fasciatus (Nardo, 1827) (PISCES: CYPRINODONTIDAE) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (WESTERN GREECE). *Contri. Zooge. Ecol. Eastern Mediterranean Region.*, 1:327-335.

Leonardos I, Sinis A. 1999b. Population age and sex structure of Aphanius fasciatus Nardo,1827 (Pisces: Cyprinodontidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). *Fisher. Resear*., 40:227-235.

Leonardos I. 2008.The feeding ecology of Aphanius fasciatus (Valenciennes, 1821) in the lagoonal system of Messolongi (western Greece). *Scient. Mari*.,72:393-401.

Lévêque C. 1997. Biodiversity and conservation: the freshwater fish of tropical Africa. Cambridge University Press, 432 pp.

Lévêque C. 2006. Caractéristiques générales de la faune ichtyologique. In : Lévêque C, Paugy D (Ed). Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD Editions, pp.47-48.

Loubens G.1980. Biologie de quelques espèces de Poissons du lagon néo-calédonien. II. Sexualité et reproduction.

Lounaci D. 2012. Les poissons d'eau douce d'Algérie inventaire et répartition.13ème Congrès Franco-Maghrebain de Zoologie et d'Ichthyologie -Marrakech – Maroc 6 -10 Novembre 2012.

Mahe K, Destombes A, Coppin F, Koubbi P, Vaz S, Le Roy D. & Carpentier A. 2005 .Le rouget barbet de roche Mullus surmuletus (L. 1758) en Manche orientale et mer du Nord. Rapport de contrat Ifremer/crpmem Nord-Pas-de-Calais, 187p.

Maitland P.S. 2000. The Hamlyn guide to freshwater fish of Britain and Europe. Hamlyn. London. Rognon P. 994. Biographie d'un désert: le Sahara editors. L'Harmattan. Paris. 347 p.

Maltagliati F. 1998a. A preliminary investigation of allozyme genetic variation and population geographical structure in Aphanius fasciatus from Italian brackish-water habitats. *J. Fish. Biol*., 52:1130-1140.

Maltagliati F. 1999. Genetic divergence in natural populations of the Mediterranean Brackish-water kifish Aphanius fasciatu. *Mar.Ecol. Prog. Ser*. 179:155-162.

Maltagliati F. 2002. Genetic monitoring of brackish-water populations: the Mediterranean toothcarp Aphanius fasciatus (Cyprinodontidae) as a model. *Mari. Ecolo. progress series*., 235:257-262.

Man H.S, Hodgkiss I.J. 1977. Studies on the ichthyofauna in Plover Cove Reservoir, Hong Kong: Feeding and Food relations. *J. Fish. Biol*., 11: 1-13.

Marshall B, 1979. Observations on the breeding biology of Sarotherodon macrochir (Boulenger) in Lake Mcllwaine, Rhodesia. *J. Fish. Biol*., 14: 419-424.

Martin N.B, Houlihan D.F, Talbot C. & Palmer R.M.1993. Protein metabolism during sexual maturation in female Atlantic salmon (Salmo salar). *Fish. Physiol. Biochem*., 12: 131-141.

Mayrat A.1959. Nouvelle méthode pour l'étude comparée d'une croissance relative dans deux échantillons. Application à la carapace de Penaeus kerathurus (Forskal). – Bulletin de l'I.F.A.N., XXI, série A : 1.

Mazzoni R, Caramaschi E.1995. Size structure, sex ratio and onset of sexual maturity of two species of Hypostomus. *J. Fish. Biol*., 47: 841-849.

Messaoudi I, Kessabi K, Kacem A. & Said K. 2009. Incidence of spinal deformities in natural populations of aphanius fasciatus Nardo, 1827 frome the Gulf of Gabes, Tunisia. *Afric. Jour. Ecolo*., 47:360-366.

Meunier F.J, Pascal M. & Loubens G. 1979. Comparaison de méthodes squelettochronologiques et considérations fonctionnelles sur le tissu acellulaire d'un osteichthyen du lagon néo-calédonien (Lethrinus nebulosus) (Forskal, 1775).

Meunier F. J.1988. Détermination de I'âge individuel chez les Osteichthyiens à l'aide de la squelettochronologie: historique et méthodologie. *Acta. Oecol., Oecol. Gener*., 9: 299-329.

Micha J.C.1971. Densité de population. Age et croissance du barbeau Barbus barbus (L.). Ann. *Hydrobiol*. 2: 47-68.

Munro J.L, Pauly D.1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *Iclar. Fish*., 1:5-6.

Munro A. D, Scott A.P. & Lam T. J. 1990. Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences. CRC press.

Nassour I, Léger C.L. 1989. Deposition and mobilisation of body fat during sexual maturation in female trout (Salmo gairdneri Richardson). *Aqua. Liv. Res*., 2: 153-159.

Nikolsky G.V.1963.The Ecology of Fishes (Translated by L.Birkett). 352 p. London: Academic Press.

Noble G.k, Curtis B. 1939. The social behavior of the jewel Fish, Hemichromis bimaculatus Gill. *Bull. Ameri. Muse. Natur. Hist*., 76 : 1-46.

Nunez J.1985. Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction de la sole (Solea vulgaris, Quensel, 1806): approche ultrastructurale et physiologique. Thèse de 3ème cycle. Univ. Bordeaux I. 109 p.

Ombredane D, Baglinière J.L. 1992. Les écailles et leurs utilisations en écologie. In : Tissus durs et âge individuel des Vertébrés (Baglinière, J.L., Castanet, J., Conand, F. & Meunier, F., ed.), pp. 15 1-192. Paris, France: Collection Colloques et Séminaires ORSTOM/INRA.

Ould Baba SY. M. 2005. Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional. Thèse de doctorat en Géologie, Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie.

Page L.M, Burr B.M. 1991. A field guide to freshwater fishes: North America north of Mexico. Houghton Mifflin (Boston).

Pappalardo A.M, Ferrito V, Messina A, Guarino F, Patarnello T, De Pinto V. & Tigano C 2008. Gentics structure of the killifish Aphanius fasciatus, Nardo 1827 (Teleostei, Cyrinodontidae), results of mitochondrial DNA analysis : *J. Fish. Biol*., 72:1154-1173.

Panfili J, De Pontual H, Troadec H. & Wright P.J. 2002. Manual of Fish sclerochronology. Ifremer-IRD coedition, Brest, France, 464 p.

Pannella G. 1980. Growth pattern in fish sagittae. In Skeletal growth of aquatic organisms. Biological records of environmental change (Rhoads, D.C & Lutz, R.A., ed.), pp. 519-560. New York, USA and London, UK: Plenum Press.

Parenti L.R, Tigano C. 1993. Polymorphic skeletal characters in Aphanius fasciatus (Teleostei: Cyprinodontiformes). Copeia., 1993: 1132-1137.

Paugy D, Lévêque C. & Duponchelle F. 2006. La reproduction. In : Lévêque C, Paugy D. (eds.). Les poissons des eaux continentales africaines: diversité, écologie, utilisation par l'homme. IRD Editions, 149-150.

Pellegrin J. 1921. Les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord française: Maroc, Algérie, Tunisie, Sahara. *Mem. Soc. Sci. Nat. Maroc*., 2:216p.

Penaz M, Zaki M. 1985. Cyprinodont fishes of Lake Mariut, Egypt. *Fol. Zool*., 34: 373-384.

Perdices A, Doadrio I. 1992. Presence of the Asiatic cyprinid Pseudorasbora parva (Schlegel 1842) in North Africa. *Misc. Zool*., 16:236-239.

Parenti L.R, Tigano C, 1993. Polymorphic skeletal characters in Aphanius fasciatus (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Copeia*., 1993: 1132-1137.

Philippart J. C. 1971. Age et croissance de la vandoise, Leuciscus leuciscus (L.) dans l'Ourthe et la Berwine. *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg*., 103: 61-77.

Playfair H.M, Letourneux M. 1871. Memoir on the hydrogeographical system and the freshwater fish of Algeria. *Ann. Ma. Gnat. Hist*., 4:373-394.

Ricker W. E. 1971. Methods for Assessment of fish Production in Fresh Waters IBP. Handbook 348 p. 3.

Rikhter V. A, Efanon V.N. 1976. On the approaches to estimation of natural mortality of fish population. ICNAF Res. Doc., 76/VI/8: 1-12.

Roberts T.R. 1975. Geographical distribution of African freshwater fishes. *Zool. J. Linn. Soc.* 57: 249-319.

Rognon P. 1994. Biographie d'un désert : le Sahara. Ed. L'Harmattan, Paris, 347 p.

Rouis S. O, Rouis A. O, Micha J. C. & Arab A. 2012. Biologie de la reproduction du Cyprinidae, Barbus callensis dans le lac de barrage Hamiz (Algérie). *Tropicultura*., 30 :88-93.

Rouis, S. O., Rouis, A. O., Dumont, H. J., Magellan, K., & Arab, A. 2016. Dynamics and effects of Ligula intestinalis (L.) infection in the native fish Barbus callensis Valenciennes, 1842 in Algeria. *Act. Parasit*., 61 :307-318.

Siddiqui A.Q.1977. Reproductive biology, length-weight relationship and relative condition of Tilapia leucosticta (Trewavas) in Lake Naivasha, Kenya. *J. Fish. Biol*., 10: 251-260.

Sparre P, Venema S. C. 1996. Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. Première partie : Manuel FAO. Document technique sur les pêches numéro 306/2 Rev.1, Rome : 106p.

Stergiou K.I. 2000. Life-history patterns of fishes in the Hellenic seas. *Web Ecology*., 1: 1-10.

Teugels G.G. 1992. Clariidae. In: Levêque C, Paugy D, Teugels GG (eds). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Faune Tropicale. ORSTOM, Paris, 468-495.

Tesch F.W.1968. Age and growth. In: Methods for Assessment of Fishes Production in Freshwater (Ricer W.E., ed.), pp. 93-123. IBP Handbook, Blackwell Science Pub.3.

Teugels G.G, Van Den Audenaerde D.F.T. 2003.Cichlidae. In: Paugy D, Lévêque C, Teugels GG (eds). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest,Volume 2. Faune et Flore Tropicales. IRD, MNHN, MRAC, Paris - Tervuren, 520-600.

Tigano C, Ferrito V, 1985. Studio osteologico comparato del cranio di popolazioni di Aphanius fasciatus (Nardo 1827) (Pisces: Cyprinodontidae) dell'Adriatico e diffumi di Sicilia. *Animalia*., 12: 13-57.

Tigano C, Parenti L.R, 1988. Homology of the median ethmoid ossi-fications of Aphanius fasciatus and other Atherinomorph fishes. *Copeia*., 4: 866-870.

Tigano C. 1991. Il Polymorfismo della mascella superiore in Aphanius fasciatus Nardo (Pisces, Cyprinodontidae). *Animalia*., 18: 61-70.

Tigano C, Ferrito V.& Nicosia R. 1999. Morphological analysis of the pharyngeal jaws in two populations of Lebias fasciata Valenciennes, 1821 (Teleostei, Cyprinodontidae). *J.Morphol*., 241: 107-114.

Tigano C, Ferrito V, Adorno A, Mannino M.C.& Mauceri A. 2001. Pharyngeal and oral jaw differentiation in five populations of Lebias fasciata (Teleostei: Cyprinodontidae). *Ital. J. Zool*., 68: 201-206.

Toumi I. 2010. Contribution à l'étude bioécologique du peuplement ichtyologique de la région du Souf. Mémoire de Magistère en Écologie Animale, Univ. Biskra, Algérie. 114p.

Trabelsi M, Maamouri F, Quignard J.P, Boussaïd M. & Faure E. 2004. Morphometric or morpho-anatomal and genetic investigations highlight allopatric speciation in Western Mediterranean lagoons within the Atherina lagunae species (Teleostei,Atherinidae). *Estu. Coast. She Sci*., 61: 713-723.

Unesco 1972. Étude des ressources en eau du Sahara Septentrional : Captage et utilisation des eaux souterraines. Plaquette 7, Unesco.

Villwock W. 1999. Biogeography of cyprinodontiform fishes (Teleostei: Cyprinodontidae) of the Mediterranean region. In: Planelles-Gomis M, Editors. Peces ciprinodóntidos Ibéricos Fartet y Samaruc. Generalitat Valenciana Conselleria de Medio Ambiente, Valencia, Spain pp 13-31.

Von Bertalanffy 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol*., 2:181-213.

Weatherley A.H. 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press, London pp 209-242.

West G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. *Aust. J. Mar. Fresh. Rese*., 41: 199-222.

Whitehead P.J.P, Bauchot M.L, Hureau J.C, Nielsen J. & Tortonese E. 1986. Poissons de l'Atlantique du Nord-est et de la Méditerranée, Volume II. Ed. Unesco.

Zouakh D.E, Bouhadad R, Moulla M. & Cherbi M.2004. L'ichtyofaune, macrofaune benthique et peuplements zooplanctoniques des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili. *Bull. Soc. Zool. Fr*., 103:55-80.

RÉSUMÉS

SUMMARY

This study is devoted to the study of the ichtyodiversity of the region of Oued Righ (Southeastern Algerian), the biology and the dynamics of two species *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) and *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827). It comprises three parts.

The first part describes the general characteristics of the study area: the geography, the geology, the hydrology and the climatology. In addition, the study area, the methods and the sampling techniques were described.

The second part is a contribution to the knowledge of the ichtyofauna of the inland waters of the region of the Oued Righ, the ecology of the species and their distribution. The inventory carried out in 3 ecosystems of this area (channel of the Oued Righ, lake Ayata and lake Temacine), between December 2010 and December 2011, allow us to count 4 species (*Hemichromis bimaculatus, Tilapia zilli, Aphanius fasciatus* and *Gambusia halbrooki*) belonging to 3 families (Cyprinodontidae, Poecilidae and Cichlidae). The demographic structure and the dynamics of the populations of the 4 species are analyzed by site. The results show a similarity of the temporal distributions and the frequencies of the sizes between the various sites considered.

The third part shows a thorough study of the biology of two species; *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) and *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827). The samples were carried out between December 2010 and December 2011. The determination of the type of allometry reveals mainly a negative growth for the two species. Scale marginal growth allows identifying only one growth stop annulus per year for both species. Occurring in April for *H.bimaculatus* and in May for *A. fasciatus.* The growth of the two species has been described by the classical model of Von Bertalanffy. The performance index (φ) shows a relatively weak growth of the local population of *A. fasciatus.* The relative growth of the two species is globally negative, (b = 2.8) for *H.bimaculatus* and (b = 2.86) for *A. fasciatus.* Longevity is approximately 3 years for *H. bimaculatus* and 6 years for *A. fasciatus*. The sex-ratio is clearly in favour of the females for both species. Macroscopic examination of gonads and gonado-somatic index indicated that spawning occurs once a year between February and July for the two species. The length at the first maturity for *H. bimaculatus* is 4cm for males and 5.5 cm for females. On the other hand and for *A. fasciatus* is 4.5 cm for males and 5 cm for females.

Key words: Oued Righ; *A. fasciatus*; *H. bimaculatus*; Ichtyodiversity; Biology; Algeria.

ملخص

خصص هذا البحث لدراسة التنوع السمكي لمنطقة وادي ريغ (جنوب شرق الجزائر)، وكذلك دراسة بيولوجيا نوعين هما *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) و *Aphanius fasciatus*(Nardo,1827) كما يحتوي البحث على ثلاثة أجزاء.

الجزء الأول يتطرق للخصائص العامة لمنطقة الدراسة: جغرافيا، جيولوجيا، هيدرولوجيا و مناخيا. بالإضافة إلى أنه يتطرق لتحديد وتعريف مواقع الدراسة، طرق و تقنيات أخذ العينات.

الجزء الثاني هو عبارة عن إسهام في التعرف على التنوع السمكي الموجود في المياه القارية لمنطقة وادي ريغ (جنوب شرق الجزائر)، ودراسة هذه الأنواع المحصاة بيئيا و كيفية توزعها. الإحصاء تم على مستوى ثلاث أنظمة بيئية مختلفة في هذه المنطقة (قناة واد ريغ، بحيرة عياطة و بحيرة تماسين), ما بين ديسمبر 2010 و ديسمبر 2011، سمحت هذه الدراسة بإحصاء 4 أنواع (*Hemichromis bimaculatus, Tilapia zilli* و *Aphanius fasciatus* و *Gambusia halbrooki*) تتضمن 3 عائلات (Cyprinodontidae Poecilidae, Cichlidae). التركيبة الديموغرافية و ديناميكية المجموعات بالنسبة للأنواع الأربعة عولجت في كل موقع على حدى.بينت النتائج على التماثل في التوزع الزمني وكذا تكرارات الأطوال بين مختلف المواقع المعنية.

الجزء الثالث يعرض الدراسة المعمقة لبيولوجيا النوعين *Hemichromis bimaculatus* (Gill,1862) و *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) ، العينات المعالجة أُصطادت ما بين ديسمبر 2010 و ديسمبر 2011، تحديد نوع allométrie يظهر جليا تزايد متناقصا allométrie minorante، بالنسبة للنوعين معا. أثبت التتبع الزمني للزيادة الهامشية تمايز حلقة نمو واحدة في السنة بالنسبة للنوعين، في شهر أفريل بالنسبة *Hemichromis bimaculatus* أما *Aphanius fasciatus* شهر مايو، عُبِرَ عن النمو بالنموذج الرياضي الكلاسيكي ل Von Bertalanffy، أظهر مؤشر النمو (φ) نموا بطيئا للعشيرة المحلية بالنسبة *Aphanius fasciatus*، النمو النسبي بالنسبة للنوعين من نوع allométrie minorante بحيث (b = 2,8) بالنسبة ل*Hemichromis bimaculatus* و (b = 2,86) بالنسبة ل*Aphanius fasciatus*، قُدِر مدى الحياة بالنسبة ل*Hemichromis bimaculatus* بحوالي ثلاث سنوات و ستة سنوات بالنسبة ل *Aphanius fasciatus*، التغيرات الشهرية للوزن النسبي للغدد التناسلية لل (RGS) سمح لنا بتحديد فترة التبييض أو التفريخ وهي الفترة الممتدة بين فيفري إلى غاية جويلية وهذا بالنسبة للنوعين معا. يكون جميع الذكور بالغين إبتداءا من الطول 4 سم وكذلك الإناث عند الطول 5,5 سم بالنسبة ل *Hemichromis bimaculatus*، *اما* بالنسبة ل*Aphanius fasciatus* يكون بلوغ الإناث متأخرا قليلا عند طول يساوي 5 سم مقارنة بالذكور الذين يكون البلوغ عندهم عند الطول 4,5 سم.

الكلمات المفتاحية:

واد ريغ، *Hemichromis bimaculatus*، *Aphanius fasciatus*، التنوع السمكي، الجزائر.

ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau N°1 : Données climatiques de la région de l'Oued Righ (1975 - 2012)
(Source O.N .M, 2012)

Paramètres / Mois	T max	T min	T moy	P (mm)	H %	V (m/s)	Eva (mm)	Insu (h)
Jan	17.67	4.13	10.9	7.13	62.23	2.15	107.3	212.7
Fév	18.48	4.85	11.67	2.93	55.53	2.74	119.7	253.5
Mars	23.04	9.6	16.32	7.55	50.15	3.09	166.04	262.43
Avril	28.62	14.14	21.38	6.3	45.17	3.9	234.4	293.5
Mai	32.75	18.66	25.71	4.04	41.48	3.7	255.6	332.6
Juin	38.82	24.16	31.5	0.85	34.8	3.07	306.04	322.3
Juill	42.24	27.41	34.8	0.48	28.85	3.27	408.6	365.27
Aout	41.2	26.21	33.7	2.06	30.63	2.75	370.7	346.02
Sept	36.63	22.62	29.63	3.2	38.7	2.68	261.04	269.8
Oct	29.73	16.15	22.94	3.1	50.23	2.11	171.9	269.8
Nov	23.48	10.39	16.94	3.31	56.9	2.47	137.9	245.54
Déc	18.48	11.16	14.82	2.07	61.53	2	101.6	252.2
Moyenne	29.26	15.79	22.53	*43.02	46.35	2.38	*2640.8	*3425.66

ANNEXE 2

Tableau 3. Test d'égalité des variances, comparaison de la pente de la position des droites de régression chez les mâles et les femelles de *H. bimaculatus* de la région de l'Oued Righ.

Fonction	Equation de régression		Tpe		tpo	
	Femelles	Males	t_{obs}	$t_{1-\alpha/2}$ α=0.05	t_{obs}	$t_{1-\alpha/2}$ α=0.05
Ls=f (Lt)	Ls=1.001Lt-0.102	Ls=1.018Lt-0.112	1.839	1.977*	-	1.977
Lc=f (Lt)	Lc=0.936Lt-0.499	Lc=1.058Lt-0.596	2.531	1.977*	-	1.977
Lnd=f (Lt)	Lnd=1.252Lt-0.572	Lnd=1.069Lt-0.407	4.169	1.977*	-	1.977
Lnp=f (Lt)	Lnp=1.046Lt-0.794	Lnp=1.026Lt-0.772	0.448	1.977	0.015	1.977
Env=f (Lt)	Env=1.622Lt-1.304	Env=2.176Lt-1.785	3.941	1.977*	-	1.977
Lna=f (Lt)	Lna=1.043Lt-0.844	Lna=1.265Lt-1.041	3.665	1.977*	-	1.977
End=f (Lt)	End=1.357Lt-1.158	End=1.916Lt-1.634	3.508	1.977*	-	1.977
Lpd=f (Lt)	Lpd=0.898Lt-0.455	Lpd=1.111Lt-0.635	3.144	1.977*	-	1.977
LPp=f (Lt)	LPp=0.936Lt-0.460	LPp=1.187Lt-0.666	3.531	1.977*	-	1.977
LPv=f (Lt)	LPv=0.993Lt-0.469	LPv=1.228Lt-0.669	2.525	1.977*	-	1.977
LPa=f (Lt)	LPa=1.011Lt-0.170	LPa=1.072Lt-0.217	1.453	1.977	0.083	1.977
Do=f (Lc)	Do=0.815Lc-0.493	Do=0.869Lc-0.510	1.805	1.977	0.021	1.977
LPo=f (Lc)	LPo=0.871Lc-0.534	LPo=0.922Lc-0.551	1.628	1.977	0.02	1.977
Lms=f (Lc)	Lms=0.992Lc-0.826	Lms=1.006Lc-0.827	0.249	1.977	0.01	1.977
Hc=f (Lt)	Hc=1.020Lt-0.550	Hc=1.049Lt-0.572	0.592	1.977	0.002	1.977
Hpc=f (Lt)	Hpc=1.238Lt-1.088	Hpc=2.164Lt-1.860	4.6	1.977*	-	1.977
Ec=f (Lt)	Ec=1.157Lt-0.907	Ec=1.224Lt-1.080	0.877	1.977	0.108	1.977
Eio=f (Lc)	Eio=0.846Lc-0.544	Eio=0.963Lc-1.107	3.33	1.977*	-	1.977
Ein=f (Lc)	Ein=1.195Lc-0.755	Ein=1.1280Lc-1.48	1.916	1.977	0.02	1.977

ANNEXE 2

Tableau 1. Distribution statistique des différents caractères méristiques étudiés chez *Hemichromis bimaculatus* de la région de l'oued Righ Sud-est Algérien (N = 199).

Caractères numériques	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs extrêmes
nombre de branchiospines	11.14	0.35	11	11-12
nombre d'écailles sur la ligne latérale supérieur	18.03	1.14	19	16-19
nombre d'écailles sur la ligne latérale inférieure	8.26	0.69	8	07-09
nombre de rayons durs des nageoires dorsales	14.09	0.29	14	14-15
nombre de rayons mous des nageoires dorsales	10.09	0.28	11	10-11
nombre de rayons durs des nageoires anales	03	0	03	03
nombre de rayons mous des nageoires anales	7.89	0.30	08	07-08
nombre de rayons durs des nageoires ventrales	01	0	01	01
nombre de rayons mous des nageoires ventrales	05	0	05	05
nombre de rayons des nageoires pectorales	14.18	0.38	14	14-15
nombre des vertèbres	24.14	0.67	24	23-25

ANNEXE 2

Tableau 2. Equations de régression et coefficients de corrélation (r) des caractères mesurés en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) chez la population totale (N = 199) de *Hemichromis bimaculatus*. +: allométrie majorante, -: allométrie minorante, =: isométrie, * significatif au seuil de 5 %, ** significatif au seuil de 1%, ***significatif au seuil 0,1%.

Fonction	r	Equation de regression	type d'allomertie tobs	valeurs limites
Ls=f (Lt)	0,967	Ls=0.978Lt-0.081	1.23 (=)	1,43≤ Ls ≤5,13
Lc=f (Lt)	0,940	Lc=0.926Lt-0.488	3.16 (-) **	0,45≤ Lc ≤1,45
Lnd=f (Lt)	0,929	Lnd=1.159Lt-0.483	5.64 (+) **	0,22≤ Lnd ≤0,77
Lnp=f (Lt)	0,839	Lnp=1.068Lt-0.808	1.70 (=)	0,45≤ Lnp ≤0,80
Env=f (Lt)	0,842	Env=1.477Lt-1.181	10.44 (+) ***	0,26≤ Env ≤0,60
Lna=f (Lt)	0,874	Lna=1.038Lt-0.844	1.10 (=)	0,21≤ Lna ≤0,56
End=f (Lt)	0,806	End=1.342Lt-1.148	7.10 (+) ***	0,28≤ End ≤0,62
Lpd=f (Lt)	0,905	Lpd=0.982Lt-0.525	0.58 (=)	1,11≤ Lpd ≤ 3,07
LPp=f (Lt)	0,913	LPp=0.908Lt-0.434	3.31 (-) **	0,64≤ LPp ≤1,45
LPv=f (Lt)	0,883	LPv=1.753Lt-1.094	17.74 (+) ***	1,45≤ LPv ≤2,50
LPa=f (Lt)	0,960	LPa=1.013Lt-0.175	0.67 (=)	1,04≤ Lpa ≤3,33
Do=f (Lc)	0,909	Do=0.738Lc-0.472	10.36 (-) ***	0,20≤ Do ≤0,35
LPo=f (Lc)	0,957	LPo=0.831Lc-0.522	8.95 (-) ***	0,20≤ Lpo ≤0,34
Lms=f (Lc)	0,897	Lms=0.881Lc-0.788	4.02 (-) **	0,17≤ Lms ≤0,30
Hc=f (Lt)	0,949	Hc=1.165Lt-0.670	6.88 (+) ***	0,20≤ Hc ≤1,70
Hpc=f (Lt)	0,835	Hpc=1.231Lt-1.073	5.35 (+) **	0,27≤Hpc ≤0,84
Ec=f (Lt)	0,882	Ec=1.091Lt-0.860	2.62 (+) *	0,23≤ Ec ≤0,92
Eio=f (Lc)	0,958	Eio=0.828Lc-0.540	9.35 (-) ***	0,17≤ Eio ≤0,30
Ein=f (Lc)	0,958	Ein=0.781Lc-0.785	9.23 (-) ***	0,15≤ Ein ≤0,25

ANNEXE 2

Tableau 4. Evolution mensuelle de la sex-ratio *Hemichromis bimaculatus* de la région de l'oued Righ Sud-est Algérien. (N: effectif; n.s: non significatif ; χ^2 : test de χ^2)

Mois	N Mâles	N Femelles	N total	Sex-ratio	χ^2
D-2010	17	21	38	0.80	0.42 n.s
J	11	13	24	0.84	0.16 n.s
F	11	12	23	0.91	0.04 n.s
M	19	20	39	0.95	0.02 n.s
A	22	18	40	1.22	0.40 n.s
M	28	25	53	1.12	0.16 n.s
J	8	9	17	0.88	0.05 n.s
J	29	30	59	0.96	0.01 n.s
A	13	15	28	0.86	0.14 n.s
S	12	11	23	1.09	0.04 n.s
O	28	27	55	1.03	0.01 n.s
N-2011	14	13	27	1.07	0.03 n.s
annuelle	212	214	426	0.99	0.009 n.s

Tableau 5. Evolution saisonnière de la sex-ratio *Hemichromis bimaculatus* de la région de l'oued Righ Sud-est Algérien. (N: effectif; n.s: non significatif; χ^2 : test de χ^2)

Mois	N Males	N Femelles	SR	χ^2
Été	50	54	0,92	0.15 n.s
Automne	54	51	1,05	0.08 n.s
Hiver	39	46	0,84	0.57 n.s
Printemps	69	63	1,09	0.27 n.s
Annuelle	212	214	0,99	0.009 n.s

ANNEXE 2

Tableau 6 . Variation de la sex-ratio en fonction de la taille (en cm) de *Hemichromis bimaculatus* de la région de l'oued Righ Sud-est Algérien. (C.T: classes de taille; N: effectif; n.s: non significatif; * : P≤ 0,05 ; χ^2 : test de χ^2 ; -- : absence d'individus).

C.T (cm)	N Males	N Femelles	SR	χ^2
] 3-3.5]	4	1	4	-
] 3.5-4]	17	9	1.88	2.46 n.s
] 4-4.5]	16	10	1.6	1.38 n.s
] 4.5-5]	25	19	1.31	0.81 n.s
] 5-5.5]	13	13	1	-
] 5.5-6]	11	20	0.55	2.61 n.s
] 6-6.5]	19	38	0.5	6.33 *
] 6.5-7]	28	52	0.53	7.2 *
] 7-7.5]	20	28	0.71	1.33 n.s
] 7.5-8]	25	12	2.08	4.56 *
] 8-8.5]	17	11	1.54	1.28 n.s
] 8.5-9]	8	4	2	1.33 n.s
] 9-9.5]	3	1	3	-
] 9.5-10]	1	1	1	-

Tableau 7. Variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS) chez *Hemichromis bimaculatus* de la région de l'oued Righ Sud-est Algérien. (M: effectif des mâles; F: effectif des femelles; Et: écart-type).

MOIS	RGS M	Et M	RGS F	Et F	M	F
D-2010	0,11	0,08	0,17	0,07	8	9
J	0,06	0,03	0,23	0,22	10	11
F	0,26	0,19	0,36	0,20	11	15
M	0,89	0,50	3,16	2,43	16	16
A	0,99	0,33	7,24	3,62	21	20
M	1,12	0,50	7,52	6,04	26	24
J	0,90	0,31	3,91	2,65	20	15
J	0,64	0,50	1,85	1,34	28	30
A	0,58	0,35	0,92	0,54	16	17
S	0,39	0,20	0,89	1,17	14	14
O	0,28	0,17	0,33	0,18	26	28
N-2011	0,18	0,14	0,48	0,22	16	15

ANNEXE 2

Tableau 8. Variations mensuelles du rapport hépato-somatique (RHS) chez *Hemichromis bimaculatus* de la région de l'oued Righ Sud-est Algérien. (M: effectif des mâles; F: effectif des femelles; Et: écart-type)

MOIS	RHS M	RHS F	Et M	Et F	M	F
D-2010	0,87	0,46	0,46	0,30	M	F
J	1,68	1,27	1,03	0,39	8	9
F	1,07	1,37	0,33	0,37	10	11
M	1,93	1,68	1,01	0,69	11	15
A	1,42	1,76	0,47	0,70	16	16
M	1,27	1,61	0,36	0,64	21	20
J	1,60	1,85	0,79	0,46	26	24
J	1,78	1,54	1,15	0,91	20	15
A	4,54	3,50	2,84	1,75	28	30
S	3,21	1,96	1,44	0,93	16	17
O	2,53	1,88	2,81	1,27	14	14
N-2011	2,42	2,21	1,42	1,41	16	15

Tableau 9. Evolution mensuelle de l'accroissement marginal (AM) calculé à partir des écailles (mm) chez *Hemichromis bimaculatus* de la région de l'oued Righ Sud-est Algérien. (T: population totale; Et: écart-type).

Mois	AM (T)	Et	AM (1 ans)	Et	AM (2 ans)	Et	AM (3 ans)	Et
D-2010	0,14	0,09	0	0	0,12	0,06	0,17	0,1
J	0,13	0,05	0	0	0,11	0,05	0,18	0,04
F	0,16	0,13	0	0	0,18	0,15	0,12	0,06
M	0,14	0,06	0	0	0,14	0,07	0,15	0,05
A	0,2	0,15	0	0	0,24	0,14	0,17	0,13
M	0,18	0,1	0	0	0,25	0,13	0,12	0,04
J	0,097	0,05	0,09	0,05	0,08	0,04	0,1	0,05
J	0,13	0,11	0,11	0,06	0,15	0,09	0,12	0,12
A	0,11	0,07	0,11	0,05	0,11	0,05	0,14	0,1
S	0,13	0,14	0,16	0,2	0,1	0,03	0,19	0,03
O	0,17	0,19	0,22	0,22	0,14	0,19	0,14	0,06
N-2011	0,15	0,09	0,4	0	0,12	0,05	0,14	0,05

ANNEXE 2

Tableau 10. Distribution statistique des différents caractères méristiques étudiés chez *HAphanius fasciatus* du Lac Ayata Sud-est Algérien (N = 210).

Caractères numériques	Moyenne	Ecart-type	Mode	Valeurs extrêmes
nombre de branchiospines	11.15	0.36	11	11-12
nombre d'écailles sur la ligne latérale	26.25	0.50	26	25-27
nombre de rayons des nageoires dorsales	10.48	0.75	10	10-12
nombre de rayons des nageoires anales	8.11	0.31	03	8-9
nombre de rayons des nageoires ventrales	01	0.49	07	6-8
nombre de rayons des nageoires pectorales	14.10	0.30	14	14-15
nombre des barres	10.82	0.53	11	3-16
nombre des vertèbres	24.14	0.67	24	23-25

ANNEXE 2

Tableau 11. Equations de régression et coefficients de corrélation (r) des caractères mesurés en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) chez la population totale (N = 210) d'*Aphaniuss fasciatus*. +: allométrie majorante, -: allométrie minorante, =: isométrie, * significatif au seuil de 5 %, ** significatif au seuil de 1%, ***significatif au seuil 0,1%.

Fonction	r	Equation de regression	type d'allomertie tobs	valeurs limites
Ls=f (Lt)	0,968	Ls=1,040Lt-0,110	2,27 (+)*	1,43≤ Ls ≤5,13
Lc=f (Lt)	0,946	Lc=0,983Lt-0,630	0,74 (=)**	0,45≤ Lc ≤1,45
Lnd=f (Lt)	0,9	Lnd=1,0983Lt-1,048	3,11 (+)**	0,22≤ Lnd ≤0,77
Lnp=f (Lt)	0,988	Lnp=0,624Lt-0,595	47,34 (-)*	0,45≤ Lnp ≤0,80
Env=f (Lt)	0,972	Env=0,912Lt-0,936	5,56 (-)***	0,26≤ Env ≤0,60
Lna=f (Lt)	0,966	Lna=0,984Lt-0,997	2,62 (-)*	0,21≤ Lna ≤0,56
End=f (Lt)	0,967	End=0,852Lt-0,876	9,17 (-)**	0,28≤ End ≤0,62
Lpd=f (Lt)	0,982	Lpd=1,141Lt-0,390	10,41 (+)	1,11≤ Lpd ≤ 3,07
LPp=f (Lt)	0,952	LPp=1,223Lt-0,747	9,64 (+)	0,64≤ LPp ≤1,45
LPv=f (Lt)	0,971	LPv=0,704Lt-0,129	21,93 (-)***	1,45≤ LPv ≤2,50
LPa=f (Lt)	0,888	LPa=1,007Lt-0,181	1,47 (=)**	1,04≤ Lpa ≤3,33
Do=f (Lc)	0,922	Do=0,366Lc-0,529	44,15 (-)	0,20≤ Do ≤0,35
LPo=f (Lc)	0,967	LPo=0,536Lc-0,564	38,06 (-)*	0,20≤ Lpo ≤0,34
Lms=f (Lc)	0,975	Lms=0,554Lc-0,612	40,76 (-)**	0,17≤ Lms ≤0,30
Hc=f (Lt)	0,858	Hc=1,407Lt-0,890	9,73 (+)	0,20≤ Hc ≤1,70
Hpc=f (Lt)	0,848	Hpc=1,059Lt-0,907	1,57 (=)	0,27≤Hpc ≤0,84
Ec=f (Lt)	0,851	Ec=1,366Lt-1,014	9,85 (+)***	0,23≤ Ec ≤0,92
Eio=f (Lc)	0,974	Eio=0,521Lc-0,609	45,34 (-)**	0,17≤ Eio ≤0,30
Ein=f (Lc)	0,984	Ein=0,499Lc-0,705	60,88 (-)**	0,15≤ Ein ≤0,25

ANNEXE 2

Tableau 12. Variation de la sex-ratio en fonction de la taille (en cm) d*'Aphanius fasciatus* du Lac Ayata Sud-est Algérien (N: effectif ; * : P≤ 0,05 ; χ^2 : test de χ^2).

center de classe (cm)	Males (%)	Femelles (%)	nomber Total	X^2calculer
1.75	-	100	5	5.00
2.00	-	100	7	7.00
2.25	19.04	80.95	21	8.04*
2.55	47.22	52.77	36	0.11
2.85	48.95	51.04	96	0.04
3.15	67.93	32.06	184	23.67*
3.45	52.06	47.93	242	0.41
3.75	51.15	48.84	217	0.11
4.05	38.11	61.88	223	12.59*
4.35	27.70	72.29	231	45.92*
4.65	32.01	67.98	228	29.49*
4.95	28.50	71.50	200	36.98*
5.25	7.29	92.70	96	70.04*
5.55	4.00	96.00	50	42.32*
5.85	10.00	90.00	30	19.20*
6.15	-	100	2	2.00
Total	38.59	61.40	1868	97.14*

Tableau 13. Evolution saisonnière de la sex-ratio d*'Aphanius fasciatus* du Lac Ayata Sud-est Algérien. (N: effectif; χ^2 : test de χ^2)

Saison	Males	Femelles	nomber Total	χ^2calculer
	(%)	(%)		
Eté	33.93	66.06	442	45.61*
Automne	41.76	58.23	407	11.02*
Hiver	34.81	65.18	583	53.73*
Printemps	45.41	54.58	436	3.66*
Annuelle	38.59	61.40	1868	97.14*

ANNEXE 2

Tableau 14. Variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS) chez d*'Aphanius fasciatus* du Lac Ayata Sud-est Algérien. (M: effectif des mâles; F: effectif des femelles; Et: écart-type).

MOIS	RGS M	Et M	RGS F	Et F	M	F
N-2010	1,18953521	0,83904496	0,60935492	0,24461237	65	112
D	0,78314477	0,78226876	0,85236195	0,90033314	66	132
J	0,73683509	0,32850647	1,00405045	1,83496526	61	89
F	0,76694483	0,16494475	0,99242222	1,06922449	21	89
M	4,16475966	4,2121866	15,0876445	8,65328939	60	60
A	3,89320438	2,39657442	15,5074949	4,06580114	11	69
M	1,45805902	1,98215389	15,7376605	4,43528706	8	78
J	0,23351289	0,23583328	7,74174602	4,5994609	11	70
J	0,1406741	0,2706763	0,35653812	0,29955696	44	76
A	0,16275576	0,42761746	0,20544105	0,23339177	33	77
S	0,17848273	0,10755148	1,15909607	1,20541995	25	96
O-2011	0,30707595	0,17287906	0,44198889	0,35465947	55	65

Tableau 15. Variations mensuelles du rapport hépato-somatique (RHS) chez d*'Aphanius fasciatus* du Lac Ayata Sud-est Algérien. (M: effectif des mâles; F: effectif des femelles; Et: écart-type)

MOIS	RGS M	Et M	RGS F	Et F	M	F
N-2010	0,6542999	0,30867246	0,65896469	0,25942952	65	112
D	0,84552162	0,22082035	1,04759526	0,24327907	66	132
J	1,08184423	0,52021525	1,21296183	0,16082926	61	89
F	1,10730598	0,14595959	1,14591931	0,26938647	21	89
M	2,39136779	0,36785655	3,95506845	0,44330254	60	60
A	3,4771411	0,64883146	3,89601711	0,34747628	11	69
M	0,43345443	0,45433323	2,31573831	0,95635863	8	78
J	0,55352364	0,52788399	1,54471294	0,88503587	11	70
J	0,58910038	0,19516004	0,62552259	0,52351869	44	76
A	0,33886296	0,37130593	0,44793903	0,35515021	33	77
S	1,82879623	0,55983299	1,24116459	0,23795003	25	96
O-2011	0,56106854	0,75813381	1,13884876	0,09150256	55	65

Age, growth and reproduction of the endangered jewelfish *Hemichromis bimaculatus* (Cichlidae) in the valley of Oued Righ (South-eastern Algeria)

by

Rabie GUEZI & M. Hichem KARA* (1)

Abstract. – Age, growth and reproduction of 493 jewelfish *Hemichromis bimaculatus* Gill, 1862 in the valley of Oued Righ (Algeria) were studied from December 2010 to December 2011. The total length and weight of the individuals ranged from 21 to 107 mm and 0.20 to 14.9 g, respectively. Monthly follow-up of the scale marginal growth allowed identifying only one growth stop annulus per year, occurring in April. Back-calculations of total length-at-age permitted to determine that the population was composed of three age classes in both sexes. The adjustment to von Bertalanffy growth model was satisfactory with L_∞ = 11.6 cm, K = 0.2, to = -0.5. The fitted total length-total weight relationship was $W = 0.026\ L^{2.803}$. Macroscopic examination of gonads and monthly follow-up of gonadosomatic index indicated that spawning occurred once a year between March and June with a peak activity in April-May. The GSI reached a maximum of 1.12% in males and 7.52% in females. The length at first maturity was 4.5 cm for males and 5.7 cm for females.

© SFI
Received: 4 Nov. 2014
Accepted: 12 Nov. 2015
Editor: K. Rousseau

Key words
Cichlidae
Hemichromis bimaculatus
Algeria
Oued Righ
Growth
Reproduction

Résumé. – Âge, croissance et reproduction de l'acara rouge *Hemichromis bimaculatus* dans la vallée de l'oued Righ (Algérie).

L'âge, la croissance et la reproduction de 493 Acaras rouges *Hemichromis bimaculatus* Gill, 1862 de la vallée de l'oued Righ (Algérie) ont été étudiés entre décembre 2010 et décembre 2011. La longueur totale et le poids total varient entre 21 et 107 mm et entre 0,20 et 14,9 g, respectivement. Le suivi mensuel de l'allongement marginal des écailles montre qu'il ne se forme qu'un seul anneau d'arrêt de croissance par an, en avril. Par rétro-calcul des tailles aux différents âges, trois cohortes ont été identifiées chez les deux sexes. L'ajustement du modèle de Von Bertalanffy aux données âge-longueur est satisfaisant avec L_∞ = 11,6 cm, K = 0,2, to = -0,5. La relation taille-poids est décrite par l'équation $Pt = 0{,}026\ Lt^{2.803}$. L'examen macroscopique des gonades et le suivi des variations mensuelles du rapport gonadosomatique indiquent que la reproduction a lieu une fois par an, entre mars et juin, avec un pic en avril-mai. Le RGS atteint un maximum de 1,12% chez les mâles et de 7,52% chez les femelles. La longueur des poissons à la première maturité sexuelle est de 4,5 cm pour les mâles et de 5,7 cm pour les femelles.

Genus *Hemichromis* lives only in Africa where it is represented by 11 species (Froese and Pauly, 2014), of which only three are described in North Africa: *Hemichromis fasciatus* Peters, 1857, *Hemichromis letourneuxi* Sauvage, 1880, and *Hemichromis bimaculatus* Gill, 1862 (García *et al*., 2010). Only the last one is found in Algeria where it is autochtonous (Kara, 2012).

Hemichromis bimaculatus is widely distributed in West Africa, where it is known from most hydrographic basins (Teugels and Van Den Audenaerde, 2003), associated with forested biotopes. It is also reported from coastal basins of Cameroon, Democratic Republic of the Congo (Teugels, 1992) and northern regions (Algeria, Tunisia and Nile basin) (Kraiem, 1983; Le Berre, 1989; Kara, 2012), but not in Morocco (Azeroual *et al*., 2000). According to the IUCN Red List of freshwater fish in Northern Africa, this species is critically endangered (García *et al*., 2010).

Hemichromis bimaculatus is a benthopelagic fish that frequents fresh and brackish waters. It lives in zones with sandy bottoms or muds (Page and Burr, 1991), where it looks for prey (relatively great crustaceans, insects and other fishes) (Blay, 1985). The reproductive behaviour of this species contains fixed patterns, which are often organized in territorial, nest building, courtship and parental phases (Hildegard, 1985).

In North Africa, as in the entire African continent, biological information about *H. bimaculatus* is limited. In Nigeria, Hyslop (1987) studied some aspects of the biology of this fish in the Kandole Shela, and Ayoade and Ikulala (2007) in the Eleiyele Lake. In contrast, breeding behaviour of the species has attracted more attention (Figler *et al*., 1975; Hildegard, 1984, 1985; David, 2007; Indira *et al*., 2013), as well as its scale histology (Sire, 1981, 1982, 1989; Sire and Meunier, 1981; Sire and Géraudie, 1983, 1984). In Algeria, despite the recent updating attempts of freshwater fish species inventory (Bacha and Amara, 2007; Kara, 2012), efforts are still needed in some geographical areas. Moreover, the ecology and the biology of these species are generally

(1) Marine Bioresources Laboratory, Annaba University Badji-Mokhtar, Annaba, Algeria. [rguezi@yahoo.fr]
* Corresponding author [kara_hichem@yahoo.com]

unknown. This paper aims to determine the characteristics of the age, growth and reproduction of *Hemichromis bimaculatus* in the valley of Oued Righ in south-eastern Algeria.

MATERIALS AND METHODS

Study area and sampling

The valley of Oued Righ is located in the northeastern Sahara desert of Algeria (Low Sahara basin), which occupies an area of about 600,000 km^2. It extends about 160 km from "El Goug" in the South to " Oum El Thiour" in the North, with an average width ranging between 30 and 40 km in a south-north direction (Fig. 1). More exactly, the study area lies between 32°53'5"-34°10'0"N and 5°47'50"-6°10'00"E. The climate along this area is arid to hyperarid, characterized by low rainfall and high rates of evapotranspiration. Daily mean temperatures vary between 10°C in the winter to 32°C in the summer, with August being the hottest month. Rainfall is generally low and tends to fall between November and March. The average annual rainfall is approximately 58 mm (Halis *et al*., 2012).

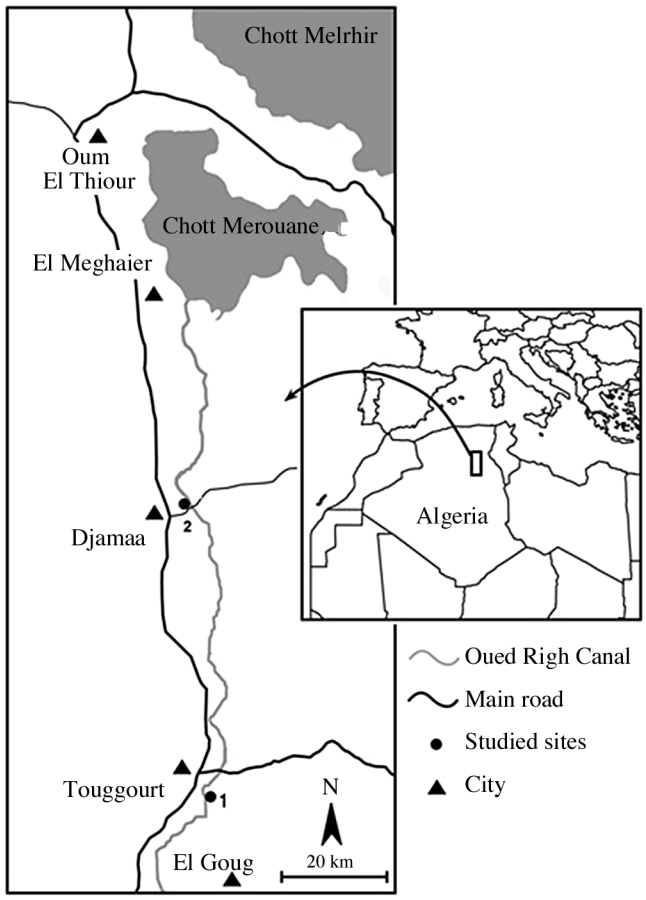


Figure 1. - Map of the Valley of Oued Righ with the location of the sampling localities. 1: Temacine Lake, 2: Oued Righ Channel.

H. bimaculatus samples were obtained monthly from December 2010 to December 2011 in two communicating sampling localities (Temacine Lake and Oued Righ Channel) (Fig. 1).

Age and growth

Scales of *Hemichromis bimaculatus* were placed between two glass slides and were photographed with a digital camera coupled with a binocular microscope. The photographs were digitally processed and used for calibration, measurements and quantification of growth increments of calcified structures. The digital processing was made using the TNPC software v. 5. (Fablet and Ogor, 2005). This software measured the distance between the focus and the different annuli and the marginal increment. Annuli are translucent zones under transmitted light (Panfili *et al*., 2002). Five to seven scales were removed from under the left pectoral fin. The total scale radius (R) and the radii of the different growth rings (R1, R2,… Rn) were measured along a median vertical line (Fig. 2).

In order to determine when these rings formed, we analyzed monthly variations of the relative marginal scale increment (MI), with $MI = R - Rn / Rn - Rn^{-1}$, where Rn and Rn^{-1} are the radius of the last and the next-to-last growth rings, respectively (Panfili *et al*., 2002). Individual age was determined taking into account the date of capture, the mean birth date (June) and time of annulus formation (May) according to Panfili *et al*. (2002). In this case, every growth ring corresponds to one year age.

The age-length relationship was back-calculated according to the Lee method (1920). The theoretical size of fishes when the first scales formed was obtained by a regression TL = f (R) based on 402 data ($21.9 \leq TL \leq 101$ mm, $6.6 \leq R \leq 27.3$ mm). Observed lengths were compared with the results of the back-calculation. The von Bertalanffy (1938) growth function was fitted to the length and age data and is expressed as: $TL = L\infty [1 - e^{-K (t - to)}]$, where TL is the length at age t, K is a constant determining the rate of change in the length increment and t_0 is the age of the fish at zero length. The regression equation for the length-weight relationship was estimated by the least squares method with log transformed data by the equation: $W = aL^b$, where W is the total body weight (g) and L is the total length (mm). All these parameters were determined using Fishparm software (Saila *et al*., 1988).

Reproduction and sex maturity

We calculated the sex ratio (SR) according to season and by function of length. SR values were calculated as follows: SR = number of males / number of females. To quantify the changes in gonad weight during the annual sexual cycle and to determine the spawning season, we calculated the gonadosomatic index (GSI) for 426 mature specimens

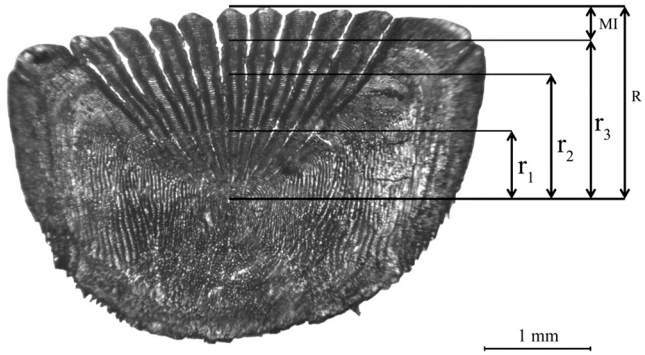


Figure 2. - Scale of *Hemichromis bimaculatus* (3 years old, TL = 9.30 cm), caught in Oued Righ valley (r_1 = first annulus, r_2 = second annulus, r_3 = third annulus; MI = marginal increment; R = total radius)

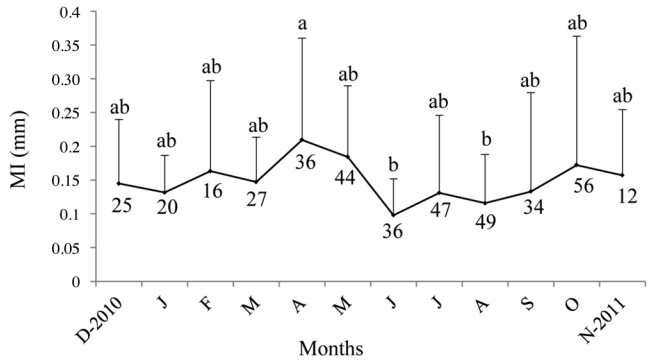


Figure 3. - Monthly variation of the marginal increment (MI) of scales of *Hemichromis bimaculatus* in the valley of Oued Righ. The different letters indicate significant differences between sampling points. Error bars correspond to standard deviations.

Table I. - Distribution of individual total lengths of *Hemichromis bimaculatus* males and females from the valley of Oued Righ, obtained from direct scale readings. sd = standard deviation

Length interval (cm)	Age (years)						Number of sampled fish	
	1		2		3			
	M	F	M	F	M	F	M	F
[3.6-3.9[	1	2					1	2
[3.9-4.2[	4	2					4	2
[4.2-4.5[	10						10	–
[4.5-4.8[	2		6	4			8	4
[4.8-5.1[			9	8			9	8
[5.1-5.4[			13	11			13	11
[5.4-5.7[			11	8			11	8
[5.7-6.0[			4	5			4	5
[6.0-6.3[			6	11			6	11
[6.3-6.6[			2	13			2	13
[6.6-6.9[			7	21		3	7	24
[6.9-7.2[			6	21	5	7	11	28
[7.2-7.5[			2	10	7	23	9	33
[7.5-7.8[					11	13	11	13
[7.8-8.1[					14	6	14	6
[8.1-8.4[					10	2	10	2
[8.4-8.7[					13	6	13	6
[8.7-9.0[					9	1	9	1
[9.0-9.3[					2		2	0
[9.3-9.6[					2	2	2	2
[9.6-9.9[					1		1	–
[9.9-10.2[					1		1	–
Total	17	4	66	112	75	63	158	179
%	10.75	2.23	41.77	62.56	47.46	35.19		
Mean length	4.26	4.28	5.73	6.28	8.17	7.64		
sd	0.24	0.15	0.78	0.79	0.63	0.57		
Mean weight	1.45	1.3	3.69	5.00	10.05	8.59		
sd	0.37	0.11	1.71	1.86	2.82	4.72		

Table II. - Back-calculated total lengths (cm) at the appearance of each growth ring in the scales of *Hemichromis bimaculatus* females and males from the valley of Oued Righ, Algeria. Ages I to III represent the age obtained from direct scale readings. TL1 to TL3 are the back-calculated sizes-at-age. N: number, M: mean, Sd: standard deviation, TL: total length.

Age (years)		TL (cm)			Age (years)		TL (cm)		
Females		TL1	TL2	TL3	Males		TL1	TL2	TL3
1	N	4			1	N	17		
	M	5.00				M	4.97		
	Sd	0.42				Sd	0.58		
2	N	111	111		2	N	66	66	
	M	4.76	6.10			M	5.11	5.93	
	Sd	0.43	0.61			Sd	0.58	0.78	
3	N	63	63	63	3	N	75	75	75
	M	5.65	6.49	7.10		M	5.49	6.64	7.12
	Sd	0.45	0.47	0.39		Sd	0.64	0.85	0.91
Total	N	178	174	63	Total	N	158	141	75
	M	5.53	6.24	7.10		M	5.276	6.649	7.127
	Sd	0.45	0.60	0.39		Sd	0.669	0.892	0.915

(214 females and 212 males) by the following formula: GSI = GW.100 / EW, where GW: gonad weight (g) and EW: eviscerated weight (g). The hepatosomatic index was also calculated monthly: HSI = LW.100/EW, where LW: liver weight (g) and EW: eviscerated weight (g). The condition coefficient (K) values were calculated as follows: $K = EW.100/TL^3$, where EW: eviscerated weight (g) and TL: total length (cm). The size at first sexual maturity was determined by the evolution of the proportion of mature fish according to size class during the reproduction period. Length at first maturity was estimated as the length at which 50% of the fish had become mature (TL_{50}) (Rikhter and Efanov, 1976). Gonads were visually assessed for their stage

Table III. - Comparison of the observed lengths with back-calculated lengths at different ages for the *Hemichromis bimaculatus* in the valley of Oued Righ. M = males, F = females, *t*: *t-test*, *P* = significance level.

Age (years)	Sex	Observed length	Back-calculated length	*t*	*p*
1	M	4.26	5.27	1.02	0.96
	F	4.28	5.53	1.18	0.43
2	M	5.73	6.64	1.48	0.13
	F	6.28	6.24	0.43	0.07
3	M	8.17	7.12	0.57	0.06
	F	7.64	7.10	0.64	0.14

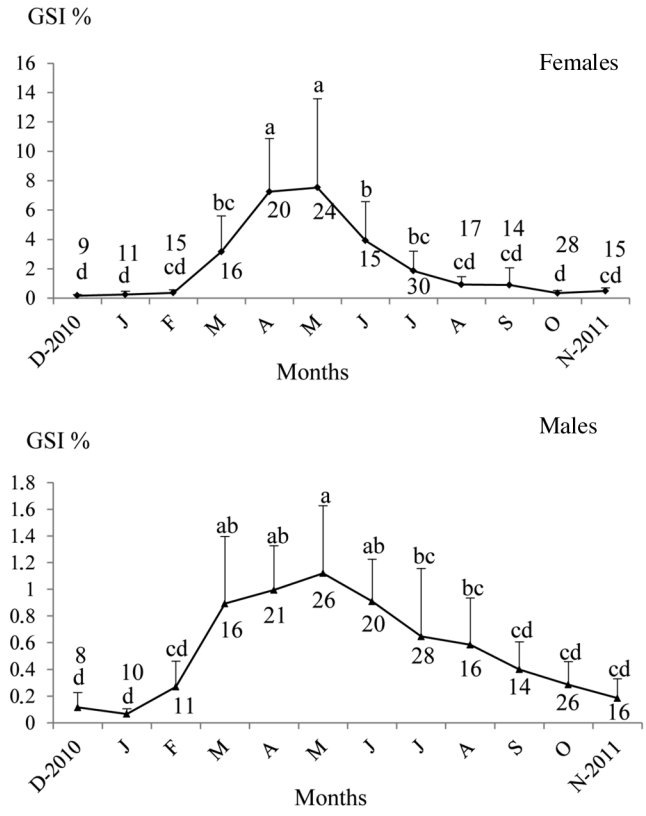


Figure 4. - Monthly variation of the gonadosomatic index (GSI) of *Hemichromis bimaculatus* females and males in the valley of Oued Righ. The different letters indicate significant differences between sampling points. Error bars correspond to standard deviations.

Table IV. - Seasonal variation of sex-ratio (SR) of *Hemichromis bimaculatus* in the valley of Oued Righ.

Month	Males	Females	SR	χ^2
Summer	50	54	0.92	0.15
Autumn	54	51	1.05	0.08
Winter	39	46	0.84	0.57
Spring	69	63	1.09	0.27
Annual	212	214	0.99	0.009

Table V. - Number of males and females and sex-ratio (SR) as a function of length in *Hemichromis bimaculatus* in the valley of Oued Righ.

Length (cm)	Males	Females	SR	χ^2
3.75	4	1	4	–
4.25	17	9	1.88	2.46
4.75	16	10	1.6	1.38
5.25	25	19	1.31	0.81
5.75	13	13	1	–
6.25	11	20	0.55	2.61
6.75	19	38	0.5	6.33
7.25	28	52	0.53	7.2
7.75	20	28	0.71	1.33
8.25	25	12	2.08	4.56
8.75	17	11	1.54	1.28
9.25	8	4	2	1.33
9.75	3	1	3	–
10.25	1	1	1	–

of maturation according to Babiker and Ibrahim (1979). We adopted this scale thanks to the similarities in the gonad appearance observed during the different periods of the sexual cycle. Stages of maturation were classified as follows: I, immature; II, maturing; III, mature IV, ripe; and V, spent. A female is considered mature when the ovaries are in stages II to V, and for males when testicles are in stages II to IV (Núñez and Duponchelle (2009)).

Statistical analysis

Comparison of MI, GSI, HSI and K values between months were carried out by analysis of variance (ANOVA) completed by Newman-Keuls. Observed lengths at different ages were compared with the back-calculation results obtained by Student t-test. The same test was used to compare male and female growth using back-calculated length at age values. The overall sex-ratio was tested monthly using chi-square test (Dagnélie, 1973). Statistical analyses were performed with Xlstat_Pro_7.5 software.

RESULTS

Age, growth and length-weight relationships

The linear regression of total length versus scale radius was TL = 2.54 R – 1.80 ($r = 0.76$ $p \leq 0.001$). The intercept of this equation (1.8 mm) corresponds to the theoretical size of fish at the time of formation of the first scales. Comparing successive monthly mean scales marginal increment values (Fig. 3) using mean comparison tests, showed a significant difference ($p \leq 0.001$) between April and June. The value of the marginal increment is at its minimum (0.09 mm) when the ring is forming during June.

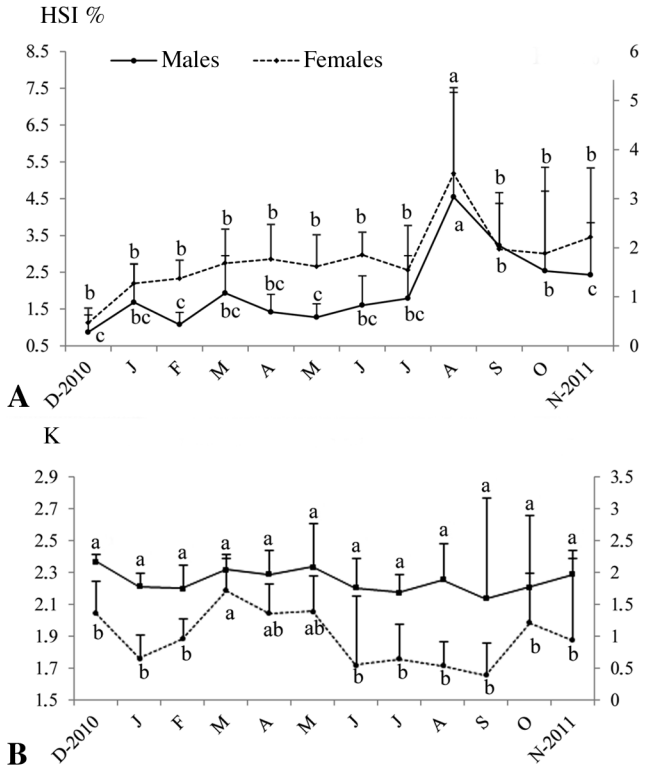


Figure 5. - Monthly variation of the hepatosomatic index (**A**), HSI and the condition factor (**B**), K of *Hemichromis bimaculatus* in the valley of Oued Righ. The different letters indicate significant differences between sampling points. Error bars correspond to standard deviations.

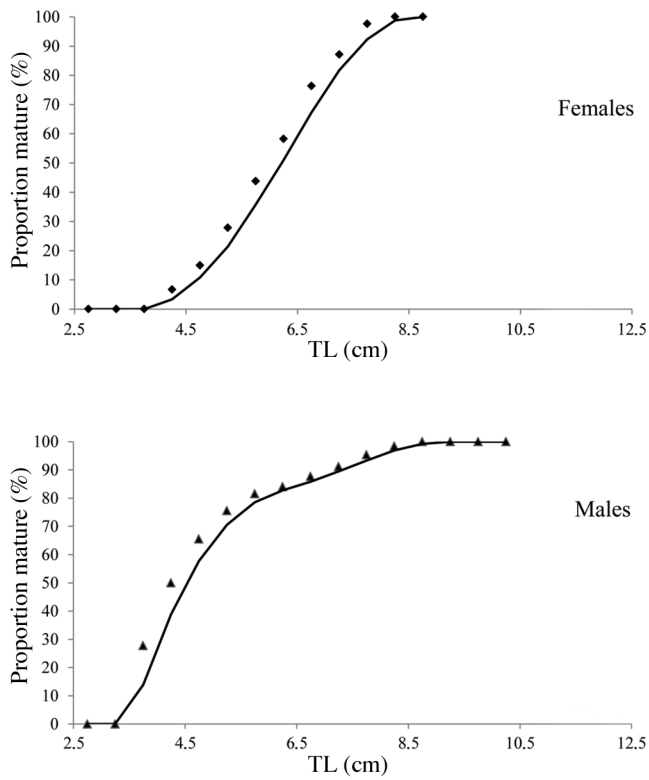


Figure 6. - Proportion of mature individuals (%) by total length for females and males of *Hemichromis bimaculatus* in the valley of Oued Righ.

Three age classes, from 1 to 3 years old, were found for males and females. About 6.23% of *H. bimaculatus* belonged to the age group 1 year old, 52.82% to age group 2 years old and 40.94% to 3 years old (Tab. I). Back-calculated age-length pairs for females and males are given in table. II. Observed lengths at different ages did not vary significantly with the back-calculation (Tab. III). The estimated parameters of Von Bertalanffy's model are: $L\infty = 11.6$ cm, $K = 0.5$ year^{-1}, $t_0 = -0.2$. The weight-length relationship is $W = 0.026\ L^{2,803}$ ($r = 0.93$).

Reproduction

Global sex-ratio for 214 females and 212 males is 1:0.99 ($\chi^2 = 0.009$, $p > 0.05$). This value is constant throughout year and season (Tab. IV). In females, monthly evolution of GSI indicated a breeding season occurring between March and June, with a peak in April-May. The evolution of the GSI in males was almost similar to that observed in females (Fig. 4). The maturation phase of gametes was between February and March. The maximum value of the GSI was observed in May; afterwards the values of the GSI began to decrease. The hepatosomatic index (HSI) for both sexes gradually increased from December to August. The HSI reached its maximum in August with 3.50% and 4.54% for females and males, respectively, and attained its minimum in December for females (0.46%) and for males (0.87%) (Fig. 5A). Monthly variations in the condition coefficient (K) were not perceptible in males (around 1.87) (Fig. 5B). In females, a significant increase occurs between February (1.88) and March (2.18). The size at which 50% of the population reaches maturity is 4.5 cm for males and 5.7 cm for females (Fig. 6).

DISCUSSION

Annuli formation on the scales of *H. bimaculatus* off Oued Righ Valley occur during May-June. This period of slower growth may result from the intense gametogenetic activity between February and May. Man and Hodgkiss (1977) found that annuli formation is induced by low growth due to a low feeding intensity, but also by periods of low water temperature, which are observed in our studied area during February (15.4° C) and March (18.9° C) (Gouasmia, pers. comm.).

H. bimaculatus is a short living species in Oued Righ Valley. Its size ranged from 3.6 to 10.2 cm and its age is between 1 and 3 years for males and females. As reported by Indira

et al. (2013), the longevity can attain 5 years. The growth of this species is correctly described by the Von Bertalanffy model. Unfortunately, data on *Hemichromis* genus growth do not exist as far as we know, and comparisons are not possible. The length-weight relationships in this species indicated close to negative allometric growth (b = 2.80). A similar result was recorded in Ivory Coast (b = 2.88) (Lévêque, 2006) and in Eleiyele Lake in Nigeria with a weak value in this case (b = 2.14) (Ayoade and Ikulala, 2007). Variations should be attributed to various factors, which can affect fish growth, and can include season, habitat, gonadal maturity, sex, stomach fullness, health and/or preservation techniques (Nikolsky, 1963; Tesch, 1968).

Analysis of the GSI suggests that the spawning period takes place in the spring season, from March to June, with a resting period during the rest of the year. The breeding season coincides with the hottest times of the year. A similar spawning period of *H. bimaculatus* is found in Ivory Coast (Albaret, 1982). According to Indira *et al*. (2013) in India, the species has a major spawning season coinciding with the northeast monsoon during October-November, having the spawning peak in mid-November and a minor spawning season synchronizing and responding to the south-west monsoon in April-June. In Kandole Shela (Northern Nigeria), spawning of *H. bimaculatus* occurs in May-June, which is before or coincident with the beginning of the wet season, probably to fit maximum number of broods into the period of food abundance (Hyslop, 1987).

Variations of HSI values indicate that *H. bimaculatus* saves lipid reserves in the liver just after the breeding season (August). A reversion of trophic activity following this period of eventual fast may explain this situation. Indeed, fishes, which decrease their food intake during gonadal maturation, use nutrients originating from endogenous reserves in muscle, adipose tissue and liver (Lal and Singh, 1987; Nassour and Léger, 1989; Martin *et al*., 1993).

The stability of K values (1.87 ± 0.40) in males during the year indicates that the populations keep the same condition during the different seasons. In females, the high values of K during breeding season (1.65 to 2.18) may be due to favourable trophic conditions that compensate for the energy expense of gamete production. In Kandole Shela (Northern Nigeria), these values range between 1.63 and 1.93 (Hyslop, 1987).

The length at first maturity of the jewelfish of Oued Righ valley is 4.5 cm for males and 5.7 cm for females. These values are different from those in India (51-55 mm (1st method) or 53 mm (2nd method) for females and 61-65 mm (1st method) or 65 mm (2nd method) for males (Indira *et al*., 2013) and in Ivory Coast (4.5 cm for females) (Albaret, 1982). These variations could be related to environmental factors (temperature, latitude of sampling areas). In a number of cichlid species, *Tilapia nilotica* (Babiker and Ibrahim, 1979), *Tilapia zilli* (Dadzie and Wangila, 1980), *Tilapia leucosticta* (Trewavas, 1933) and *Oreochromis macrochir* (Boulenger, 1912), males and females mature at different sizes. It is accepted that the optimum size for the first maturation depends upon many factors, including the relative allocation of food energy between somatic and gonad growth (Mazzoni and Caramaschi, 1995).

This paper provides the first data on the biology of *H. bimaculatus* in North Africa. Growth and reproduction were monitored during one year-cycle. Results are still to be debated with further incoming data on feeding habits, ecology and eventual population genetics studies, that may explain the patchy geographic repartition of such sensitive fish. Our study and the resulting guidelines for the management of the Jewelfish will enable the conservation of an endangered species known to be impacted by both environmental- and human-induced factors.

Acknowledgements. – The authors thank the General Directorate for Scientific Research and Technology Development (GDRSDT) for their financial support, within the framework of the Algerian-Tunisian cooperation program agreement, entitled "Fresh water ichthyodiversity in North Africa: endemism and impacts of introductions".

REFERENCES

ALBARET J.J., 1982. - Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrol. Trop*., 15: 347-371.

AYOADE A. & IKULALA A., 2007. - Length weight relationship, condition factor and stomach contents of *Hemichromis bimaculatus*, *Sarotherodon melanotheron* and *Chromidotilapia guentheri* (Perciformes: Cichlidae) in Eleiyele Lake, Southwestern Nigeria. *Rev. Biol. Trop*., 55: 969-977.

AZEROUAL A., CRIVELLI A.J., YAHYAOUI A. & DAKKI M., 2000. - L'ichtyofaune des eaux continentales du Maroc. *Cybium*, 24: 17-22.

BABIKER M. & 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.

BACHA M. & AMARA R., 2007. - Les poissons des eaux continentales d'Algérie. Étude de l'ichtyofaune de la Soummam. *Cybium*, 31: 351-358.

BLAY J., Jr., 1985. - Observations on the balance in fish populations in a small reservoir in Ghana. *Fish. Res*., 3: 1-11.

DADZIE S. & WANGILA B., 1980. - Reproductive biology, length-weight relationship and relative condition of pond raised *Tilapia zilli* (Gervais). *J. Fish. Biol*., 17: 243-253.

DAGNÉLIE P., 1973. - Théorie et Méthodes statistiques : Application agronomiques, Vol. 1. La statistique descriptive et les fondements de l'inférence statistique. 2nd édit., 378 p. Gembloux: Presses agronomiques.

DAVID L.J.A., 2007. - Efecto del sexo del cíclido joya (*Hemichromis bimaculatus*) (Pisces: Cichlidae) ante los cambios de temperatura. *An. Univ. Etol*., 1: 53-57.

FABLET R. & OGOR A., 2005. - TNPC (digital processing of calcified structures): user manual. www.ifremer.fr/lasaa/tnpc.

FIGLER M.H., DYER R.S., STRECKFUS C.F. & NARDIN K.M., 1975. - The establishment of dominance relationships in the jewel fish, *Hemichromis bimaculatus*, as related to prior exposure to and configuration of visual cues. *Behav. Biol.*, 14(2): 241-245.

FROESE R. & PAULY D. (eds), 2014. - FishBase [Accessed Jul. 2014]. http://www.fishbase.org.

GARCÍA N., ABDUL MALAK D., KRAÏEM M., SAMRAOUI B., AZEROUAL A., CUTTELOD A., FISHAR M.R., YAHYAOUI A. & MELHAOUI M., 2010. - The status and distribution of freshwater fish. *In*: The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa (García N., Cuttelod A. & Abdul Malak D., eds), pp. 13-28. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, & Malaga, Spain: IUCN. https://cmsdata.iucn.org/downloads/the_status_and_distribution_of_freshwater_biodiversity_in_northern_africa.pdf

HALIS Y., BENHADDYA M.L., BENSAHA H., MAYOUF R., LAHCINI A. & BELHAMRA M., 2012. - Diversity of halophyte desert vegetation of the different saline habitats in the valley of oued Righ, low Sahara basin, Algeria. *Res. J. Environ. Earth Sci.*, 4(3): 308-315.

HILDEGARD C., 1984. - Behavioral effects of TRH, 3-Me-His2-TRH and naloxone in *Hemichromis bimaculatus*. *Pharmacol. Biochem. Behav.*, 21: 727-732,

HILDEGARD C., 1985. - Effects of MET-ENK, Substance P and SRIF on the behavior of *Hemichromis bimaculatus*. *Peptides*, 6: 139-148.

HYSLOP E.J., 1987. - Aspects of the biology of *Hemichromis bimaculatus* from a small stream in Nigeria. *J. Fish Biol.*, 31: 745-751.

INDIRA R., ARACHI J.P. & VARADHARAJAN D., 2013. - Studies on the reproductive biology of red jewel cichlid *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862). *Int. J. Environ. Biol.*, 3: 160-172.

KARA M.H., 2012. - Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. *Eur. J. Wildl. Res.*, 58: 243-253.

KRAIEM M., 1983. - Les poissons d'eau douce de Tunisie : inventaire commenté et répartition géographique. *Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô*, 10: 107-124.

LAL B. & SINGH T., 1987. - Changes in tissue lipid levels in the freshwater catfish *Clarias batrachus* associated with the reproductive cycle. *Fish. Physiol. Biochem.*, 3: 191-201.

LE BERRE M., 1989. - Faune du Sahara. 1. Poissons, amphibiens, reptiles. Séries "Terres africaines", 332 p. Paris: Éditions Lechevalier & R. Chabaud.

LEE R.M., 1920. - A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scale. *Fish. Invest.*, 2(4): 1-32.

LÉVÊQUE C., 2006. - Croissance et ontogénie. *In*: Les Poissons des Eaux continentales africaines: Diversité, Ecologie, Utilisation par l'Homme (Lévêque C. & Paugy D., eds), pp. 183-184. IRD Éditions.

MAN H.S. & HODGKISS I.J., 1977. - Studies on the ichthyofauna in Plover Cove Reservoir, Hong Kong: Feeding and Food relations. *J. Fish Biol.*, 11(1): 1-13.

MARSHALL B., 1979. - Observations on the breeding biology of *Sarotherodon macrochir* (Boulenger) in Lake Mcllwaine, Rhodesia. *J. Fish Biol.*, 14: 419-424.

MARTIN N.B., HOULIHAN D.F., TALBOT C. & PALMER R.M., 1993. - Protein metabolism during sexual maturation in female Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish. Physiol. Biochem.*, 12: 131-141.

MAZZONI R. & CARAMASCHI E., 1995. - Size structure, sex ratio and onset of sexual maturity of two species of *Hypostomus*. *J. Fish Biol.*, 47: 841-849.

NASSOUR I. & LÉGER C.L., 1989. - Deposition and mobilisation of body fat during sexual maturation in female trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Aquat. Living Resour.*, 2: 153-159.

NIKOLSKY G.V., 1963. - The Ecology of Fishes (Translated by L. Birkett). 352 p. London: Academic Press.

NÚÑEZ J. & DUPONCHELLE F., 2009. - Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish. Physiol. Biochem.*, 35: 167-180.

PAGE L.M. & BURR B.M., 1991. - A Field Guide to Freshwater Fishes: North America North of Mexico. 432 p. Boston: Houghton Mifflin.

PANFILI J., DE PONTUAL H., TROADEC H. & WRIGHT P.J., 2002. - Manual of Fish Sclerochronology. 464 p. Brest, France: Ifremer-IRD coedition.

RIKHTER V.A. & EFANOV V.N., 1976. - On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Document, 76: 8-12.

SAILA S.B., RECKSIEK C.W. & PRAGER M.H., 1988. - Basic Fishery Science Programs: a Compendium of Microcomputer Programs and Manual of Operation (Developments in Aquaculture and Fisheries Science). 236 p. Elsevier Science.

SIRE J.Y., 1981. - La scalation : apparition et mise en place des écailles chez *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) (Téléostéens, Perciformes, Cichlidés). *Cybium*, 5: 51-66.

SIRE J.Y., 1982. - Regeneration of scales in a Cichlid, *Hemichromis bimaculatus* (Teleostei, Perciformes). 1. Morphogenesis, structure and mineralization. *Ann. Sci. Nat. Zool. Biol. Anim.*, 4: 153-169.

SIRE J.Y., 1989. - The same cell lineage is involved in scale formation and regeneration in the teleost fish (*Hemichromis bimaculatus*). *Tissue Cell*, 21: 447-462.

SIRE J.Y. & GÉRAUDIE J., 1983. - Fine structure of the developing scale in the Cichlid *Hemichromis bimaculatus* (Pisces, Teleostei, Perciformes). *Acta Zool.*, 64: 1-8.

SIRE J.Y. & GÉRAUDIE J., 1984. - Fine structure of regenerating scales and their associated cells in the Cichlid *Hemichromis bimaculatus* (Gill). *Cell Tissue Res.*, 237: 537-547.

SIRE J.Y. & MEUNIER F., 1981. - Structure et minéralisation de l'écaille d'*Hemichromis bimaculatus* (Téléostéen, Perciforme, Cichlidé). *Arch. Zool. Exp. Gen.*, 122: 133-150.

TESCH F.W., 1968. - Age and growth. *In*: Methods for Assessment of Fishes Production in Freshwater (Ricer W.E., ed.), pp. 93-123. IBP Handbook, Blackwell Science Pub, 3.

TEUGELS G.G., 1992. - Clariidae. *In*: Faune des Poissons d'Eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Tome 2 (Levêque C., Paugy D. & Teugels G.G., eds), pp. 468-495. Collection Faune tropicale XXVIII. Paris & Tervuren: ORSTOM & MRAC.

TEUGELS G.G. & VAN DEN AUDENAERDE D.F.T., 2003. - Cichlidae. *In*: Faune des Poissons d'Eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, Vol. 2 (Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G., eds), pp. 520-600. Collection Faune et Flore tropicales. Paris & Tervuren: IRD, MNHN, MRAC.

VON BERTALANFFY L., 1938. - A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10: 181-213.

Titre L'ichtyofaune de l'Oued Righ: Biologie et dynamique de l'Acara Rouge *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) et de l'Aphanius de Corse *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827).
Auteur: GUEZI Rabie

Résumé

Cette thèse est consacrée à l'étude de l'ichtyodiversité de la région de l'Oued Righ, dans le Sud-Est algérien. En particulier, la biologie et la dynamique de deux espèces, *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) et *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827) sont analysées. Le document est organisé en trois parties.

La première partie décrit les caractéristiques générales de la région d'étude (géographie, géologie, hydrologie, climatologie, etc.). Elle présente les trois écosystèmes concernés (canal de l'Oued Righ, lac Ayata, lac Temacine) et leur environnement. Les méthodes de pêche et d'échantillonnage des poissons sont exposées.

La seconde partie est une contribution à la connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région de l'Oued Righ. Un inventaire est réalisé entre décembre 2010 et décembre 2011. Il a permis de recenser 4 espèces (*Hemichromis bimaculatus*, *Tilapia zilli*, *Aphanius fasciatus* et *Gambusia halbrooki*) appartenant à 3 familles différentes (Cyprinodontidae, Poecilidae, Cichlidae). Leur structure démographique et leur dynamique est analyseé par site. Les résultats montrent une similarité des répartitions temporelles et des fréquences des tailles entre les différents milieux considérés.

La troisième comprend des études approfondies de la biologie de deux espèces de la région: *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1862) et *Aphanius fasciatus* (Nardo, 1827), la première en danger critique d'extinction. Les échantillons traités ont été pêchés entre décembre 2010 et décembre 2011. L'étude biométrique a permis de caractériser la morphologie des deux espèces. L'âge individuel des individus de chaque espèce est déterminé par scalimétrie. Le suivi mensuel de l'allongement marginal des écailles montre qu'il ne se forme qu'un seul anneau d'arrêt de croissance par an, en avril pour *H. bimaculatus* et en mai pour *A. fasciatus*. La longévité est de 3 ans pour *H. bimaculatus* et de 6 ans pour *A. fasciatus*. La croissance absolue est bien décrite par le modèle théorique de von Bertalanffy. L'indice de performance de croissance (φ) montre une croissance relativement faible de la population locale d'*A. fasciatus*. La croissance relative est minorante chez les deux espèces, avec un coefficient d'allométrie d'environ 2,8. Le sex-ratio est nettement en faveur des femelles chez les deux espèces. Les variations mensuelles du rapport gonado-somatique permettent de situer la période de reproduction entre février et juillet pour les deux espèces. Chez, *H. bimaculatus*, les mâles sont tous adultes à partir de 4 cm de longueur totale; les femelles sont matures à partir de 5,5 cm. Chez *A. fasciatus*, les femelles atteignent leur première maturité sexuelle à une taille supérieure (5 cm) à celle des mâles (4,5 cm).

Mots-clés: Oued Righ, poissons, *A. fasciatus*, *H. bimaculatus*, Biologie, Algérie.