

# RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun -Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



## THESE de DOCTORAT en SCIENCES

Spécialité : Sciences de la Nature et de la Vie

Option : Sciences de la Nature et de la Vie

Présentée par

SELLAOUI Naima

Thème :

Ecologie de *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) dans quelques  
biotopes humides en Algérie

Soutenu le :01/07/2021 devant le jury composé de :

Mme. OUABED Asmahane. Professeur, U. Ibn Khaldoun Tiaret .....Présidente

Mme. ZERROUKI Dahbia. Maître de Conférences A, U. Ibn Khaldoun Tiaret.....Examinatrice

Mme KOUDACHE Fatiha. Professeur, U. Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès.....Examinatrice

Mme. AYACHE Abassia. Professeur, U. Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès.....Examinatrice

Mr. BOUNACEUR Farid. Professeur, C U. de Tissemsilt.....Directeur de thèse

Année Universitaire: 2020/2021

## **Remerciements**

*Louange à Dieu qui nous a donné la force et le courage d'entreprendre et d'achever ce travail*

*Je tiens à adresser tout d'abord mes remerciements à mon encadreur Monsieur **BOUNACEUR Farid.**, Professeur de l'Enseignement Supérieur à Université AHMED BEN YAHIA Al-Wancharissi de Tissemsilt, pour m'avoir guidée dans cette thèse, pour tous les conseils et les informations précieuses qu'il m'a fait passer au cours des discussions des résultats des différentes parties de ce travail. Je le remercie de m'avoir soutenue et aidée pour mener mon travail à bien. Qu'il soit assuré de mes plus vifs remerciements et de ma profonde reconnaissance.*

*Il m'est particulièrement agréable de pouvoir exprimer mes vifs et sincères remerciements à madame **OUABED Asmahanne.** Professeur à l'Université Ibn khaldoune de Tiaret, qui me fait l'honneur par sa présence en tant que présidente de jury de ma soutenance de thèse.*

*J'exprime également mes sincères remerciements à Madame **ZERROUKI Dahbia.** Maître de conférences à l'Université Ibn Khaldoun Tiaret, pour s'être intéressé à mon travail et pour avoir accepté de l'examiner en siégeant au sein de ce jury.*

*.Je tiens à exprimer ma vive gratitude à Madame **KOUDACHE Fatiha.** Professeur de l'Enseignement Supérieur à l'université Djilali liabes de sidi Bel abbes, et à Madame **AYACHE Abassia.** Professeur de l'Enseignement Supérieur à l'université Djilali liabes de sidi Bel abbes, d'avoir acceptée de faire partie de ce jury pour examiner cette thèse, pour m'avoir fait l'honneur de votre présence à ma soutenance.*

*Je remercie sincèrement Monsieur **DELLAL A.E.K.** Responsable du laboratoire d'Agro-biotechnologie et de Nutrition en Zones Semi-arides à l'Université Ibn Khaldoune de Tiaret. Et je remercie également l'équipe du laboratoire, tous les enseignants, le personnel de l'administration du département de biologie de l'université de Tiaret.*

*Je remercie beaucoup Monsieur **BOUDIAF Mohamed** enseignant à l'Université de Ziane Achour de Djelfa pour m'avoir initiée aux diverses techniques mathématiques. Sa disponibilité, et participation en échantillonnages des Gambusies et sa gentillesse ont rendu possible la réalisation des courbes par le logiciel MATLAB, durant la réalisation de ce travail.*

*Je ne voudrais surtout pas oublier de remercier très vivement et particulièrement **BOUZEKRI A** enseignante à l'Université de Ziane Achour de Djelfa pour leur disponibilité et de leur savoir et m'avoir l'identification dont j'avais besoin pour une partie de mon travail (régime alimentaire).*

*Il m'est particulièrement agréable de pouvoir exprimer mes vifs et sincères remerciements à l'équipe de station **des Algérienne des eaux** (A D E) de Sidi Sliman à Tissemsilt pour son aide inestimable et pour m'avoir facilité mon travail.*

*Mes remerciements s'adressent aussi au **SELLAOUI M. A**, pour son aide inestimable, sa participation en échantillonnages des Gambusies au niveau de la wilaya de Bechar.*

## **DEDICACE**

*Je dédie ce modeste travail*

*A ma douce et tendre **Mère** à qui je dois la vie et tous dans cette vie*

*A mon cher **Père** patient avec nous, si soucieux de notre avenir et de notre bien-être. Sachez que rien de ce que je vous donnerai n'égalera ce que vous m'avez*

*offert Que Dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie*

*A mon époux, **Mohamed**. Ta présence à mes cotés, ton dévouement et ton aide ont contribué de façon déterminante à mon succès, tu as été si patient et si compréhensif durant tout mon cycle de travail*

*A mes petites filles **Yasmine** et **Asma**, vous êtes la joie de ma vie. Que Dieu vous garde à jamais*

*A mes **beaux parents**, pour votre gentillesse et votre bonté exemplaires*

*Que Dieu vous accorde bonne santé et longue vie*

*Aux meilleurs soeurs au monde **Saliha** et **Nacira** et **Assia***

*Que Dieu leur ouvre les portes du bonheur.*

*A mes frères **Khaled**, **Ahmed**, **Amine**, **Lahcen** et **Houcine**  
et à tous Mes **Amis**.*



## Table des Matières

Remerciements

Dédicace

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale

Chapitre I

Données bibliographiques sur *Gambusia affinis*

I. Présentation générale de l'espèce	4
I.1. Introduction en Algérie	4
I.2. Distinction entre <i>Gambusia affinis</i> et <i>Gambusia holbrooki</i>	5
II. Biologie de l'espèce	6
II.1. Position systématique	6
II.2. Caractéristiques morphologiques	6
II.3. Dimorphisme sexuel	7
II.4. Répartition dans le monde	8
II.5. Répartition de <i>Gambusia</i> en Algérie	8
II.6. Habitat et écologie	9
II.7. Régime alimentaire	10
II.8. Cycle biologique	10
a) Période de reproduction	11
b) Fécondité	11
c) Caractéristiques des portées	12
II.9. Ennemis et prédation	12

Chapitre II

Présentation des stations d'études

Introduction	13
1. Sites d'échantillonnages	13
2. Description du milieu	14
2.1. Site 1 : Barrage Fontaine de Gazelle à Biskra (35° 7' N et 5 ° 34'E)	14
2.1.1. Situation géographique	14
2.1.2. Facteurs climatiques de la région de Biskra	15
2.1.2.1. Climat	15
2.1.2.2. Température	15
2.1.2.3. Pluviométrie	15
2.1.2.4. Vents	16
2.2. Site 2 : Oued Sebaine à Tiaret (35° 26'18.01 "N et 1° 36'31,09 "E)	16
2.2.1. Situation géographique	16
2.2.2. Facteurs climatiques de la région de Tiaret	18
2.2.3. Climat	18
2.2.4. Température	18

2.2.5. Pluviométrie	19
2.2.6. Vents	19
2.2.7. Flore	20
2.2.8. Faune	20
2.3. Site 3 : Foggaras de Timimoune (29 ° 15'13,58 "N et 0 ° 12'35,19" E)	21
2.3.1. Situation géographique	21
2.3.1.1. Foggara	21
2.3.2. Climat	23
2.3.5. Vents	23
2.3.4. Pluviométrie	23
2.3.3. Température	23
2.3.6. Diversité faunistique	24
2.4. Site 4 : Barrage de reprise d'Abadla à Béchar (31° 01'13 "N et 02 ° 43'14" O)	24
2.4.1. Situation géographique	24
2.4.2. Facteurs climatiques de la région de Bechar	26
2.4.2.1. Climat	26
2.4.2.2. Température	26
2.4.2.3. Pluviométrie	27
2.5. Synthèse climatique	27
2.5.1. Diagramme Ombrothermique de Gausсен	27
2.5.2. Climagramme d'Emberger	29

### Chapitre III Etude de la biologie de reproduction

Introduction	31
I. Matériels et Méthodes	31
I.1. Echantillonnage	31
I.1.1. Protocole d'échantillonnage	31
I.2. Protocole expérimentale	32
I.2.1. Analyses physico-chimiques	32
I.2.2. Détermination du sexe	32
I.2.3. Mensurations	32
a/ Longueur totale (LT)	32
b/ Poids totale (Pt)	32
c/ Poids éviscéré (Pe)	32
I.2.4. Maturité sexuelle	33
I.3. Protocole analytique	33
I.3.1. Sex-ratio	33
I.3.1.1. Sex-ratio global	33
I.3.1.2. Sex-ratio en fonction de la taille	34
I.3.1.3. Sex-ratio en fonction des saisons (mois)	34
I.3.2. Ecart réduit	35
I.3.3. Etude des stades de maturité sexuelle	35
I.3.3.1. Echelle macroscopique de la maturité sexuelle	35
I.3.4. Taille à la première maturité sexuelle	36

I.3.5. Indice gonado-somatique (I.G.S)	37
I.3.6. Facteur de condition	37
I.3.7. Fécondité	37
II. Résultats	38
II.1. Paramètre physico-chimique d'oued Sebaine	38
II.2. Sex-ratio	39
II.2.1. Sex-ratio global	39
II.2.2. Sex-ratio en fonction de la taille	39
II.2.3. Sex-ratio en fonction des saisons (mois)	41
II.3. Ecart réduit	42
II.4. Etude des stades de maturité sexuelle	42
II.4.1. Cas d'Oued Sebaine (Tiaret)	42
II.5. Période de reproduction et Indice Gonado-Somatique (IGS)	43
II.6. Facteur de condition	44
II.7. Taille à la première maturité sexuelle	45
II.8. Fécondité	47
II.8.1. Fécondité absolue et fécondité relative	47
III. Discussion	48
IV. Conclusion	53

## Chapitre IV

## Croissance et relation taille-poids

Introduction	54
I. Matériels et Méthodes	54
I.1. Echantillonnage	54
I.1.1. Protocole d'échantillonnage	54
I.1.2. Traitements des échantillons au laboratoire	54
I.2. Démographie	54
I.3. Etude de la croissance	55
I.3.1. Croissance linéaire	55
I.3.1.1. Equation de croissance de Von Bertalanffy (1938)	55
I.3. 1.2. Analyse des données	56
a. Longueur asymptotique $L_{\infty}$	56
b. Estimation du paramètre de courbure	56
c. Estimation de l'âge hypothétique $t_0$ : Méthode de Pauly (1980)	57
d. Méthode ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis)	57
I.3.2. Croissance relative ou Relation taille-poids	57
I.3.3. Croissance pondérale absolue	58
I.4. Traitement statistique	58
II. Résultats	59
II.1. Démographie	59
II.2. Etude de la Croissance	59
II.2.1. Croissance relative (Relation longueur-poids)	60
II.2.2. Analyse mensuelle de la relation taille poids	62

II.2.2.1. Femelles	62
II.2.2.2. Mâles	62
II.2.3. Croissance pondérale	63
III. Discussion	63
III.1. Relation taille-poids	63
IV. Conclusion	66

## Chapitre V

## Régime alimentaire

Introduction	67
I. Matériels et Méthodes	67
I.1. Protocole expérimental	67
I.1.1. Prélèvement du tube digestif.	67
a. Dissection	67
b. Examen des contenus intestinaux	68
I.1.2. Détermination et analyse des différentes proies ingérées.	68
I.2. Méthodes appliquées à l'étude du régime alimentaire	69
I.2.1. Analyse qualitative	69
I.2.2. Analyse quantitative	69
I.2.2.1. Indice de rythmicité alimentaire	69
I.2.2.2. Indice de fréquence d'une proie (F)	70
I.2.2.3. Indice de fréquence Corrigé d'une proie (FC)	70
I.2.2.4. Pourcentage en nombre d'une proie (Cn %)	70
I.3. Classification des proies selon la Méthode de Hureau (1970)	71
I.4. Indices écologiques de diversité des peuplements	71
I.4.1. Richesse totale	71
I.4.2. Richesse spécifique moyenne	71
I.4.3. Indices de diversité de Shannon-Weaver	71
I.4.4. Indice de diversité maximale	72
I.4.5. Indice d'équitabilité	72
II. Résultats	73
II.1. Coefficient de vacuité et composition du régime alimentaire	73
II.1.1. Variations mensuelles du coefficient de vacuité	73
II.1.2. Variations de la vacuité en fonction des saisons	73
II.1.3. Variations du coefficient de vacuité en fonction de la taille	73
II.2. Analyses globales du régime alimentaire	74
II.2.1. Analyse qualitative	74
II.2.2. Analyse globale du régime alimentaire de <i>G. affinis</i>	76
II.3. Variations du régime alimentaire	78
II.3.1. Variations saisonnières	78
II.3.1.1. En hiver	78
II.3.1.2. Au printemps	79
II.3.1.3. En automne	79
II.3.1.4. En été	79

II.3.2. Variations des fréquences de proies en fonction de sexes	81
II.3.3. Variations des fréquences de proies en fonction de la taille	82
II.4. Classification	83
II.4.1. Classification globale	83
II.4.2. Classification selon les sexes	83
II.5. Diversités trophique et Equitabilité du régime alimentaire au cours d'un cycle annuel	84
II.5.1. Diversité trophique	84
III. Discussion	84
IV. Conclusion	87
Conclusion Générale et Perspectives	88
Références Bibliographiques	92
Annexes	112
Articles Scientifiques	

## Liste des abréviations

a : constante de la relation d'allométrie  
A.D.E : Algérienne des eaux  
ASP : available Sum of Peaks  
b : coefficient d'allométrie  
Cn % : pourcentage en nombre  
Cn : le pourcentage en nombre d'une proie  
CNDPA : Centre National de Développement de la Pêche de l'Aquaculture.  
Cond : conductivité électrique  
Cv : coefficient de vacuité alimentaire  
d.d.l : degrés de liberté  
Dj: djebel  
E: indice d'équitabilité  
ELEFAN: Electronic Length Frequency Analysis  
ESP : Explained Sum of Peaks  
F : indice de fréquence d'une proie  
F: femelles  
Fc : indice de fréquence Corrigé d'une proie  
*G. affinis*: *Gambusia affinis*  
*G. holbrooki* : *Gambusia holbrooki*  
IC : intervalle de confiance  
IGS : indice gonado-somatique  
K : coefficient de condition  
K: coefficient de croissance  
L<sub>50</sub> : taille à la première maturité sexuelle  
L<sub>∞</sub> : longueur asymptotique (cm)  
Lmax : longueur du plus grand poisson  
Lt : longueur totale  
Lt: longueur totale  
M : mâles  
MATLAB : matrix laboratory  
O PI : office du périmètre d'irrigation  
O.M.S : organisation mondiale de la santé  
O.N.M : office national de la météorologie  
Pe : poids éviscéré  
ppt : part Per Thousand  
r<sup>2</sup> : coefficient de détermination  
SR F: sex-ratio femelles  
SR M: sex-ratio males  
t: âge  
t<sub>0</sub> : âge auquel la taille du poisson est théoriquement nulle (an)  
V : vitesse du vent

$W_{\infty}$  : poids théorique maximal

$W_g$  : poids de gonade

$W_g$ : poids des gonades

$W_t$  : poids total

$\varepsilon$  : écart réduit

Ms/cm : micro-Siemens par centimètre

$\chi^2$ : Khi-Deux

\* : symboles significatifs

$\bar{x}_1$ : moyenne de l'échantillon femelle

$\bar{x}_2$ : moyenne de l'échantillon mâle

$\sigma_1^2$  : variance des femelles

$\sigma_2^2$  : variance des mâles

$L_i$  classe de taille  $i$

$p_i$  ; pourcentage du stade maturité de la classe de taille  $i$

$\emptyset'$  : indice de performance de croissance

## Liste des figures

Figure 1: Nageoire dorsale, anale et gonopodium de <i>Gambusia affinis</i> (gonopodium: A, B; nageoire dorsale: E; nageoire anale: G) et de <i>G. holbrooki</i> (gonopodium: C, D; nageoire dorsale: F; nageoire anale : H)	5
Figure 2: Morphologie de mâle et de la femelle de <i>G. affinis</i>	7
Figure 3: Répartition géographique de <i>Gambusia affinis</i> selon Fish Base	8
Figure 4: Répartition géographique du genre de <i>Gambusia</i> en Algérie	9
Figure 5 : Cycle vital de la <i>Gambusia</i> à 25°C	10
Figure 6: Localisation géographique des zones d'études	13
Figure 7 : Situation géographique du barrage Fontaine de Gazelle	14
Figure 8 : Localisation géographique d'Oued Sebaine	16
Figure 9 : Les sources d'oued Sebaine	17
Figure 10 : Présentation de la station d'Oued Sebaine à Tiaret	18
Figure 11 : Localisation géographique de Timimoun	22
Figure 12 : Réseau de distribution des eaux de la foggara	22
Figure 13 : La foggara	22
Figure 14 : Situation géographique de Bechar	25
Figure 15 : Le barrage de reprise d'Abadla	26
Figure 16 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de Bechar	28
Figure 17 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de Biskra	28
Figure 18 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de Tiaret	28
Figure 19 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) de Timimoune	29
Figure 20 : Climagramme d'Emberger de quatre zones d'études	30
Figure 21 : Pesage (a), et (b) mensuration du <i>Gambusia affinis</i>	33
Figure 22 : Dénombrement des œufs et des embryons de <i>G. affinis</i>	33
Figure 23 : variation mensuelle de la température d'oued Sebaine	38
Figure 24 : variation mensuelle du pH d'oued Sebaine	38
Figure 25 : variation mensuelle de la conductivité d'oued Sebaine	38
Figure 26: courbe d'abondance des femelles et des mâles en fonction de la taille chez <i>G. affinis</i>	40
Figure 27 : Distribution des sexes en fonction des saisons chez <i>G. affinis</i> dans différentes stations explorées de l'Algérie	41
Figure 28 : Evolution mensuelle des stades sexuels chez les femelles de <i>G. affinis</i>	



prélevées à l'Oued Sebaine (Tiaret) entre mars 2017 et février 2018	43
Figure 29 : Pourcentage relatifs des différents stades de maturation pendant les différentes phases du cycle sexuel observés chez <i>G. affinis</i> prélevées à l'Oued Sebaine à Tiaret	43
Figure 30 : Evolution mensuelle de l'IGS de <i>G. affinis</i> prélevés dans différentes stations explorées en Algérie	44
Figure 31 : Evolution mensuelle du coefficient de condition K de <i>G. affinis</i> prélevés dans différentes stations explorées en Algérie	45
Figure 32 : Détermination graphique de la taille à la première maturité sexuelle chez la femelle de <i>Gambusia affinis</i> prélevée à l'Oued Sebaine Tiaret (a), et à Timimoune (b)	46
Figure 33 : relation fécondité-taille de <i>Gambusia affinis</i> prélevée à l'Oued Sebaine dans la région de Tiaret	48
Figure 34 : relation fécondité-poids de <i>Gambusia affinis</i> prélevée à l'Oued Sebaine à Tiaret	48
Figure 35 : Variation du sex-ratio sur une partie de l'aire de répartition actuelle des <i>Gambusies</i> ( <i>G. affinis</i> et <i>G. holbrooki</i> )	49
Figure 36 : Relation longueur-poids de mâle et femelle de <i>G. affinis</i> à Biskra	61
Figure 37 : Relation longueur-poids de mâle et femelle de <i>G. affinis</i> à Timimoune	61
Figure 38 : Relation longueur-poids de mâle et femelle de <i>G. affinis</i> à Tiaret	61
Figure 39 : Relation longueur-poids de male et femelle de <i>G. affinis</i> au niveau du barrage d'Abadla à Bechar	61
Figure 40 : Dissection de <i>Gambusia</i> (a), l'étalement de contenu intestinal pour observation microscopique (b)	68
Figure 41 : Coefficient de vacuité chez <i>Gambusia affinis</i> enregistré au cours d'un cycle annuel à l'Oued Sebaine à Tiaret	73
Figure 42 : variation mensuelle du CV%	74
Figure 43 : variation de CV en fonction de taille	74
Figure 44 : Variations du CV% chez <i>Gambusia affinis</i> en fonction des saisons dans la région de Sébaine à Tiaret entre 2017 et 2018	74
Figure 45 : Illustration de différentes proies ingérées retrouvés dans les tubes digestifs de <i>G. affinis</i> dans la région d'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018.	76
Figure 46 : Composition globale du régime alimentaire de <i>Gambusia affinis</i> à Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018	78
Figure 47 : Composition du régime alimentaire saisonnier de <i>Gambusia affinis</i> d'Oued Sebaine (Tiaret) entre 2017 et 2018	80

Figure 48 : Variations des fréquences des proies ingérés chez les femelles (a), et chez les mâles (b) de *Gambusia affinis* à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018 81

Figure 49 : Variations du spectre alimentaire de *G. affinis* en fonction de classes de taille à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018 82

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra enregistrées durant la période 1995-2008 (Station météorologique de Biskra)	15
Tableau 2 : Données des moyennes mensuelles des précipitations en mm, enregistrées durant la période 1995-2008 (Station météorologique de Biskra)	15
Tableau 3 : Données des vitesses moyennes mensuelles des vents en (m/s), enregistrées durant la période 1995-2008 (Station météorologique de Biskra)	16
Tableau 4 : Moyenne mensuelle du Température en °C de Tiaret (2006-2016)	19
Tableau 5 : Répartition des moyennes mensuelle des précipitations de Tiaret entre 2006-2016 (O.N.M, 2016)	19
Tableau 6 : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) pondant la période 2006 – 2016 (O.N.M, 2016)	20
Tableau 7 : Les températures mensuelles enregistré durant 1988-2013	23
Tableau 8 : Pluviométrie mensuelle moyenne (ONM de Timimoun, 1988-2013)	23
Tableau 9 : Vitesse moyenne du vent entre l'année 1988-2013 (ONM de Timimoune)	24
Tableau 10 : Moyenne mensuelle de la température (°C) de Bechar (2000-2012)	26
Tableau 11: Répartition des moyennes mensuelle des précipitations (mm) de Bechar entre 2000-2012	27
Tableau 12 : quotient pluviométrique d'Emberger de quatre régions d'étude	29
Tableau 13 : Résumé des stades de maturité appliqués chez les femelles de <i>G. affinis</i>	36
Tableau 14 : Pourcentage des sexes de la <i>Gambusia affinis</i> (Baird et Girard, 1853)	39
Tableau 15 : Différents paramètres de taille des mâles et des femelles chez <i>Gambusia affinis</i> dans différentes stations explorées de l'Algérie	42
Tableau 16 : Fécondité des femelles <i>G. affinis</i>	47
Tableau 17 : relation entre la fécondité (F), la longueur totale (Lt), et le poids des gonades (Wg) de <i>Gambusia affinis</i> à l'oued Sebaine dans la région de Tiaret	47
Tableau 18 : Tailles des premières maturités sexuelles ( $L_{50}$ ) des femelles de <i>Gambusia affinis</i> mentionnées dans différentes régions du Monde	52
Tableau 19 : Composition de taille des captures totales de <i>Gambusia affinis</i> dans les différentes stations d'études	59
Tableau 20 : Paramètre de croissance de Von Bertalanffy pour les mâles et les femelles chez <i>G. affinis</i> dans les différents sites d'études exploités	60

Tableau 21 : Équation de croissance de Von Bertalanffy (1938) de <i>G. affinis</i>	60
Tableau 22 : Paramètres $a$ , $b$ , $r^2$ de la relation d'allométrie taille - poids $W=a \times L^b$	61
Tableau 23 : Relation taille-poids mensuelle chez les femelles de <i>Gambusia affinis</i> à Oued Sebaine à Tiaret durant mars 2017 à février 2018	62
Tableau 24 : Relation taille-poids mensuelle chez les mâles de <i>Gambusia affinis</i> d'Oued Sebaine à Tiaret durant mars 2017 à février 2018	63
Tableau 25 : la croissance pondérale chez les mâles et les femelles de <i>G. affinis</i> exprimés par l'équation du poids en fonction du temps, dans différentes stations investies en Algérie	63
Tableau 26 : Valeurs des paramètres de la relation taille-poids par sexe de <i>G. affinis</i> dans différentes régions du monde	64
Table 27 : Paramètres de croissance de Von Bertalanffy de <i>G. affinis</i> dans différents régions du monde.	65
Tableau 28 : Classification des proies selon le Cn % et Fc %	71
Tableau 29 : Proies ingérées par <i>G. affinis</i> à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018	75
Tableau 30 : Composition qualitative et quantitative du régime alimentaire de <i>G. affinis</i> à Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018	77
Tableau 31 : Catégories de proies ingérées par <i>G. affinis</i> à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018	82
Tableau 32 : Catégories des proies ingéré par <i>G. affinis</i>	82
Tableau 33 : Diversité (H) et équitabilité du régime alimentaire de <i>Gambusia affinis</i> à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018	84

ملخص: بيئة *Gambusia affinis* (Baird & Girard,1853) في بعض الأماكن الحيوية الرطبة في الجزائر

موضوع هذا البحث هو دراسة بيولوجيا وبيئة *Gambusia affinis* Cyprinodontiformes (Poeciliidae) في أربعة بيئات حيوية مختلفة: فجارة تميمون ، جنوب غرب الصحراء الجزائرية ، بإجمالي 402 عينة ، 182 سمكة في بشار ، بسكرة شمال شرق الصحراء مع 282 عينة ووادي سبعين في غرب الجزائر بـ 638 سمكة.

النسبة الإجمالية بين الجنسين (F: M) لصالح الإناث ، كانت 1:2.14 (تميمون)، 1:2.19 (بشار)، 1:2.61 (بسكرة)، 1:2.35 (تيارت). يتراوح طول جسم *Gambusia affinis* في بسكرة من 19.01 إلى 64.02 ملم ، في تيارت يتراوح بين 16.6 إلى 60.20 ملم، في تميمون وبشار يبلغ الطول الإجمالي على التوالي من 19.01 إلى 59 ملم ومن 16.7 إلى 49.10 ملم.

حددت دراسة التكاثر فترة النشاط الجنسي في وادي سبعين في أوائل الربيع وحتى منتصف الخريف وبلغت ذروتها خلال فترة الصيف، وبلغ طول النضج الجنسي الأول للإناث 27.99 في تيارت و في تميمون بلغ 27.44 ملم ويكون التكاثر في منطقة الصحراء طوال العام مع راحة جنسية طفيفة في الشتاء.

تم حساب معطيات النمو Von Bertalanffy (1938) من خلال استخدام برنامج LFDA ببرنامج ELEFAN ، وتختلف هذه القيم بشكل كبير بين الجنسين لصالح الإناث، الطول المقارب  $L_{\infty}$  للإناث والذكور على التوالي من كل منطقة : في تميمون، 62.14 ملم و 45.48 ملم، في بشار 51.72 مم و 41.75 مم ببسكرة 67.25 مم و 47.89 ؛ وفي تيارت 63.62 ملم و 45.49 ملم. تشير العلاقة بين الطول والوزن إلى allométrie minorante للذكور في تميمون ( $b = 2.82$ ) في تيارت، ( $b = 2.81$ ) وبشار ( $b = 2.84$ )، و allométrie majorante للإناث ( $b = 3.19$ ) في تميمون ( $b = 3.07$ ) وتيارت ( $b = 3.32$ ) ونمو isométrie القياس للذكور من بسكرة ( $b = 3.00$ ) وإناث بشار ( $b = 3.04$ ).

أثناء دراسة النظام الغذائي ، من خلال تحليل محتويات المسالك الهضمية لـ 435 عينة في منطقة تيارت ، 32 منها فارغة ، وهو ما يتوافق مع معامل الفراغ بنسبة 7.32%. تم إحصاء مجموعة 2238 فريسة تنتمي إلى 16 نوعًا بما في ذلك: 4 قشريات، 7 حشرات، 1 Mollusques، 1 الأسماك، Némathodes، العوالق النباتية، يتكون النظام الغذائي بشكل رئيسي من Cladocères (40.59%)، يرقات Diptères (26.32%). الفرائس الأخرى مثل Copépodes Amphipodes، Copépodes، وadultes Diptères تعتبر فريسة تكملية ، بينما ساهمت بقية الفرائس مثل Ostracodes، Collemboles، Coléoptères، Hyménoptères، Hémiptères، Odonates ، العناكب ، Gastéropodes ، ويرقات الأسماك ، كفريسة عرضية ، يختلف طيف الطعام الواسع حسب الحجم والجنس والموسم.

الكلمات الرئيسية: بيولوجيا ؛ النمو ؛ التكاثر ؛ *Gambusia affinis* ؛ LFDA ؛ النظام الغذائي

## Résumé : Ecologie de *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) dans quelques biotopes humides en Algérie

L'étude la biologie et écologie de *Gambusia affinis* (téléostéen, Poeciliidae) a été effectué dans quatre biotopes différentes de l'Algérie. Dans le sud-ouest du Sahara algérien à Timimoune 402 spécimens ont été échantillonnées; 182 poissons de Bechar; dans le nord-est du Sahara, Biskra 282 poissons et 638 spécimens à Oued Sebaine, Tiaret.

Le sex-ratio global (F:M) est en faveur des femelles, on note 2.14: 1 (Timimoune), 2.19: 1 (Bechar), 2.61: 1 (Biskra) et 2.35: 1 (Tiaret), la longueur du corps de *G. affinis* de Biskra s'étend de 19.01 à 64.02 mm, à Tiaret oscille entre 16.6 à 60.20 mm, Timimoune et de Béchar, la longueur totale enregistré respectivement de 19.01 à 59 mm et de 16.7 à 49.10 mm.

L'étude de la reproduction a permis de définir la période d'activité sexuelle dans l'oued Sebaine au début du printemps jusqu'au mi d'automne avec un pic en été, la femelle atteint la première maturité sexuelle à une taille de 27.99 mm à Tiaret alors que 27.44mm à Timimoune, et la reproduction s'étale pour toute l'année, avec un léger repos sexuel en hiver.

Les paramètres de croissance de Von Bertalanffy (1938) sont calculées grâce au logiciel LFDA sous- programme ELEFAN, ces valeurs diffèrent considérablement entre les sexes, est en faveur des femelles, la longueur asymptotique  $L_{\infty}$  des femelles et de mâles respectivement de chaque région: à Timimoune, 62.14 mm et 45.48 mm; à Bechar 51.72 mm et 41.75 mm ; à Biskra 67.25 mm et 47.89 ; et dans Tiaret, 63.62 mm et 45.49 mm.

La relation longueur poids de *G. affinis* indique une allométrie minorante pour les mâles de Timimoune ( $b = 2.82$ ), Tiaret ( $b = 2.81$ ) et Bechar ( $b = 2.84$ ), et une allométrie majorante pour les femelles Biskra ( $b = 3.19$ ), Timimoune ( $b = 3.07$ ) et Tiaret ( $b = 3.32$ ), et une croissance isométrique pour les mâles de Biskra ( $b = 3.00$ ) et les femelles de Bechar ( $b = 3.04$ ).

L'étude du régime alimentaire a permis d'analyser les contenus des tubes digestifs de 435 spécimens au niveau de la région de Tiaret, dont 32 sont vides ce qui correspond à un coefficient de vacuité de 7.32%. Au total de 2238 proies ont été comptées appartiennent à 16 taxons dont : 4 Crustacés (Cladocères, Copépodes, Ostracodes et Amphipodes), 7 Insectes, 1 Poisson, 1 Gastéropodes, des Nématodes et des Phytoplanctons, le spectre alimentaire se compose principalement de Cladocères (40.59 %), de larves de Diptères (26.32 %). Les autres proies (Copépodes, Amphipodes, Diptères Adultes) sont considérées comme proies complémentaires, le reste des proies a contribué comme proies accidentelles, c'est un large spectre alimentaire varie avec la taille, le sexe et la saison.

**Mots clés** : Ecologie; Biologie; croissance; *Gambusia affinis*; LFDA; régime alimentaire.

## **Summary: Ecology of *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) in some humid biotopes in Algeria**

This research work is the study of biology and ecology of species *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) (Cyprinodontiformes Poeciliidae) in four different biotopes: the foggara of Timimoune, southwest of the Algerian Sahara, with a total of 402 specimens; 182 fish in Bechar; Biskra, north-east of the Sahara with 282 specimens; and Oued Sebaine (Tiaret), in western Algeria, with 638 fish.

The overall sex ratio (F: M) is in favor of females, was 2.14: 1 (Timimoune), 2.19: 1 (Bechar), 2.61: 1 (Biskra) and 2.35: 1 (Tiaret). The body length of *G. affinis* in Biskra ranges from 19.01 to 64.02 mm, in Tiaret varies between 16.6 to 60.20 mm, Timimoune and Béchar, the total length registers respectively from 19.01 to 59 mm and from 16.7 to 49.10 mm.

The study of reproduction defined the period of sexual activity in the Oued Sebaine from early spring until mid-autumn with a peak in during the summer period, the female reaches a size of first sexual maturity of 27.99 in Tiaret then in Timimoune, of 27.44mm and the reproduction is spread out for the whole year, with a slight sexual rest in winter.

The growth parameters of Von Bertalanffy (1938) are calculated through the use a software LFDA sub-program ELEFAN, these values differ considerably between the sexes, in favor of females, the asymptotic length  $L_{\infty}$  of females and males respectively from each region: in Timimoune, 62.14 mm and 45.48 mm; at Bechar, 51.72 mm and 41.75 mm; at Biskra 67.25 mm and 47.89; and in Tiaret, 63.62 mm and 45.49 mm. The length-weight relationship of *G. affinis* indicates a negative allometry for the males of Timimoune ( $b = 2.82$ ), Tiaret ( $b = 2.81$ ) and Bechar ( $b = 2.84$ ), and a positive allometry for the males. The females of Biskra ( $b = 3.19$ ), Timimoune ( $b = 3.07$ ) and Tiaret ( $b = 3.32$ ), and isometric growth for males of Biskra ( $b = 3.00$ ) and females of Bechar ( $b = 3.04$ ).

During the study of the diet, by analyzing the contents of the digestive tracts of 435 specimens in the Tiaret region, 32 of which are empty, which corresponds to a coefficient of emptiness of 7.32%. A total of 2238 preys were counted belonging to 16 taxa including: 4 Crustaceans, 7 Insects, 1 Fish, 1 Gasteropoda Nematoda, Phytoplankton, The diet consists mainly of Cladocerans (40.59%), Diptera larvae (26.32%). The other preys (Copepods, Amphipods, Adult Diptera are considered as complementary prey, the rest of the preys contributed as accidental prey, that is, a broad food spectrum varies with size, sex and season.

**Keywords:** Ecology; Biology; growth; *Gambusia affinis*; LFDA; diet.

---

# Introduction Générale

---



## Introduction Générale

Les zones humides particulièrement les cours d'eaux, constituent un lieu propice de la diversité biologique, ces biotopes humides jouent un rôle essentiel dans l'alimentation et la reproduction de plusieurs espèces animales (Benhallouche-Bendahmane 2015).

Depuis plusieurs années, les introductions de poissons ont fait l'objet de plus grand nombre à travers le monde dans les écosystèmes d'eau douce (Gozlan et al., 2010), pour divers objectifs, essentiellement l'aquaculture (Carpes, Tilapia), la pêche sportive (Truite, perche du Nil), et la lutte contre le phénomène d'eutrophisation dans les réservoirs et le développement de la végétation aquatique dans les canaux d'irrigation (Mouslih, 1989) et enfin la lutte biologique (la Carpe herbivore, *Gambusies*) (Sala et al., 2000).

Les eaux continentales algériennes abritent 67 espèces, dont les 33 espèces autochtones et 31 espèces introduites (Chaibi, 2014), Parmi eux, *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) (Cyprinodontiforme : Poeciliidae) est un poisson d'eau douce, le plus adapté pour la lutte biologique (Lacey et Orr, 1994; Bendali et al., 2001; Kara, 2012), dans le but de réduire le nombre de moustiques, principaux vecteurs de certaines maladies causant un taux de mortalité assez élevé dans le monde, tel que le paludisme (Pant et al., 1981), et constitue de ce fait le prédateur naturel des moustiques le plus répandu (Wilson, 1965; Chauvet, 1978; Farley & Younce, 1979; Garcia, 1983; Lichtenberg & Getz, 1985 ; Ghosh & Dash, 2007; Zaidi & Soltani, 2011).

Cependant, l'utilisation rationnelle des agents biologiques constituent une alternative au contrôle chimique (Lacey & Orr, 1994). Ce dernier est dû en grande partie à la menace émergente d'une forte résistance aux pesticides (Chandre et al., 1999), même que l'utilisation massive des pesticides agricoles dans l'environnement naturel peut perturber plusieurs systèmes physiologiques tels que la croissance, la reproduction et le métabolisme de quelques organismes non visés (Beldi et al., 2006).

Depuis son introduction en Algérie au début de 20<sup>ème</sup> siècle, plusieurs travaux ont été effectués sur *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853), particulièrement dans l'Est Algérien, des études biologiques et écologiques, comme ceux de Abouzeitoun (1991); Draredja-Beldi (1993); Tidjani (1997); Bounaceur (1997); Bendali et al. (2001); Belhamra (2012), s'ajoute à cela d'autres travaux éco-toxicologique tel que Ouali, (1997) ; Draredja-Beldi & Soltani (2001), (2003); Chouahda et al. (2006), (2007a, 2007b); Beldi (2007); Soltani & Bezzazel (2002). Soltani et al. (1999), (2004), (2008), (2012); Chouahda & Soltani (2009), (2013); Aissaoui (1998); Zaidi et Soltani (2010), (2011); Zaidi (2005); Zaidi et al. (2013).

Dans l'ouest, et au sud Algérien notamment au Sahara, malgré la présence de *Gambusia affinis* dans divers plans d'eau, Oueds et Foggaras, les études sur cette espèce sont quasi absentes. Toutefois, *Gambusia affinis* et *Poecilia reticulata* ont été et sont encore utilisées dans différentes régions de l'Afrique, et dans le Sahara algérien en particulier, pour essayer de contrôler les moustiques (Hammadi et al., 2009), dans ce contexte, il est nécessaire de noter des opérations croissantes d'acclimatation de *Gambusia affinis* dans des zones humides (barrages et retenues collinaires) et dans les sites humides du Sahara.

Dans ce contexte, et afin de combler les lacunes sur son écologie, notre objectif vise d'une part, à offrir un maximum d'informations écologiques et biologiques sur *Gambusia affinis*, dans quatre régions de l'Algérie, d'autre part, de déterminer l'âge en fonction de la taille et du poids, ainsi que la période de reproduction et la taille de première maturité sexuelle et d'évaluer son impact sur les communautés des écosystèmes par l'étude de son régime alimentaire ainsi que ces variations saisonnières.

Afin de permettre une bonne lecture de cette thèse, il nous a donc paru, opportun, de présenter cette modeste contribution de recherche selon le plan suivant: Après une introduction d'ordre général.

-Un premier chapitre, qui présent un bilan des connaissances sur la biologie et l'écologie du modèle biologique, *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853).

-Un deuxième chapitre, décrira les caractéristiques des zones d'études.

-Un troisième chapitre, concerne l'étude des principaux aspects de la biologie de la reproduction, limitée à l'analyse de l'évolution mensuelle de l'état de maturité des gonades, la détermination de la taille d'apparition de première maturité sexuelle. Deux indices biologiques ont été aussi estimés pour chaque femelle prélevée: (i) l'indice gonado-somatique (IGS), et (ii) l'indice de condition (K).

-Un quatrième chapitre, consacré à décrire les éléments de base de la croissance, à savoir:(i) la structure de la population à travers les différents échantillonnages, (ii) les paramètres de croissance, et (iii) la relation taille-poids. Nous avons opté dans cette partie à utiliser les méthodes numériques et des programmes informatiques (logiciels).

-Un cinquième chapitre, décrira le régime alimentaire et ces variations saisonnières grâce à l'analyse du contenu intestinal échantillonnés d'oued Sebaine, des spécimens récoltés au cours d'un cycle annuel, ce qui nous permettra de dresser une liste des différentes proies ingérées ainsi que les préférences alimentaires chez cette espèce.

-Enfin, notre travail s'achèvera par une conclusion synthétique et des recommandations aux quels nous avons aboutis.

---

Chapitre I : Données bibliographiques sur  
*Gambusia affinis*

---

## I. Présentation générale de l'espèce

*Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853), ou poisson moustique est un petit poisson ovovivipare, appartenant à la grande famille des Poeciliidés, ordre des Cyprinodontiformes, regroupe les poissons à nageoires rayonnées, originaire des eaux douces d'Amérique, ce poisson était disséminé dans le monde entier, et dans la région méditerranéenne notamment en Algérie pour lutter contre la prolifération des moustiques notamment les larves d'anophèles responsables du paludisme (Chauvet, 1978; Pant *et al.*, 1981; Bruslé & Quignard, 2001). Des essais de prédation ont montré que *Gambusia affinis* était très efficace contre les larves de moustiques comparativement à d'autres espèces de poissons (Bendali *et al.*, 2001). Il est capable d'éradiquer les moustiques du fait qu'il consomme de 42 à 167% de son poids par jour (Chippis & Wahl, 2004). Cependant il constitue un excellent modèle biologique, afin d'intégrer cette espèce dans le programme de lutte biologique (Abouzeitoun, 1991).

### I.1. Introduction en Algérie

Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, *G. affinis* et *G. holbrooki* ont été considérés comme des espèces sans valeur ou sans importance, donc ne sont pas exploités (Wooton *et al.*, 1988).

À la seconde guerre mondiale, les changements majeurs dans l'approche survenue de la valeur de *Gambusia*, qui ont été figuré en bonne place dans les poissons avec des programmes de contrôle de moustique, qui affecté l'introduction de *Gambusia* dans les plans d'eau et les zones humides (Pycke, 2005).

En Algérie l'époque de l'introduction de la *Gambusia* a connu une grande divergence entre les chercheurs; Draredja-Beldi (1993); Samraoui & De Belair (1997), indiquent que cette espèce a été introduite pour la première fois vers 1928. Alors que Leberre (1989) et Kara (2012), indiquent l'année de 1926 et de 1931, son utilisation comme moyen de combattre les populations d'insectes vecteurs de maladies transmissibles à l'homme; Seurat (1930), *in Arab* (1989), et Gerberich and Laird (1968), donnent un calendrier pour l'introduction de *Gambusia affinis* et *Gambusia holbrooki* hors des États-Unis, en 1924 à Algérie (annexe.1).

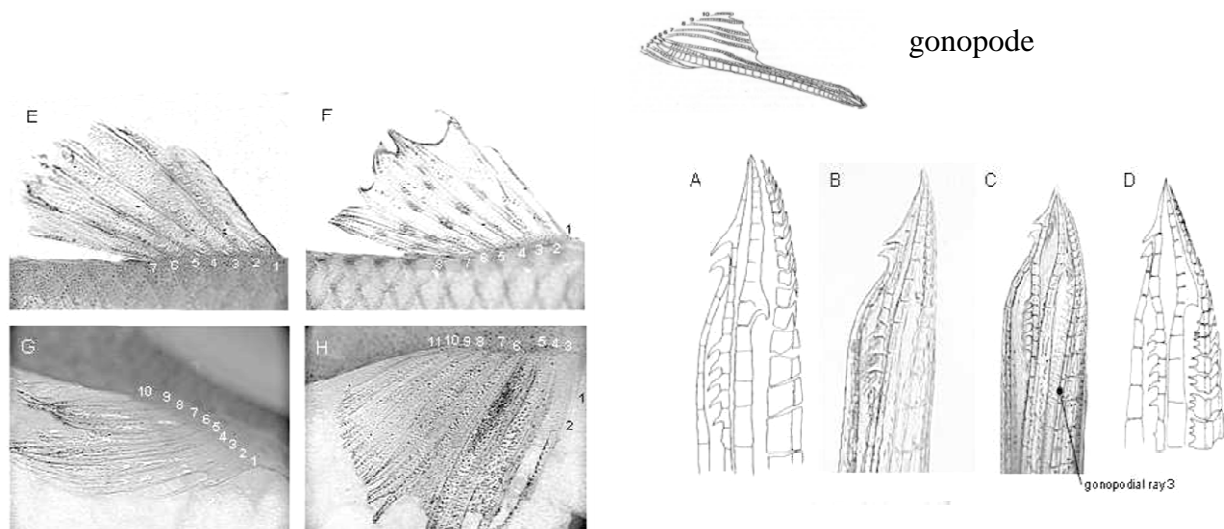
Suite à l'échec des opérations des assèchements des marais contaminés, ou l'utilisation de pesticides, pour la lutte contre le paludisme qui a progressé dans le pays, l'introduction du genre *Gambusia* a été couronnée de succès, il fut introduit pour la première fois dans le bassin de Khemissa près de Souk Ahras, et dans les oasis sahariennes, mais le programme de l'OMS n'a été appliqué qu'à partir de 1969, depuis plusieurs introductions ont eu lieu et ce genre a vu une extension considérable.

## I.2. Distinction entre *Gambusia affinis* et *Gambusia holbrooki*

Les deux espèces de *Gambusia* sont confondues par rapport à leur biologie et leur morphologie très similaires, il sont considérés comme des sous-espèces de *G. affinis* jusqu'à l'année 1988, ou il a été proposé une autre classification à la base de marqueurs génétiques permettant de les distinguer en deux espèces différentes *G. holbrooki* et *G. affinis* (Wooten et al., 1988; Rauchenberger, 1989; Smith et al., 1989). Toutefois, il existe quelques différences entre ces deux espèces (Pyke, 2005).

✚ Walters et Freeman (2000), Vidal et al. (2010). ont séparé les 2 espèces en utilisant nombre de rayons de la nageoire dorsale et anale: *G. affinis* a 7 rayons dorsaux et 10 rayons anaux; *G. holbrooki* a 8 dorsales et 11 rayons anaux (Fig. 1).

✚ La structure de la nageoire anale des mâles (gonopode) permet de différencier morphologiquement *G. affinis* et *G. holbrooki* (Llood, 1984 ; Liyod et Tamasov, 1985). En effet, les crochets et les épines (Fig.1), se trouvant à l'extrémité de la nageoire anale du mâle présente des structures différentes entre les deux espèces (Rauchenberger, 1989).



**Figure 1:** Nageoire dorsale, anale et gonopodium de *Gambusia affinis* (gonopodium: A, B; nageoire dorsale: E; nageoire anale: G) et de *G. holbrooki* (gonopodium: C, D; nageoire dorsale: F; nageoire anale : H) Rauchenberger (1989).

## II. Biologie de l'épèce

### II.1. Position systématique

La famille des Poeciliidae présente 30 genres et 293 espèces (Nelson and Keenan, 1992). Il y a environ 30 espèces du genre *Gambusia* dont la plupart sont rares et limitées dans leur distribution (Rivas 1963).

Sa position systématique, selon Grasse (1958) est la suivante :

Règne	: <i>Animalia</i>
Embranchement	: <i>Cordata</i>
Sous- Embranchement	: <i>Vertebrata</i>
Super-Classe	: <i>Osteichthyes</i>
Classe	: <i>Actinopterygii</i>
Ordre	: <i>Cyprinodontiformes</i>
Famille	: <i>Poeciliidae</i>
Sous famille	: <i>Poeciliinae</i>
Genre	: <i>Gambusia</i>
Espèce	: <i>affinis</i>

### II.2. Caractéristiques morphologiques

*Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853), est un petit poisson ovovivipare d'eau douce, possède un corps fusiforme (Fig.2), la région thoracique est arrondie, elle possède une bouche dirigée vers le haut pour capturer des larves et les insectes dérivant à la surface d'eau, les yeux sont larges et positionnés près du profil dorsal, la nageoire caudale est arrondie, et méristique: dorsal: de 6-7 rayons, anal: 9-10 rayons (Walters et Freeman, 2000 ; Bruslé et Quignard, 2001), la nageoire pelvienne (6 rayons) et nageoire pectorale (11-12 rayons) étaient d'un ambre pâle et translucide (Walton et *al.*, 2016).

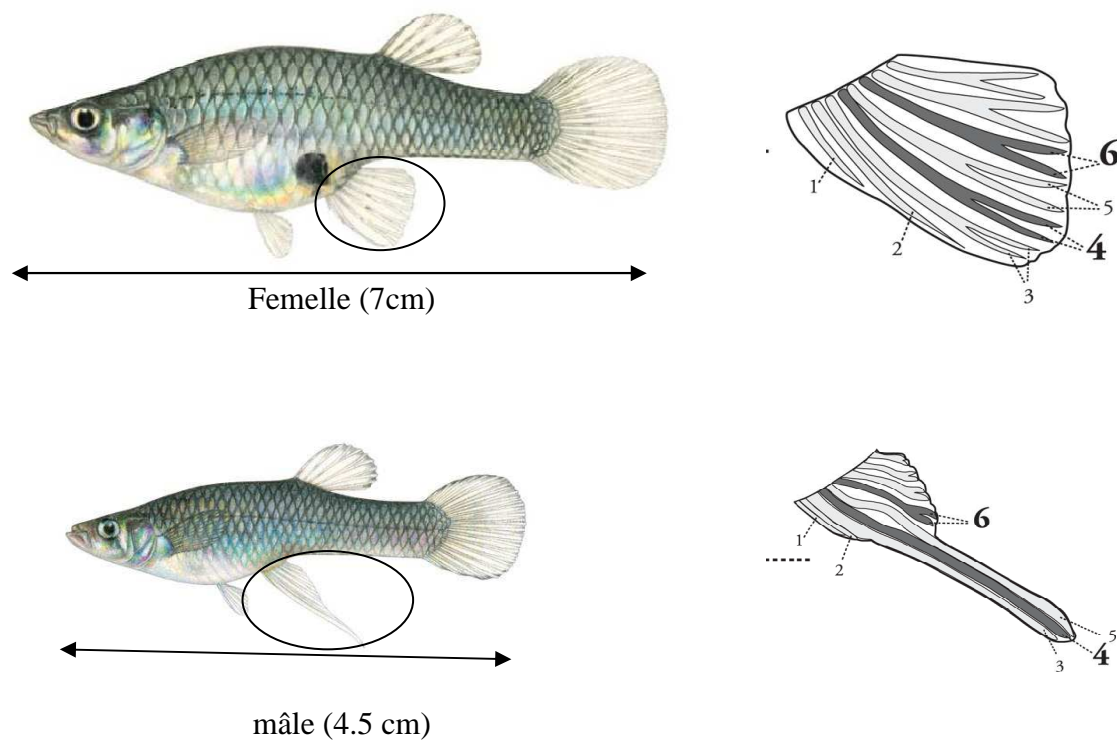
Les femelles peuvent atteindre de 6 à 8 cm de longueur (Muus et Dahlstrom, 1991 ; Bruslé et Quignard, 2001), ont un corps assez trapu soit vert argenté, soit marron argenté et translucide du côté dorsale selon le milieu, la nageoire ventrale est ronde de forme normale ; en avant de cette nageoire, on distingue pendant la gestation une tache noire plus ou moins étendue, c'est l'ovaire vu par transparence à travers les téguments (Bounaceur, 1997), la nageoire anale est ronde et transparente (Bruslé et Quignard, 2001). La couleur jaunâtre de la robe tendant vers le gris au niveau de la région ventrale, peut laisser apparaître quelques taches noires sur le dos, et les flancs, les nageoires sont incolores, les mâles étant différents, au corps allongés, et légèrement comprimés, ils sont petits à l'état de maturité, de 3- 4.5 cm (Muus et Dahlstrom, 1991; Fernandez- Delgado, 1989; Fraile et *al.*, 1994). La présence de

gonopode (Fig.2) dont la morphologie est un critère de classification de l'espèce (Charle et Masson, 1989; Beaudouin, 2008).

### II.3. Dimorphisme sexuel

A l'état de maturité sexuelle la *Gambusia* présente un dimorphisme sexuel prononcé qui se manifeste principalement par la taille du corps et la morphologie de la nageoire anale. En conditions contrôlées en aquarium, il a été constaté des interactions entre les mâles peuvent être à l'origine d'une inhibition de la puberté des mâles immatures par les mâles matures, après la puberté la croissance est arrêtée, toutefois, les mâles immatures seraient contraints de retarder leur maturité sexuelle pour atteindre une taille supérieure à celle des mâles matures avant de finir leur puberté (Compton et Gall, 1988), alors que les femelles continuent de croître tout au long de leur vie (6 à 8 cm de long) (Krumholz, 1948; FishBase, 2003).

La nageoire anale est transformée en gonopode chez le mâle (Fig.2) au cours de la maturité, c'est l'allongement des rayons 3, 4 et 5, et la fusion des ptérygiophores, avec une disposition spécifique des crochets à l'extrémité, les rayons formant une languette rigide en forme de gouttière et musclées associés permettant une grande mobilité ; cet organe copulateur utilisé lors du transfert du sperme dans l'organe génitale femelle lors de la fécondation est dite interne (Muus et Dahlstrom, 1999 ; pyke, 2008).



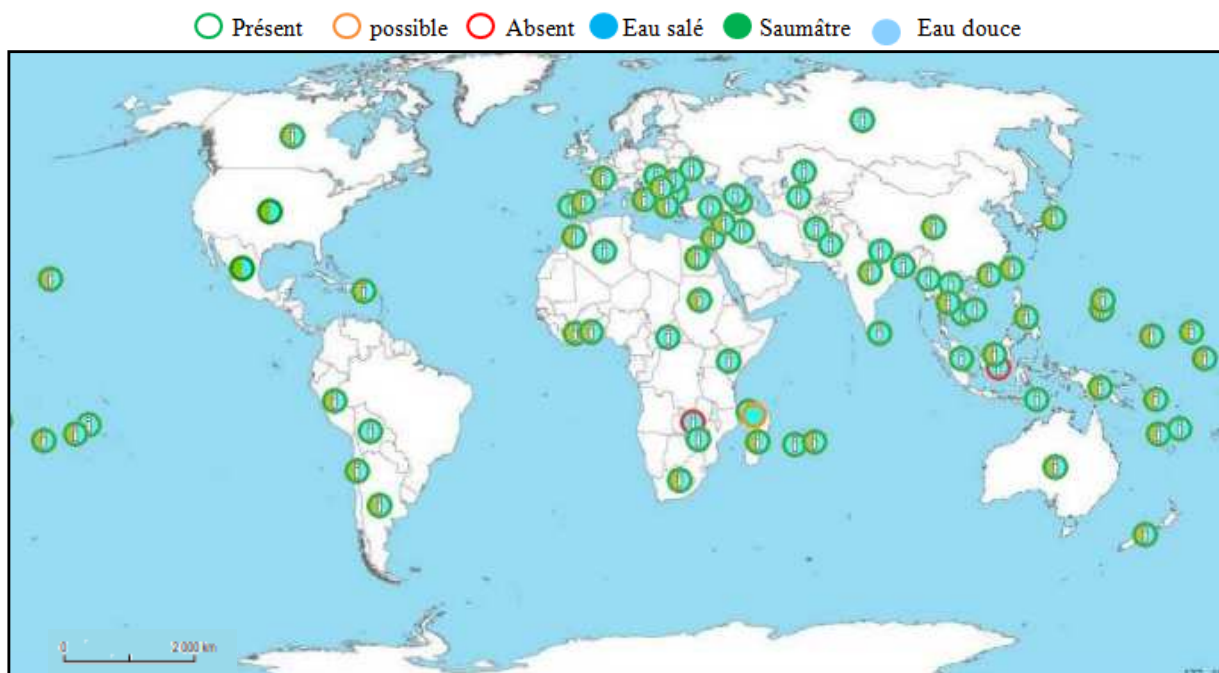
**Figure 2:** Morphologie de mâle et de la femelle de *G. affinis* (Nico et al., 2014).



## II.4. Répartition dans le monde

*Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) est un poisson originaire de l'Est et du sud Est d'Amérique, il s'étend dans le bassin de Mississipi et ses affluents au nord du golfe du Mexique, du sud de l'Illinois et à Alabama, à la Floride et au sud du Texas (Black et Howell, 1979).

Au cours du XXème siècle, et suite au programme antipaludique mené par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) afin d'éradiquer les moustiques (Krumholz 1948), *Gambusia affinis* a été introduit dans plus de 81 pays et îles (Fig.3) (Garcia Berthou *et al.*, 2005). Actuellement l'espèce se rencontre à l'échelle planétaire (Krumholz 1948).

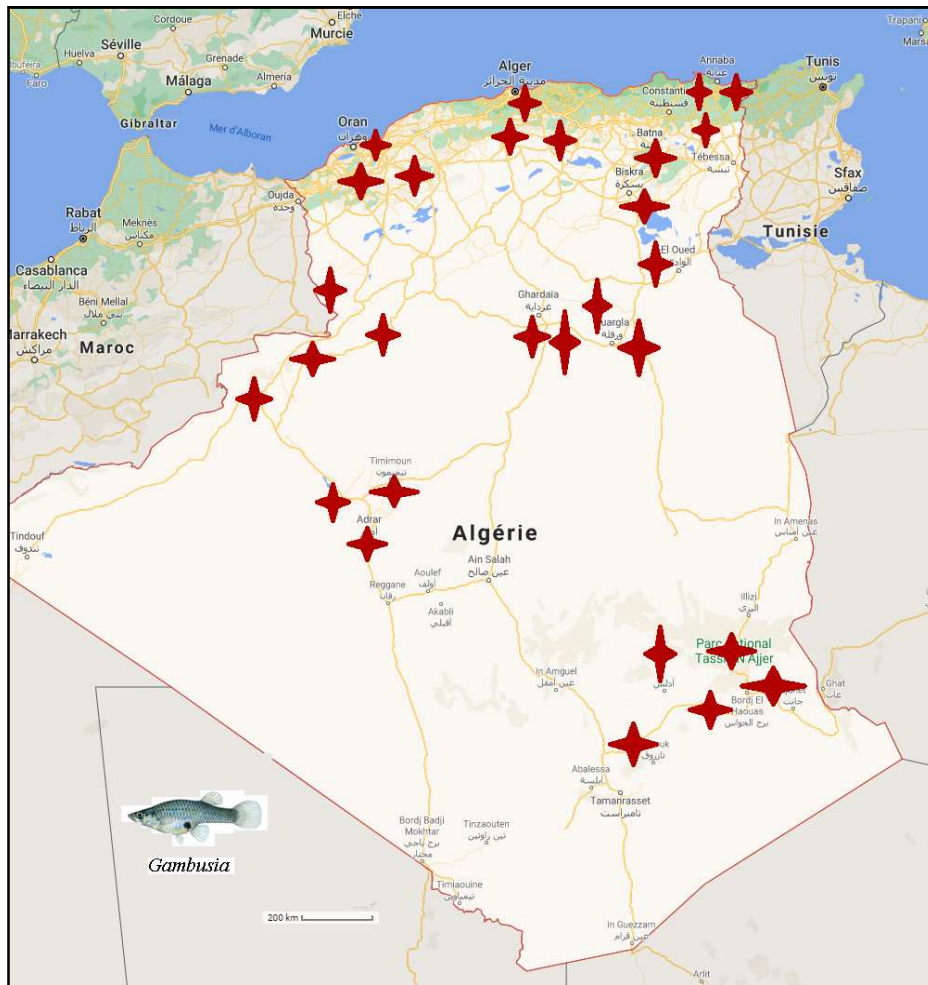


**Figure 3:** Répartition géographique de *Gambusia affinis* selon Fish Base (Froese & Pauly 2014).

## II.5. Répartition de *Gambusia* en Algérie

Selon Samraoui et De Belair (1997), le genre *Gambusia* est rencontré dans plus de 80% des marais et étangs de l'Algérie (Fig.4), on le rencontre dans le lac de Reghaia, les eaux douces du Tassili et Hoggar, les foggaras d'Adrar et de Timimoune, les zones humides de Ghardaia, Ouargla, Zelfana, El Menia (CNDPA, 2004, *in* Hassen, 2011), Batna, Annaba...etc. Le genre *Gambusia* a été réintroduit dans plus de 254 zones humides naturelles, parmi elle une soixantaine de zones humides d'importance internationale sont inscrite sur la liste de convention de Ramsar (Touchi *et al.*, 2013), actuellement on note

plusieurs réintroduction de cette espèce dans de nombreuses zones humides en Algérie et d'après nos investigations, *G. affinis* présente aussi à l'oued Sebaine à Tiaret, et le petit barrage d'Abadla à Bechar et à Biskra (Fig.4).



**Figure 4:** Répartition géographique du genre de *Gambusia* en Algérie (Carte modifiée d'après les données bibliographiques).

## II.6. Habitat et écologie

Ce poisson non-migrateur vit dans les eaux douces et saumâtres, robuste vivant dans toute sortes de petits étangs, fossés et marais, le genre *Gambusia* préfère les eaux peu profondes de 7 à 15 cm (Pyke, 2005), dormantes ou faiblement courantes (ruisseaux, rivières), souvent éphémères, chaudes et riches en végétation (Muus et Dahlstrom, 1991). On les introduit dans les puits, les mares, les bassins ...) (Briton et Moser, 1982).

Ce sont des espèces euryhalines et eurythermes s'adaptent à tous les facteurs abiotiques, aux conditions climatiques et hydrologiques défavorables (Daradja-Beldi, 1993), vivant dans les eaux à un pH compris entre 6,0 et 8,0 (Edwards, 2005), et à des températures comprises entre 12 et 29°C (Fish Base, 2003), survivant également dans des eaux peu oxygénées (Pyke,

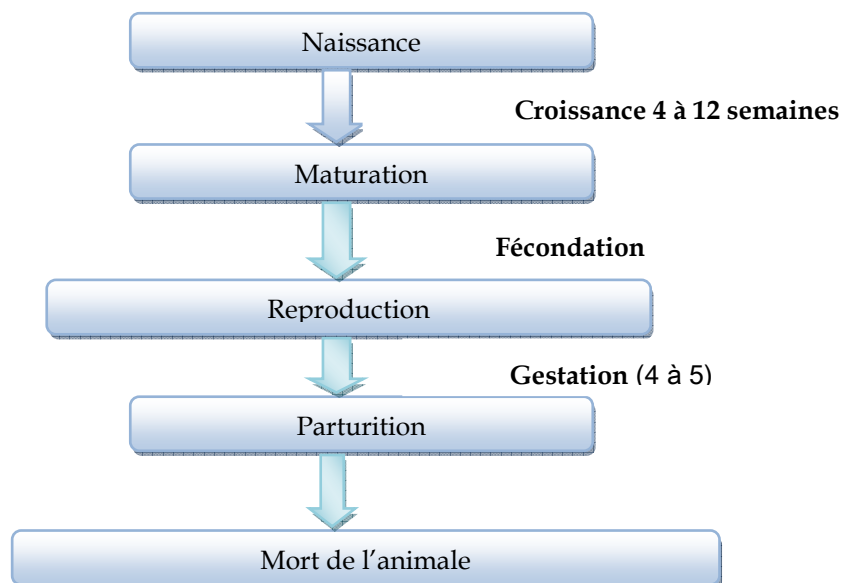
2005), à forte salinité (y compris deux fois celle de l'eau de mer), et à des températures pouvant atteindre 40°C pendant une courte période (Winkler, 1979; Swason et Cech, 1996). Certains aspects écologiques de cette espèce feront l'objet de cette thèse.

## II.7. Régime alimentaire

La *Gambusia* est un prédateur opportuniste qui a une préférence pour les espèces animales (Pyke, 2005), c'est un prédateur généraliste qui adapte son régime alimentaire en fonction de la disponibilité des proies (Arthington, 1989; Bounaceur, 1997). Une très large gamme de proies telles que les insectes (les moustiques présentent plus de 50%) (Fraval, 2002), Araignées, Crustacées, Vers, Mollusque (Crivelli et Boy, 1987), Zooplancton (Hulbert et Mulla, 1981); Diatomées, des Algues et d'autres tissus de végétaux (fruits et Feuilles), même les larves d'autres espèces de poissons et de *Gambusia* ainsi que des larves œufs d'amphibiens (Arthington, 1989; Garcia-Berthou, 1999). Le régime alimentaire ainsi que ces fluctuations saisonnières feront l'objet d'un chapitre de cette thèse.

## II.8. Cycle biologique

*Gambusia affinis* est une espèce ovovivipare, la fécondation est interne et associée à une gestation intra-folliculaire au sein de l'ovaire (Constantz, 1989). Possède de cycle de vie bien déterminé (Fig.5), *Gambusia* est considérée comme lécithotrophe, c'est-à-dire que la nutrition des embryons est limitée aux réserves de vitellus placées dans l'ovocyte (Haynes et Cashner, 1995). L'ovaire est impair en situation médiane, et des testicules sont fusionnés en un seul organe rond, de couleur blanche, situé au centre de l'abdomen, à l'origine du gonopode (Fraile et al., 1993).



**Figure 5 :** Cycle vital de la *Gambusia* à 25°C (Swanson et al., 1996)

Sous latitude tempérée, les poissons téléostéens ont un cycle reproducteur annuel contrôlé par les facteurs environnementaux comme la température et la photopériode (Constanz, 1989), *G. affinis* montre des périodes reproductrices dans l'année en se basant sur l'état de développement de l'ovaire (Koya et al., 1998), la reprise du cycle ovarien se déclenche quand la photopériode est supérieure à 12h30 de jour et lorsque la température de l'eau est supérieure à 14°C, et se poursuit l'embryogénèse quand la température est supérieure à 18°C (Koya et al., 1998). Chez les mâles, la reprise de spermatogénèse, peut avoir lieu à une température de 18 °C et une photopériode de 16h de jour, la spermatogénèse ne s'arrêterait jamais complètement mais peut rester bloquée à un stade intermédiaire et la production de spermatozoïdes n'aurait lieu que lorsque les conditions redeviendraient favorables (Fraile et al., 1994 ; De Miguel et al., 1994 ; Koya et al., 2004).

La fécondation des femelles s'effectue lorsque les œufs deviennent de couleur jaune et dépassent 1,7 mm de diamètre (Koya et al., 2004). Au moment de l'insémination, les spermatozoïdes sont emmagasinés dans le repli de l'épithélium qui tapisse la cavité ovarienne (Constanz, 1989). Leur survie est très longue puisqu'une femelle peut être l'objet de 4 à 5 gestations successives sans nouvelle insémination (Chambolle, 1973).

La durée de gestation est assez variable ; elle est de l'ordre de 25 jours dans le cas de gestations courtes et de 35 jours pour les plus longues.

A la naissance, les alevins ont tous le même état de développement. Au moment de la parturition, ils quittent leurs mères et gagnent le milieu externe, mais l'ovaire contient d'autres ovocytes déjà matures de la génération suivante (Chambolle, 1973).

### **a/ Période de reproduction**

La saison de reproduction de ces poissons dure généralement 7 mois (de mars à octobre) (Davis 1978), les poissons prennent naissance dès le début du printemps et peuvent se reproduire en été et à l'automne. En revanche ceux qui sont nés à la fin de la saison de reproduction passent l'hiver avant de se reproduire (Krumholz, 1948). Cependant, il a été constaté que pour certaines populations vivant dans des biotopes thermiques tel que la centrale de Savannah, en Caroline du Sud, et à Hawaii la Gambusie se reproduit toute l'année (Ferens et Murphy, 1974).

### **b/ Fécondité**

Chez les Poeciliidae, la taille des femelles et le nombre d'alevins d'une portée sont corrélés positivement (Brown-Peterson et Peterson, 1990 ; Pen et Potter, 1991; Fernandez-

Delgado et Rossomanno, 1997; Speczia, 2004; Perez Bote et Lopez; 2005). Les femelles plus grandes produisent plus d'alevins (Krumholz 1948), au moyenne une portée comporte de 1 à plus de 300 alevins (Krumholz, 1948; Trendall, 1982).

### **c/ Caractéristiques des portées**

Après une période de gestation de 21 à 28 jours, les alevins naissent complètement, avec une taille moyenne d'environ 7 mm (Weeks et Meffe, 1997), la taille à la naissance est lié au nombre d'alevins de la portée (Krumholz, 1948), alors que leurs poids environs est estimé entre 1.2 à 1.3 mg, ils ont des yeux noirs proéminents et sont uniformément jaunâtres, les nageoires sont obscures, la croissance est rapide, en fonction de l'alimentation et la température de l'eau, ils mangent de petits rotifères microscopiques. Ils atteignent la maturité sexuelle au bout de 3 à 4 semaines, bien que les individus nés à la fin de la saison de reproduction puissent retarder la maturité de 6 à 7 mois, jusqu'au début de la saison de reproduction suivante (Meffe, 1990).

La longévité de *G. affinis* est généralement inférieure à 2 ans (Vargas et de Sostoa, 1996, Haynes et Cashner, 1995), mais contrairement en aquarium, cette durée de vie peut s'allonger jusqu'à 4 à 5 ans (Krumholz, 1948).

## **II.9. Ennemis et prédation**

Il est important de citer la mortalité liée à la prédation chez le genre *Gambusia*, parmi ces prédateurs les serpents d'eaux, les oiseaux aquatiques, à priori, les mâles, présenteraient une grande mortalité liée à la sensibilité au stress environnementaux (Krumholz, 1948; Cech et *al.*, 1985). Le cannibalisme semble être fréquent à priori les juvéniles susceptibles d'être dévorés par les adultes (Nesbit et Meffe, 1993).

---

## Chapitre II : Présentation des stations d'études

---

## Introduction

Chaque espèce vit, se reproduit et s'épanouit dans un milieu naturel restreint de variation qui répond à ses propres besoins (Ramade, 2003). De ce fait pour une meilleure approche de l'espèce étudiée et pour apporter plus de précisions sur ses particularités, il est très important de connaître les caractéristiques du biotope dans lequel elle développe son cycle biologique.

Dans ce chapitre nous présentons les zones d'études qui comprennent les quatre sites répartis du point de vue localisation géographique ainsi que la nature topographique, les principaux facteurs physiques du milieu qui sont primordiaux dans la distribution de *Gambusia affinis*.

### 1. Sites d'échantillonnages

Les zones d'études se situent dans différentes régions de l'Algérie (Fig.6). Dans le nord-est du Sahara algérien, on note le barrage Fontaine de Gazelle à Biskra, dans l'Ouest algérien Oued Sebaine à Tiaret, dans le sud-ouest Algérien on localise deux sites sahariens le premier au petit barrage d'Abadla à Bechar et le deuxième se situant dans les foggaras de Timimoune.



**Figure 6 :** Localisation géographique des zones d'études (marqué par ✚)



## 2. Description du milieu

### 2.1. Site 1 : Barrage Fontaine de Gazelle à Biskra (35° 7' N et 5 ° 34'E).

#### 2.1.1. Situation géographique

La région de Biskra (Ziban) est située au nord-est du Sahara d'Algérie, elle constitue la transition entre le domaine montagneux au nord et les grands plateaux présahariens au sud, le relief peut être réparti en 4 grandes zones (Anonyme, 2006):

- Zone Montagneuse : située au nord (El Kantara, Djamoura, M'chounche) et dont le point culminant apparaît dans le Djebel Takyiout (1942 m).
- Zone des plateaux : située à l'ouest et s'étend du nord au sud et englobe les daïras de Ouled Djallal, Sidi Khaled et une partie de Tolga.
- Zone des plaines: s'étend sur l'axe ElOutaya (le barrage de Fontaine des Gazelles)- Sidi Okba- Zeribet El Oued et Doucen.
- Zone des dépressions : située dans la partie sud-est de la région de Biskra (Chatt-Melghigh).

Le barrage de Fontaine des Gazelles (Fig.7) s'étend sur oued El Hai (1660 km<sup>2</sup>) à 35 km nord-ouest de la ville de Biskra s'étend sur environ 330 Km<sup>2</sup> (33300 ha), sa construction rentre dans le cadre du développement agricole de la plaine d'El Outaya en 2000. elle constitue une entité géographique propre formant une cuvette presque fermée, limitée au nord par les Djebels Melah, Meddiane et Magraoua, à l'est par l'Oued Branis et Djebel Mohar, au sud par Djebels Oum Djenib, Gouara et Aroussine avec au Sud-est Dj. Bourhzal et à l'Ouest par Djebels Rebaa, Ed Deba et Ksoum.



**Figure 7 :** Situation géographique du barrage Fontaine de Gazelle (google earth, 2020).



### 2.1.2. Facteurs climatiques de la région de Biskra

Du point de vue climatique, elle constitue une zone de transition entre le milieu semi-aride des hautes plaines et le domaine hyperaride du Sahara (Farhi et al. 2006).

#### 2.1.2.1. Climat

Il est bien évident que les facteurs climatiques n'agissent jamais de façons isolées, seule la combinaison de l'ensemble des valeurs climatiques (température, pluviométrie, humidité, vent...) permet de comprendre l'influence du climat sur l'apparition et l'abondance d'une espèce végétale ou animale donnée (Ramade, 2003).

#### 2.1.2.2. Température

La température est l'un des facteurs climatiques et écologiques les plus importants, qui influe sur la répartition géographique des espèces (Dreux, 1980), la température moyenne de cette région (Tab.1), des fortes variations saisonnières sont enregistrées entre le mois le plus chaud en Juillet avec 41°C et le mois le plus froid en Janvier avec 6.84°C où la moyenne annuelle est de 22.4°C.

**Tableau 1 :** Températures moyennes mensuelles de la région de Biskra enregistrées durant la période 1995-2008 (Station météorologique de Biskra).

TC°	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
<b>M</b>	16.9	19.4	23.4	26.7	31.5	37	41	39.6	33.8	29	21.8	17.4	28.1
<b>m</b>	6.84	8	11.3	14.8	20.1	24.8	27.8	27.7	23.2	18	11.85	7.9	16.8
<b>Moy</b> °C	11.87	13.7	17..35	20.75	25.8	30.9	34.4	33.6	28.5	23.5	16.8	12.6	22.4

M : Température moyenne mensuelle des Maximums, m : Température moyenne mensuelle des minimums, Moy : Température moyenne mensuelle.

#### 2.1.2.3. Pluviométrie

Durant la période allant de 1995 à 2008, il est remarqué que les précipitations moyennes annuelles n'ont pas dépassé 119,4 mm (Tab.2). D'après les valeurs de la pluviométrie moyenne mensuelle indiquées dans le tableau, on remarque qu'un maximum de sécheresse durant le mois le plus chaud (Juillet) avec une pluviométrie de 0.5 mm, par contre le mois le plus humide est Janvier avec 22.5 mm.

**Tableau 2 :** Données des moyennes mensuelles des précipitations en mm, enregistrées durant la période 1995-2008 (Station météorologique de Biskra).

Période	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
<b>Pluviométrie</b>	22.5	7.1	12.3	17.5	8.8	3.2	0.5	3.2	12.8	10.6	16.3	14.7	119.4

#### 2.1.2.4. Les vents

Les vents chauds, secs et chargés de sables, fréquents pendant le printemps et l'été, en hiver, de direction nord-ouest, sont plutôt froids et plus ou moins humides, la vitesse maximale des vents s'observe au mois d'Avril atteignant 5.52 m/s (Tab.3), par contre la vitesse minimale est de 3.72 m/s au mois d'Août.

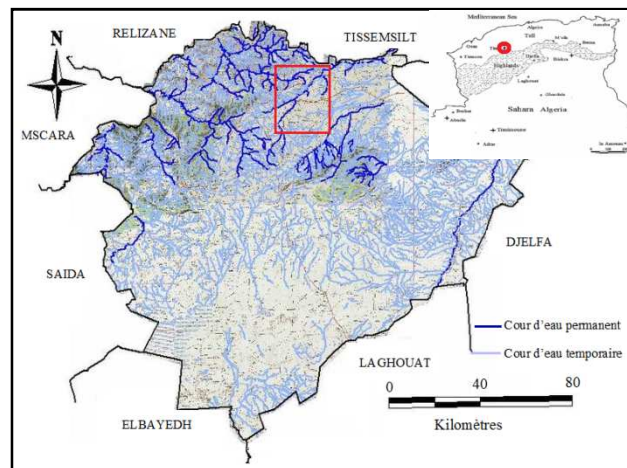
**Tableau 3** : Données des vitesses moyennes mensuelles des vents en (m/s), enregistrées durant la période 1995-2008 (Station météorologique de Biskra).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
<b>Vitesse</b>													
<b>Moyenne</b>	4.2	4.18	4.3	5.52	5.27	4.19	4.06	3.72	4.04	3.46	3.79	3.5	4.77

## 2.2. Site 2 : Oued Sebaine à Tiaret

### 2.2.1. Situation géographique

La wilaya de Tiaret est située à 340 km de la capitale Alger au nord-ouest, sur les hauts plateaux ouest entre la chaîne Tellienne au nord et la chaîne Atlasique au sud, le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au nord, de hautes plaines au centre et des espaces steppiques au sud, elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude Nord. L'altitude de relief comprise entre 800 et 1508m, la délimitation de la wilaya est bien déterminée sur la figure (8).



**Figure 8** : Localisation géographique d'Oued Sebaine (C.F.T, 2014).

Le réseau hydrographique de la wilaya s'élève à 1938 km, dont 889 km pour les oueds permanents tels que : Oued Mina, Oued Faidja, Oued Touil, Oued Taht, Oued Abd, Oued Tiguiguesst, Oued Rhiou et Nahr Ouassel (notre zone d'étude Oued Sebaine), principalement

situés dans la partie nord, et 1049 Km d'Oueds temporaires principalement situés dans la région sud (les parcours steppiques) (Site officiel de la wilaya de Tiaret).

Oued Sebaine (Fig.9 et 10) est situé à 28 km au nord est du Tiaret, à une altitude de 918 m, c'est une petite rivière qui possède une dizaine de sources permanentes d'eau douce, s'appelait Ras El Ain, à environ 1,4 km de long, ou il se déversé à Nahr Ouassel, localisé dans le plateau de Sersou, c'est une des quatre unités géomorphologiques distinctes de Tiaret qui sont :

a- Collines de Tiaret : une chaîne de piémont constituant le versant méridional de l'Ouarsenis (Dj. Bechtout, Dj. Si Maarouf, Dj Mahmoud, Dj. Guedèle), à orientation Est-Ouest fortement érodée, cette zone coïncide avec l'ensemble tellien, avec la vallée de la Mina autour du barrage Bakhadda et les monts de Tiaret.

b- Les monts de Frenda : (Massif forestier de Sdamas Chergui et Sdamas Gharbi, bassin de Takhmart) un ensemble montagneux d'altitude moyenne 1200 m qui prolonge localement les monts de Saida, et en limite avec le territoire de Mascara, à relief modéré et localement boisé.

c- Plateau du Sersou :(Hautes plaines du Sersou, Vallée de Nahr El Ouassel) un domaine tabulaire vaste, s'étendant au pied de l'Ouarsenis ou prédomine des formes planes emboîtées entre 800 m et 1000 m.

d- Parcours Steppiques : constituant une vaste plaine regroupant la cuvette du Chott Chergui à l'Ouest et le chaînon du Nador (Dj. Nador, Dj N'sour, Dj. Es safah, Dj Chemer, Ras Sidi Atallah).



**Figure 9** : Les sources de l'oued Sebaine (google earth, 2020).



**Figure 10 :** Présentation de la station d'Oued Sebaine à Tiaret (Photos Sellaoui, 2018)

### **2.2.2. Facteurs climatiques de la région de Tiaret**

La région de Tiaret, par sa position géographique et la diversité de son relief, subit des influences climatiques conjuguées des grandes masses d'air, de l'exposition du relief (Miara, 2008), et de l'altitude, en effet, pendant la saison hivernale, les masses d'air froid provenant de l'Atlantique rencontrent les masses d'air chaud et humide ce qui provoque une instabilité et des perturbations climatiques à l'origine des pluies hivernales parfois intenses. Durant la saison estivale, des masses d'air tropical liées à l'anticyclone des Açores prédominent et provoquent une zone de haute pression à l'origine d'un type de temps sec et ensoleillé qui perdure jusqu'à la fin du mois de septembre et le début du d'octobre (Halimi, 1980).

### **2.2.3. Climat**

Le climat de cette région est de type semi-aride à hiver froid, on note une nette régression des précipitations en hivers et au printemps pour passer de 600 mm à 360,4 mm, accompagnée d'une augmentation des températures durant le vingtième siècle.

### **2.2.4. Température**

Le tableau (4) indique l'analyse des températures mensuelles maximales, minimales et moyenne de la région de Tiaret de 2006 à 2016 (O.N.M. 2016).

Nous remarquons que le mois le plus chaud est Aout où la température moyenne atteint 26,17°C, la température commence à baisser à partir du mois de décembre on note la température la plus basse avec 7.77° C (Tab.4).

Les mois de Décembre, Janvier et Février sont favorables à l'occurrence de gel dans la région, la période de Juillet-Août enregistre les grandes chaleurs de l'été où les températures maximales moyennes dépassent souvent 40°C (Abderrahmani et *al.*, 2009).

**Tableau 4 :** Moyenne mensuelle du Température en °Cde Tiaret (2006-2016) (O.N.M, 2016)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
<b>M</b>	17.5	18.2	23.4	25.2	30.2	36.1	38.7	38.7	28.3	29.2	21.1	16.4	23.6
<b>m</b>	-1.3	-1.7	0.37	0.7	3.7	8.8	12.9	13.5	7.3	4.4	0.8	0.92	4.19
<b>Moy</b>	8.0	8.2	11.9	13	17.0	22.4	25.8	26.1	20.7	16.8	11	7.7	15.1

M: Moyenne mensuelle des températures maximales, m: Moyenne mensuelle des températures minimales, Moy: Moyenne mensuelle des températures.

### 2.2.5. Pluviométrie

La pluviométrie est le facteur primordial qui détermine le type de climat, le maintien et la répartition du tapis végétal, l'altitude, la longitude et la latitude sont les principaux gradients définissant la variation de la pluviosité, en effet, la quantité de pluie diminue du Nord au Sud, de l'Est à l'Ouest et devient importante au niveau des montagnes (Chaâbane, 1993 *in* Nouar, 2016).Le tableau (5) montre que durant les mois de Juin, Juillet, et Août les précipitations enregistrées sont les plus basses pour cette période; alors que les précipitations des mois de Décembre, Janvier, Avril sont plus abondantes, avec le mois le plus pluvieux est le mois de Décembre, soit 74.9 mm; alors que le mois de Juillet est le mois le plus sec (4.42 mm).

**Tableau 5 :** Répartition des moyennes mensuelle des précipitations de Tiaret entre 2006-2016 (O.N.M, 2016)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
<b>Précipitation (mm)</b>	71.69	51.45	34.85	59.34	41.16	7.29	4.42	9.27	28.13	44.78	56.93	74.9

### 2.2.6. Vents

Le vent est un facteur climatique caractérisé par sa direction, sa fréquence et son intensité, il exerce une action sur les variations de températures et d'humidité, selon le tableau (6), le vent dominants est de la direction nord-ouest, l'été est caractérisée par le sirocco, vent chaud et sec qui vient du Sud, Sud-ouest et Sud-est avec une moyenne de 24 à 29 jour/ an, au mois de mai, juin et juillet. (Miara, 2008).



**Tableau 6:** Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) pendant la période 2006- 2016 (O.N.M, 2016)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
V de vent	5.7	4.8	4.8	4.4	3.6	3.5	3.2	2.9	3.6	3.3	3.6	3.6	3.91

### 2.2.7. Flore

La région de Tiaret représente un patrimoine floristique assez remarquable, on note l'olivier (*Olea europea*) le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le chêne vert (*Quercus ilex*), le thuya a de Barbarie (*Tetraclinis articulata*), les Genévriers (*Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea*), les cyprès (*Cupressus sempervirens*) sont localisées dans la partie nord et ouest de Tiaret dans l'Atlas Tellien. La partie est et sud est dominé par la céréaliculture et en outre de steppe à alpha (Bettayebet *al.*, 2016).

### 2.2.8. Faune

La faune de cette région est peu ou pas étudiée, d'après un rapport de la conservation de la forêt de Tiaret (2016). Parmi les micromammifères on cite la gazelle de cuvier (Aoued et *al.*, 2016; Boualem, 2017), le Chacal doré (*Canis aureus*), la Genette (*Genetta genetta*), le Porc-épic (*Hystrix cristata*), le sanglier (*Sus scrofa*) et le Lièvre brun (*Lepus capensis*). Parmi les oiseaux, on peut citer le Héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*), la Tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*), la Perdix (*Perdix gamma*), la caille (*Coturnix coturnix*), les faucons, les chouettes et les hiboux. Pour les reptiles, on cite, la Caméléon (*Chamaeleo chamaeleon*), la couleuvre fer à cheval (*Hemmorhois hippocrepis*). Le lézard hispanique (*Podarcis hispanica*), la tortue mauresque (*Testudo graeca*). Parmi les rongeurs, on peut citer le Mérieux (*Meriones shawi*), le gerboise (*Jaculus orientalis*, *Jaculis jaculis*), pour les amphibiens, nous avons rencontré le crapaud vert (*Bufo viridis*), et la grenouille rieuse (*Pelophelax saharicus*) (Bettayeb et *al.*, 2016). Concernant les poissons des trois barrages, à savoir, barrage Dahmouni, barrage Bougara, et Bakhadda que l'on y rencontre les espèces de poisson Cyprinidés (la carpe commune, la carpe miroir, la carpe rouge) et le Barbeau

### **2.3. Site 3 : Les foggaras de Timimoune (29 ° 15'13,58 "N et 0 ° 12'35,19" E).**

#### **2.3.1. Situation géographique**

Situées dans l'ouest du Sahara algérien, Igraven et Abad sont les sites d'échantillonnage des poissons à Timimoune à environ 200 km au nord-est de wilaya d'Adrar, à 257 m d'altitude.

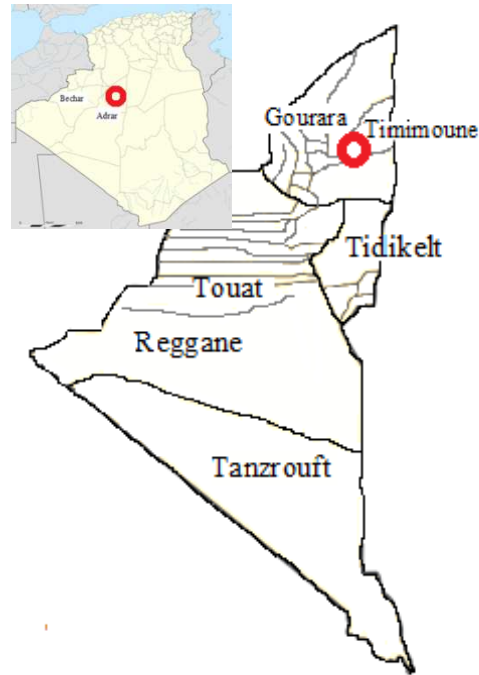
Le Gourara ou Timimoune (Fig.11) est très connu par le pays des foggaras (Abidi et Remini, 2011), se présente comme une vaste cuvette qui s'étire du Grand Erg Oriental vers le nord jusqu'au début du Touat vers le sud et vient se heurter avec le vaste plateau de Tadmaït vers l'est qui le surplombe, l'oued Saoura représente sa limite occidentale (Remini et Achour, 2013).

La région de Timimoune renferme quelques traits morphologiques, on trouve le relief saharien avec d'immenses zones sableuses, les ergs, couvertes de dunes en forme de croissant (Barkhanes), des établissements caillouteux, les plateaux, les Hamada, les Sebka.

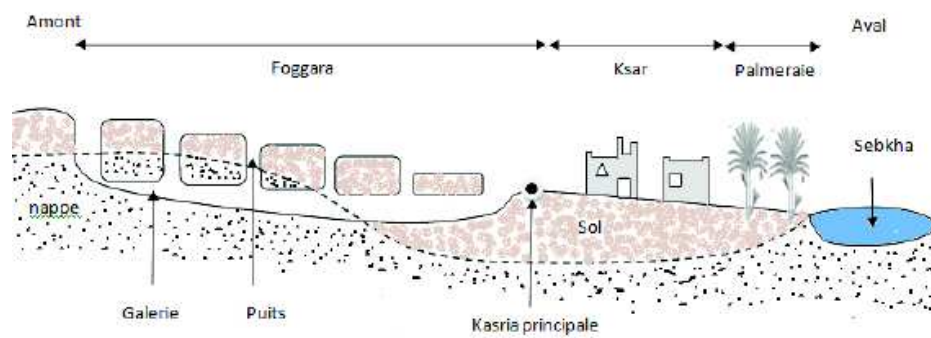
Les ressources en eau au Sahara se distinguent par les eaux superficielles qui sont localisées dans les piedmonts de l'Atlas saharien et dans les régions du Hoggar et du Tassili (ABHS, 2013), ainsi les eaux souterraines qui sont extraites par les systèmes d'irrigation traditionnelle (Foggara) (Elabbadi *et al.*, 2011), Ce système de captage témoignent d'un génie hydraulique humain remarquable, dont l'organisation se place au premier plan (ABHS, 2013), elle est la principale ressource en eau de la région d'étude ou elle est contenue dans des formations essentiellement argilo-gréseuses et s'étend sur tout le Sahara septentrional.

##### **2.3.1.1. La Foggara**

La foggara (Fig.12 et 13) est une galerie souterraine légèrement inclinée, qui draine l'eau de l'aquifère en amont vers les terrains les plus secs situés en aval, en direction de la palmeraie où sont toujours installées les oasis, elles se composent de plusieurs puits d'aération espacés de 5 à 22 m, dont la profondeur peut atteindre 20 m (Fig.11), qui sont réunis à leurs bases par une galerie principale, ce système de galeries en pente douce. La distance minimale entre les foggaras est de 80 m (Saidi, 1983 ; Cheylan, 1990). Ces foggaras étaient utilisées pour l'alimentation en eau potable, mais maintenant elles sont utilisées pour l'irrigation.



**Figure 11** : Localisation géographique de Timimoune (O.N.S, 2008).



**Figure 12** : Réseau de distribution des eaux de la foggara (Remini et *al.*, 2014).



**Figure 13** : La foggara (originale, 2010).



### 2.3.2. Climat

La région de Timimoune est caractérisée par un climat saharien, pluie très faible et très irrégulière, l'étude du climat a été réalisée sur les données disponibles au niveau d'ONM de Timimoune et Béchar.

### 2.3.3. Température

L'analyse des données de la température moyenne montre que le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 4.6°C, tandis que le mois de juillet est le plus chaud avec 47.5°C, le tableau (7) ci-dessous présente la répartition des températures (°C), moyenne minimale (m), moyenne annuelle (Moy), ainsi que la moyenne maximale (M) pour une période de 1988-2013

**Tableau 7** : Les températures mensuelles enregistré durant 1988-2013 (O.N.M de Timimoune).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
<b>m</b>	4.6	7.7	11.5	15.6	19.2	24.3	27.5	27.4	24	17.6	11	5.5	16.32
<b>M</b>	21.8	25.2	30.6	34.8	37.7	43.9	47.5	46.2	42.8	35.3	29.1	25.2	35
<b>Moy</b>	13.2	20.3	21.05	25.2	28.45	34.1	37.5	36.8	33.4	26.45	20.05	15.35	25.98

### 2.3.4. La pluviométrie

Les précipitations irrégulières et très rares caractérisent les régions sahariennes, selon Djakam et Kebiz (1993), la période pluvieuse est en hiver et reste insuffisante pour répondre aux besoins des végétaux, mais dans le cadre agricole, le recours à l'irrigation par les foggaras est obligatoire. Le tableau (8) montre les variations des moyennes mensuelles des précipitations d'une période de 1988-2013, le mois de Janvier est le mois le plus arrosé avec 4.98 mm de précipitation et le mois de Juillet est le mois le plus sec avec 0.55 mm.

**Tableau 8** : Pluviométrie mensuelle moyenne (O.N.M de Timimoun, 1988-2013).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	totale
<b>P(mm)</b>	4.98	1.22	4.03	3.65	1.55	1.02	0.55	2.9	2.4	3.9	2.08	0.85	29,82

### 2.3.5. Vents

Le vent un des éléments les plus caractéristiques de la région de Timimoune, on remarque des vents très fréquents durant toute l'année (Tab.9), c'est durant la saison du printemps, que se manifestent violemment les tempêtes de sables, des vitesses supérieures à 20 m/s sont observées dans la région, en été, les vents sont chauds et secs (sirocco) avec une direction dominantes des vents nord-est en hiver et sud-ouest en été.

**Tableau 9:** Vitesse moyenne du vent entre l'année 1988-2013 (O.N.M de Timimoune)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
V (km/h)	22.2	23.1	24.88	24.9	25.10	23.4	24.91	24.02	22.75	21.45	19.88	20.55

### 2.3.6. Diversité faunistique

L'oasis de Timimoune caractérisé par une faune très diversifié, son rôle est très important dans le cycle des oiseaux migrateurs, elle représente un point de brassage de nord (Europe) vers le sud (Afrique), dont plusieurs espèces protégées sont signalés. Les fourrages abritent à elles aussi de nombreux poissons d'eaux douces (Idda, 2010). La faune de palmeraie atteint 242 espèces d'invertébrés et 116 espèces de vertébrés dont 86 oiseaux, 11 Mammifères, 13 reptiles, 3 poissons et 3 amphibiens. Selon Djakam et Kebiz (1993), les invertébrés sont répartis en 5 classes, les insectes représentent 85.10% de l'effectif total. Les mammifères sont bien représentés par les mouflons à manchette (zones de montagne), les gazelles (espaces ouverts, oueds et regs), les fennecs, chacals, les lièvres et les petits rongeurs tels que les gerboises.

## 2.4. Site 4 : Le barrage de reprise d'Abadla à Béchar (31° 01'13 "N et 02 ° 43'14" O).

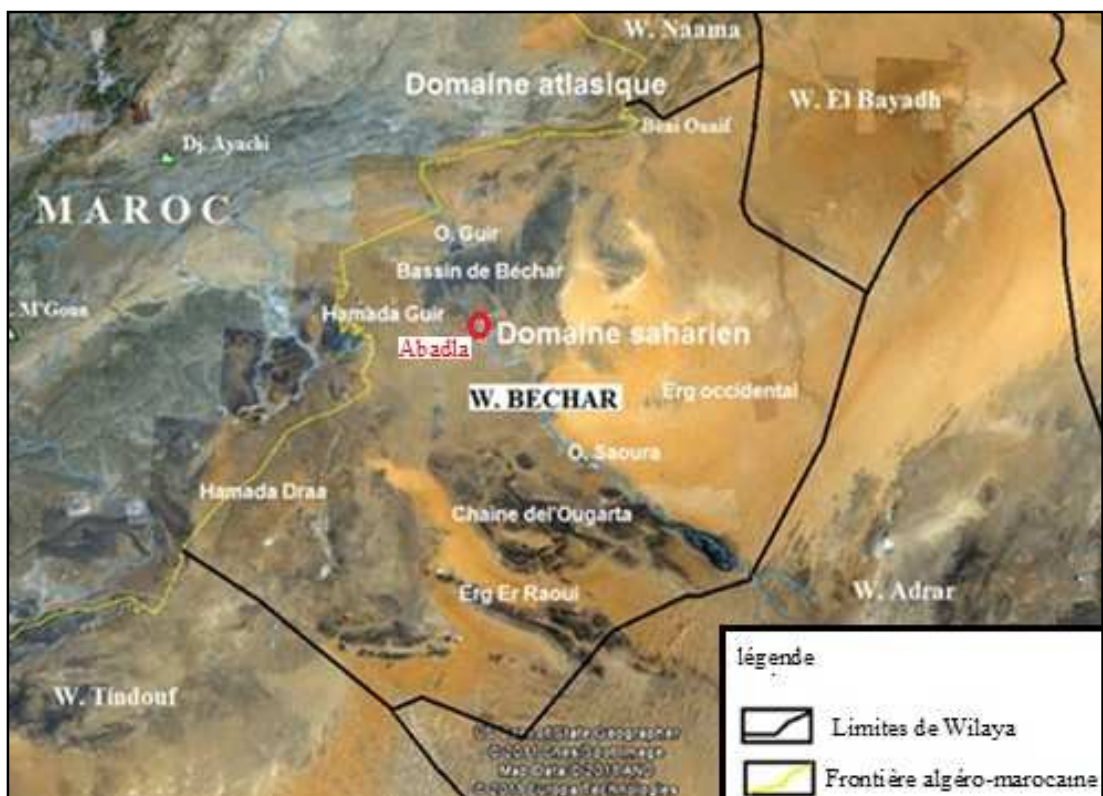
### 2.4.1. Situation géographique

La wilaya de Bechar est Située dans le sud-ouest de l'Algérie (Fig.14), à 950 km de la capitale Alger, présente une entité montagnarde développée au nord par l'Atlas saharien, suivie d'un système de hamadas dont le nord appartient au domaine steppique.

Au sud est développé un système de reliefs collinaires se limite à l'ouest par la vallée et la hamada du Guir et à l'est par le Grand Erg occidental et partiellement au nord-est par la hamada Bet Touajine, plus au sud, des reliefs résiduels de la chaîne de l'Ougarta à travers lesquels se développe des systèmes dunaires, tel que des ergs notamment (Erg Chech, Atinim, El Atchane et Erg Raoui), ces reliefs qui se cachent progressivement au nord ouest en allant vers le Maroc, mais qui se limitent au sud ouest au contact de la Hamada de Daoura Draa et au sud est au contact de l'Erg occidental et la vallée de la Saoura (Marc, 1983). Alors la diversité morphologique de cette région, entre le domaine atlasique et sa marge steppique au nord, le système des hamadas au centre et le domaine des Ergs au sud, mais ce territoire de cette wilaya est dominé par l'ambiance saharienne et désertique (Fig.14).

La plaine d'Abadla, se situe à une centaine de kilomètres au sud ouest de la Wilaya de Bechar, près de la hamada de Guir, c'est l'une des plus importantes régions encerclée par des

chaînes montagneuses, oued Guir, traverse toute la longueur de la plaine, le barrage fait partie d'oued Guir (Fig.15), à l'entrée de la plaine d'Abadla, c'est le plus petit que celui de Djorf Torba (50 km à l'ouest de Béchar), un volume d'eau est affecté chaque campagne de barrage Djorf Torba au périmètre d'Abadla, suivant un débit demandé par l'O.P.I (office du périmètre d'irrigation) en tenant compte des superficies à irriguer, l'eau d'irrigation est acheminée vers le barrage de reprise d'Abadla par le lit naturel d'oued Guir, qui prend sa source dans le Haut Atlas au Maroc et se déplace jusqu'à la frontière entre l'Algérie et le Maroc, alimente le barrage de Djorf Torba, traverse ensuite la ville d'Abadla.



**Figure 14** : Situation géographique de la région de Bechar (google earth, 2017).



**Figure 15** : Barrage d'Abadla (Photos Sellaoui, 2018)

## 2.4.2. Facteurs climatiques de la région de Bechar

### 2.4.2.1. Climat

La région d'Abadla (Bechar) est une zone saharienne caractérisée par un climat de type désertique (Kenyon et Hegerl, 2008 ; Benyattou et Bouklikha, 2017), se caractérisé par un été très chaud avec des pics de températures au cours de la période de Juillet à Août et un hiver très froid (2°C à 3°C).

### 2.4.2.2. Température

Les températures moyennes mensuelles minimales et maximales entre 2000-2012 sont reportées dans le tableau suivant, on note la température minimale en janvier de 3.1°C, et la température maximale est atteint 40°C en juillet.

**Tableau 10** : Moyenne mensuelle de la température (°C) de Bechar (2000-2012)

mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	moy
<b>m</b>	3.1	5.8	10.6	14.7	19.0	24.3	28	27	22.2	16.3	9.5	5	15.5
<b>M</b>	16.6	19	23.7	27.3	31.6	37.4	41.2	39.8	34.4	28.2	21.2	17.3	28.2
<b>moy</b>	9.9	12.4	17.2	21	25.3	30.8	34.6	33.4	28.5	22.2	15.3	11.1	21.8

M : Moyenne mensuelle des températures maximales, m : Moyenne mensuelle des températures minimales, Moy : Moyenne mensuelle des températures.

### 2.4.2.3. La pluviométrie

Les précipitations de la région sont faibles et irrégulières, les précipitations annuelles à Bechar sont surtout concentrées en hiver et au printemps, apparaissant sous forme d'averses ou de pluies orageuses violentes, les données des précipitations allant de 2000 à 2012, révèle que la plus faible moyenne est de 1.7 mm en juillet et la plus forte atteint 25.3 mm en Octobre (Tab.11)

**Tableau 11** : Répartition des moyennes mensuelle des précipitations (mm) de Bechar entre 2000-2012.

mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
<b>P (mm)</b>	4.8	5.4	10	6.4	8.9	4.4	1.7	4.4	15.6	25.3	10.7	7	104.8

## 2.5. Synthèse climatique

La présente synthèse climatique met en évidence les différentes interactions qui existent entre la température et la pluviométrie. Dans ce but, le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) cité par Dajoz (1971) et le climagramme d'Emberger sont retenus.

### 2.5.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

C'est un diagramme qui permet d'avoir une idée sur les périodes sèches et humides d'une région. Bagnouls et Gaussen (1953), définissent mois sec comme étant le total des précipitations ( $P$  en mm) est inférieur au double de la température moyenne ( $T$  en °C), de ce mois  $P = 2T$

Ce mode de représentation introduit par Gaussen (1954) consiste à comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et les températures. Quand la courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures, la période s'étendant entre les abscisses des points d'intersection correspond à la durée de la saison sèche, son intensité et traduite par la surface du graphe comprise entre les deux courbes pendant cette période.

Le diagramme ombrothermique de Gaussen pour chaque région établit sur la base des données climatiques (précipitations et températures) d'une période déterminée, les figures (16, 17, 18 et 19) montrent les périodes sèches et humides de chaque région d'étude.

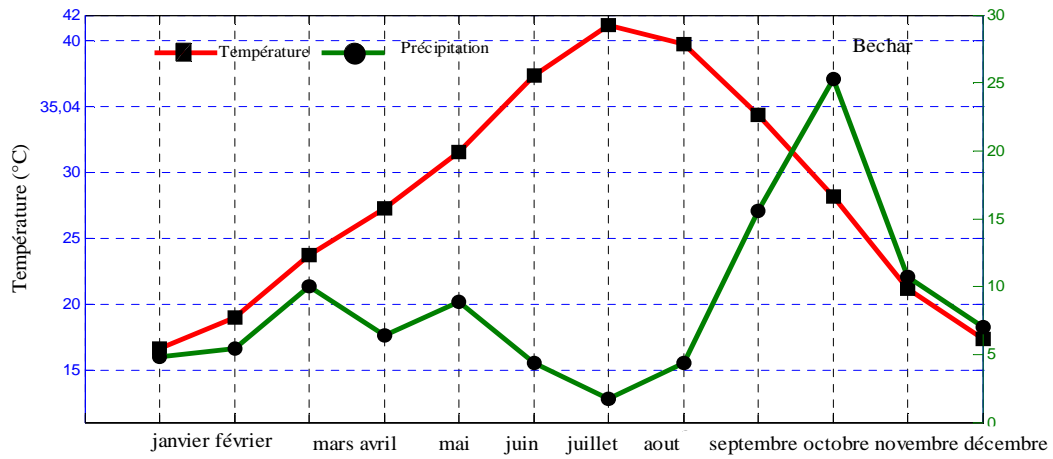


Figure 16 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) de Bechar.

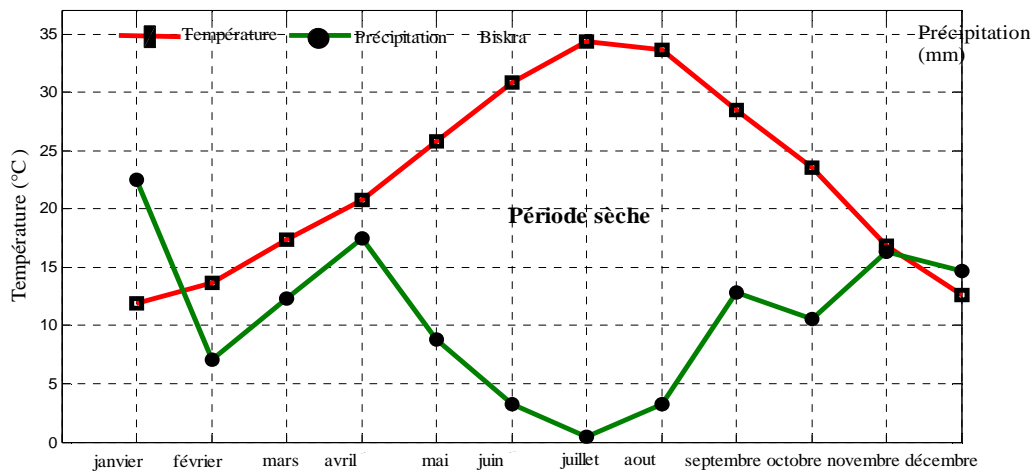


Figure 17 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) de Biskra.

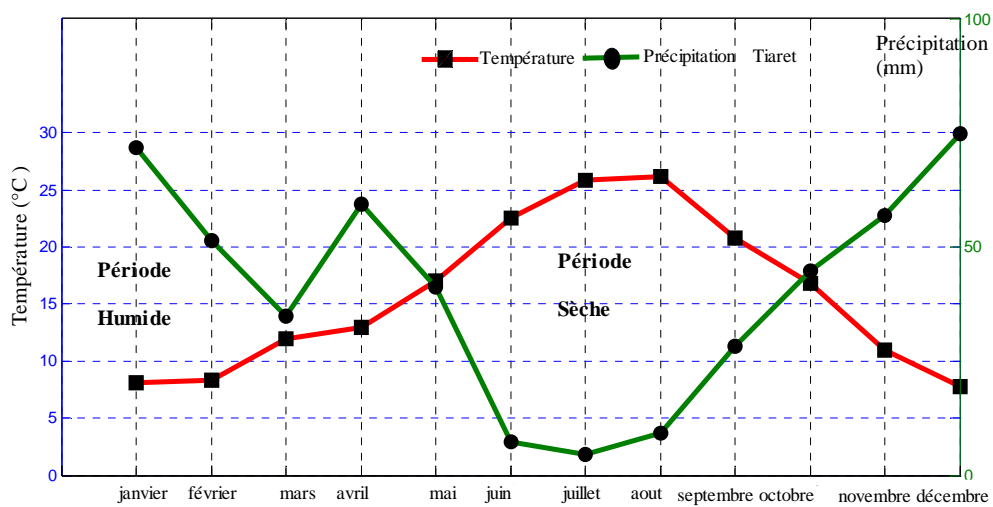
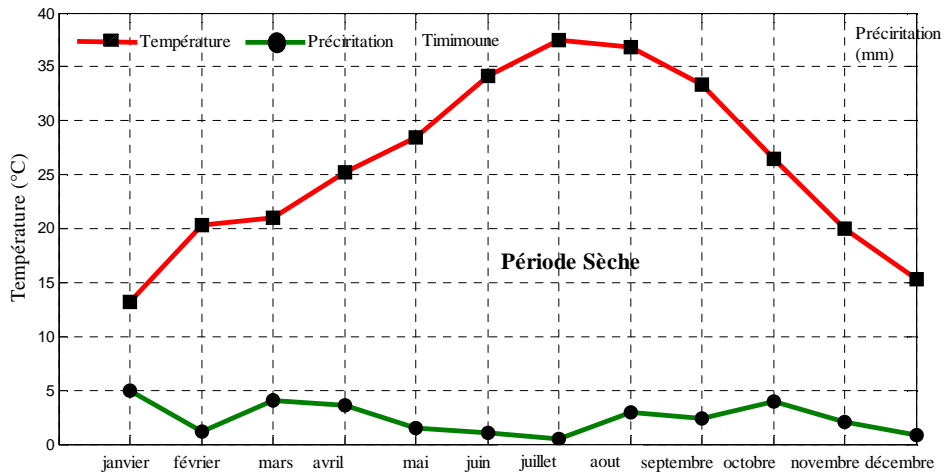


Figure 18 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) de Tiaret.



**Figure 19 :** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) de Timimoune.

### 2.5.2. Climagramme d'Emberger

Emberger (1955) a proposé un Quotient pluvio-thermique pour caractériser le climat méditerranéen et en Afrique du nord, en effet, ce climat présente plusieurs variantes, et pour distinguer ces dernières, trois facteurs importants sont pris en considération: la pluviométrie annuelle (P en mm), la moyenne des températures du mois le plus chaud (M) et, la moyenne des températures du mois le plus frais (m), selon la formule suivante (Stewart, 1969).

$$Q_3 = \frac{3,43 \times P \text{ (mm)}}{M - m}$$

Q<sub>3</sub>: Quotient pluviométrique d'Emberger ;

Les données enregistrées de chaque région de précipitations annuelles (P), moyenne des maximales du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minimales du mois le plus froid (m) ont permis de calculer le quotient pluviométrique d'Emberger (Tab.12).

**Tableau 12:** quotient pluviométrique d'Emberger de quatre régions d'étude

Régions	Année	P (mm)	M (°C)	m(°C)	Q3	l'étage bioclimatique
<b>Biskra</b>	1995-2008	119.4	41	6.84	11.98	saharien à hiver tempéré
<b>Timimoune</b>	1988-2013	29.82	47.5	4.6	2.38	saharien à hiver tempéré
<b>Bechar</b>	2000-2012	104.8	41.2	3.1	9.43	Saharien à hiver tempéré
<b>Tiaret</b>	2006-2016	484.1	38.79	-0.92	41.82	semi-aride à hiver froid

Les quotients pluvio-thermiques calculés décalent relativement nos stations sur le climagramme d'Emberger (Fig.20).

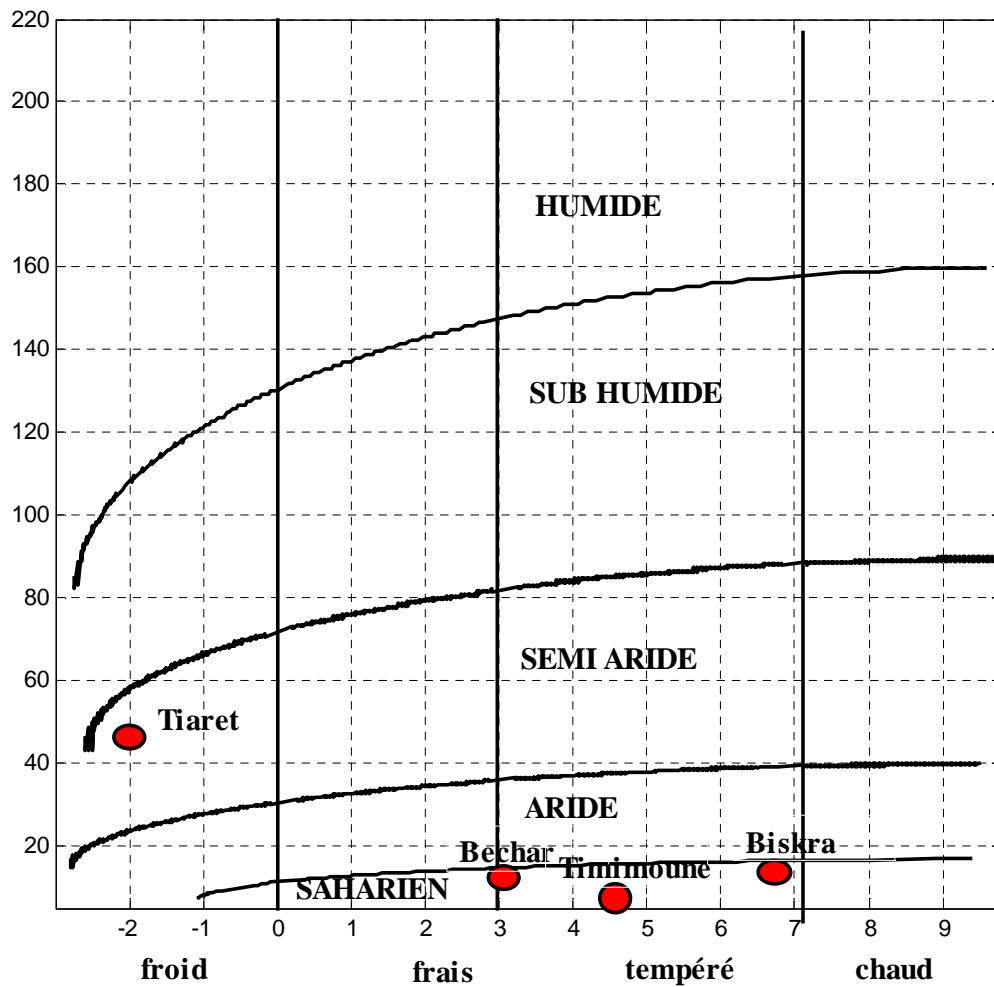


Figure 20 : Climagramme d'Emberger de quatre zones d'études.



---

## Chapitre III : Biologie de Reproduction

---

## Introduction

Comme tous les Poeciliidae *Gambusia affinis*, est ovovivipare, ou l'embryon se développe à l'intérieur de sa mère, cette espèce appartient au groupe de poissons qui ont des cycles de reproduction annuels avec une saison de reproduction distincte, dans la plupart des endroits, s'étend du milieu du printemps au mi-automne avec un pic en été. Il a noté que la photopériode et la température de l'eau régulent la reproduction chez *Gambusia* (Koya et al., 2004). Dans ce contexte il a été également constaté que les intervalles de parturition devenaient plus courts à des températures plus élevées sous photopériode constante et plus courts sous des périodes de jour plus longues à température constante (Koya et al., 2004).

La compréhension de la biologie de reproduction de *Gambusia affinis*, petit poisson exotique ovovivipare, à fort pouvoir reproductif (Pyke, 2005), nécessite une détermination précise de sexes et la proportion qui existe entre les deux, l'évolution dans le temps les stades de maturation gonadique d'un cycle annuel afin de déterminer la taille de première maturation sexuelle de cette espèce, et indice gonado-somatique qui considéré un des indice très important pour déterminer la période d'activité sexuelle, et autre indice.

## I. Matériels et Méthodes

### I.1. Echantillonnage

La plupart des poissons étudiés en matière de recherche ne peuvent être observées ou mesurées sur l'ensemble de la population. Alors il est indispensable de noter la présence d'un bon système d'échantillonnage, car le mode de prélèvement des échantillons est une phase importante, puisque il est probable que le résultat recherché sera très proche de la réalité et dans le but d'obtenir les paramètres biologiques (Gulland, 1966 ; Daget et Le Guen, 1975 ; Daget, 1976).

#### I.1.1. Protocole d'échantillonnage

Certains facteurs abiotiques ayant une relation étroite avec le peuplement ichthyologique ont été suivis parallèlement aux échantillonnages d'oued Sebaine à Tiaret, on cite la température (l'air et l'eau), le pH, la conductivité.

Des échantillons mensuels ont été collectés pour chaque région explorée, soit un total de 282 spécimen de *G. affinis* ont été prélevés pendant la période de novembre 2006 à mai 2007 au barrage Fontaine de Gazelle à Biskra, 402 spécimens ont été collectés de juillet 2010 à juin 2011 dans les Foggara de Timimoune, 638 poissons ont été prélevés entre mars 2017 à février 2018 à oued Sebaine à Tiaret et 182 autres spécimen ont été collectés entre mai 2018

et octobre 2018 dans le petit barrage dans la vallée de l'Abadla à Bechar (l'échantillonnage a été interrompu suite à une inondation qui a perturbé le milieu).

De manière régulière et systématique, le prélèvement de *G. affinis* est effectué une fois par mois pour chaque zone investie pendant la journée à l'aide d'une épuisette (d'une taille étirée de 3 mm), pour la récolte des *Gambusies*, nous avons adopté un échantillonnage basé sur le nombre des coups d'épuisettes. Notre matériel biologique a été conservé dans une solution de formol à 4% pour être envoyé au laboratoire, aucune régurgitation n'a été observée.

## **I.2. Protocole expérimentale**

### **I.2.1. Analyses physico-chimiques**

Les paramètres caractérisant la qualité de l'eau tel que la température en °C par l'utilisation du thermomètre à mercure, et le pH on utilise le pH mètre, sont mesurés *in-situ*, la conductivité électrique Cond ( $\mu$ s) et les autres paramètres mesurés *in vitro*, ont été réalisés au niveau des laboratoires de l'Algérienne des eaux (ADE).

### **I.2.2. Détermination du sexe**

La détermination du sexe a été effectuée grâce un dimorphisme sexuel qui se manifeste par une différence de taille très nette, et la présence de l'organe de copulation ou le gonopode chez les mâles, et la nageoire anale chez les femelles.

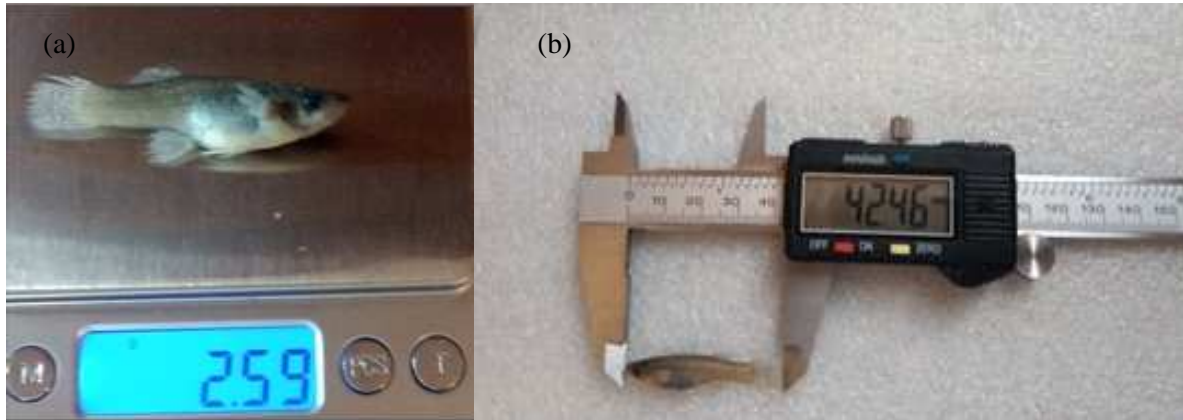
### **I.2.3. Mensurations**

Le poisson à mesurer était posé sur le flanc, le museau entre la butée de pied à coulisse gradué au mm près. Les mesures de longueur sont effectuées avec un pied à coulisse digitale au 1/10 de millimètres près, et les mesures du poids à l'aide d'une balance de précision au 1/100 de gramme près. Pour chaque poisson nous avons mesuré (Fig.21) :

**a/ La longueur totale (Lt) :** qui est la longueur du poisson du bout du museau jusqu'à l'extrémité du rayon le plus long de la nageoire caudale et nous avons pesé.

**b/ Le poids totale (Wt) :** c'est le poids du poisson entier. Et le poids de gonade (**Wg**) pris pour le calcule l'indice gonado-somatique

**c/ Le poids éviscéré (We) :** c'est le poids du poisson vidé de son tube digestif, de son foie et de ses gonades.



**Figure 21** : Pesage (a), et (b) mensuration du *Gambusia affinis* (Photos Sellaoui, 2018).

#### I.2.4. Maturité sexuelle

L'étude de la maturité sexuelle a été effectuée chez toutes les femelles échantillonnées et pour tous les prélèvements mensuels. Cette étude a été basée sur une observation macroscopique des gonades et des embryons (Fig.22), pour savoir le plus possible les stades de maturité sexuelles, et de déterminer la fécondité, qui consiste le dénombrement des œufs et des embryons.



**Figure 22** : Dénombrement des œufs et des embryons de *G. affinis* (Photos Sellaoui, 2018).

### I.3. Protocole analytique

#### I.3.1. Sex-ratio

##### I.3.1.1. Sex-ratio global

La proportion des sexes est une caractéristique de l'espèce dont les variations sont parfois en relation avec le milieu. Selon Kartas et Quignard (1984), le sex-ratio est l'un des

paramètres qui contribuent au maintien, dans une certaine limite, de la capacité reproductrice de l'espèce.

Cet indice représente l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre dans la population d'une espèce donnée, la valeur de la sex-ratio, dans ce travail, est donnée par l'expression suivante :

$$F\% = \left( \frac{F}{F+M} \right) \times 100 \text{ et } M\% = \left( \frac{M}{F+M} \right) \times 100$$

F : nombre de femelles

M : nombre de mâles

Nous avons aussi calculé le sex-ratio global qui est le rapport entre le nombre total de femelles et des mâles (F/M). L'intervalle de confiance au risque de 5 % est calculé à partir de la formule suivante (Schwartz, 1983) :  $IC = \pm 1.96 \times \sqrt{\left( \frac{pq}{n} \right)}$

p : pourcentage des femelles dans la population étudiée

q : pourcentage des mâles

n : nombre total des mâles et des femelles

### **I.3.1.2. Sex-ratio en fonction de la taille**

Il s'agit du pourcentage des femelles (F) et mâles (M) par rapport à l'effectif total par rapport aux classes de taille.

### **I.3.1.3. Sex-ratio en fonction des saisons (mois)**

La détermination du sex-ratio en fonction des saisons permet de voir la dynamique de la proportion des deux sexes durant les 12 mois et pour déterminer si les prédominances de chaque sexe dans chaque classe de taille au cours de tous les mois d'échantillonnages, sont significatifs ou non, des analyses statistiques ont été réalisées pour tester les hypothèses nulles des différences observées entre variables estimées (proportion des mâles et des femelles) par le test de Khi-Deux ( $\chi^2$ ) (Dagnelie, 1975). L'hypothèse nulle  $H_0$  (SR M=SR F), est rejetée contre hypothèse  $H_1$  (SR M $\neq$ SR F), au niveau de signification  $\alpha$  lorsque  $\chi^2$  obs est supérieur ou égal à la valeur théorique ( $\chi^2_{1-\alpha}$ ) de la distribution du ( $\chi^2$ ) à la valeur 1 degré de liberté. Ce test n'est valable que pour des effectifs mâles ou femelles supérieur à 5.

$$\chi^2 = \left( \frac{M^2}{f} \right) + \left( \frac{F^2}{f} \right) - n$$

Où :

$\chi^2$ : Khi-Deux, M : nombre de mâles et F : nombre de femelles.

n : M + F : nombre de mâles et femelles dans l'échantillon.

f = n/2 : Fréquence absolue théorique pour chaque sexe.

### I.3.2. Ecart réduit

La valeur de l'écart réduit  $\varepsilon$  (Schwartz, 1983) est un test d'homogénéité qui permet de comparer les tailles moyennes des mâles et des femelles, cas des grands échantillons.

$$\varepsilon = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \text{ ou } \sigma_1^2 = \frac{(\sum x_1^2) - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1}}{n_1 - 1} \text{ et } \sigma_2^2 = \frac{(\sum x_2^2) - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}}{n_2 - 1}$$

$\bar{x}_1$ : moyenne de l'échantillon femelle

$\bar{x}_2$ : moyenne de l'échantillon mâle

$\sigma_1^2$ : variance des femelles

$\sigma_2^2$ : variance des mâles

$n_1$ : nombre des femelles

$n_2$ : nombre des mâles

La valeur de  $\varepsilon$  a été comparée à la valeur critique 1,96 avec  $\alpha = 0,05$ . Si  $\varepsilon < 1,96$ ; la différence n'est pas significative à 5% et si  $\varepsilon > 1,96$  la différence est significative à 5% (Schwartz, 1983).

### I.3.3. Etude des stades de maturité sexuelle

La détermination des stades sexuels de maturité du *Gambusia affinis* est basée sur l'observation macroscopique des gonades femelles échantillonnées afin d'obtenir une image représentative des stades de maturités de la population et des changements qui y surviennent avec le temps. Chez *G. affinis*, l'évolution des gamètes n'est pas synchrone pour toutes les cellules, on rencontre en effet, au sein d'une même gonade, à un moment donné, plusieurs lots cellulaires représentatifs de différentes phases de l'ovogénèse (Chambolle, 1970).

#### I.3.3.1. Echelle macroscopique de la maturité sexuelle

Le cycle reproductif qui impose à la gonade des modifications morphologiques et structurales peut être subdivisé en plusieurs périodes suivant le degré de maturation des gonades d'une espèce est l'observation macroscopique des ovaires en place, en tenant compte de leur coloration, leur consistance, l'importance de la vascularisation, le volume occupé par les gonades, les femelles sont, à cet effet, plus faciles à classer que les mâles dont la détermination des stades sexuels est plus délicate.

L'observation macroscopique de toutes les femelles nous a permis d'identifier et de suivre les stades de maturité sexuelle selon le tableau 13, il correspond au quatre stades (Bougis, 1952 ; Draredja-Beldi, 2001) qui sont les suivants :

**Tableau 13:** Résumé des stades de maturité appliqués chez les femelles de *Gambusia affinis* (Draredja-Beldi, 2001).

Stades de maturations	Observations
<b>Stade I : immature</b>	les ovocytes immatures, blancs sont jeunes, le cytoplasme dépourvus d'enclave de vitellus.
<b>Stade II : pré-maturation</b>	Première phase d'accroissement des ovocytes, le cytoplasme présent des vacuoles dans sa région corticale, épaissement des cellules folliculaires
<b>Stade III : maturation proprement dit</b>	Les ovocytes sont jaune et orange, deviennent volumineux avec un cytoplasme riche en enclaves claires et foncées, c'est des globules vitellins de nature lipidique et protéique.
<b>Stade IV</b>	Stade de fin de vitellogénèse, les ovocytes murs sont volumineux et caractérisé par un vitellus indivis occupant tout le cytoplasme et résultant de la fusion des globules vitellins

#### I.3.4. Taille à la première maturité sexuelle

Plusieurs définitions ont été données:

- Postel (1955), précise que la longueur à laquelle quelques individus de la population sont mûrs.
- Fontana et Pianet, (1973), qui désignent la longueur à laquelle 100% des individus sont mûrs.
- Mac Gregor (1966) définit la taille à la première maturité sexuelle comme étant la taille du plus petit individu mature ou la taille du plus grand individu immature.
  - Fontana et Le Guen. (1969), Conard, (1977), considèrent la taille à la première maturité est celle à laquelle 50% des individus sont capables de se reproduire.

Nous avons opté pour la dernière définition, une fonction logistique a été utilisée, reliant les proportions d'individus matures par classe de taille de 5 mm des poissons, pour obtenir la courbe sigmoïde, c'est une bonne interprétation d'une méthode statistique et se rapproche des valeurs réelles observées au cours de l'échantillonnage (Saila et al., 1988) .

la taille  $L_{50}$  est déterminée à partir de l'abscisse correspondant à l'ordonnée 50 % de la courbe (Ghorbel et al., 1996).

$$p_i = \frac{\exp^{(a+b \cdot L_i)}}{1 + \exp^{(a+b \cdot L_i)}}$$

$p_i$  ; étant le pourcentage du stade maturité de la classe de taille  $i$ ;  $L_i$  étant la classe de taille;  $a$ ,  $b$  des paramètres qui sont ajustés par un processus logistique.

### I.3.5. Indice Gonado-Somatique (I.G.S)

Pour déterminer la période et la saison de reproduction, on peut suivre l'évolution saisonnière du poids des gonades (Wg) par rapport au poids total de l'individu (Wt), selon Bougis, (1952), ce rapport est considéré comme un véritable coefficient de maturité (Lahaye, 1980), soit :

$$IGS = \frac{W_g}{W_t} \times 100$$

### I.3.6. Facteur de condition

Appelé également coefficient de condition, index pondérale, ou indice de nutrition ; il est utilisé afin de connaître les variations morphologiques de poisson, afin d'évaluer le rôle éventuel des réserves musculaire pendant et après la gamétogénèse, il est calculé selon la formule décrite par Fernandez-Delgado (1987) :

$$K = \frac{W_t}{L_t^3} \times 10^5$$

Ou : Wt : le poids totale de poisson et Lt : est la longueur totale.

Les valeurs mensuelles du coefficient de condition K sont calculées pour les deux sexes, de chaque station d'étude, la valeur moyenne de K par mois a été retenue pour l'étude de l'évolution de ce paramètre dans le temps.

### I.3.7. Fécondité

La fécondité absolue ou individuelle, désigne le nombre d'ovocytes murs présent dans l'ovaire immédiatement avant la ponte (Bagenal, 1973; Aboussouan et Lahaye, 1979) ; c'est aussi le nombre d'ovocytes, du dernier mode, présents dans l'ovaire au stade pré-ponte (Fontana et Le Guen, 1969).

Dans le cadre de notre étude, *Gambusia affinis* est une espèce ovovivipare, donc nous avons considéré la fécondité absolue ou individuelle correspondant au nombre des ovocytes matures et aussi d'embryons.

74 femelles ont été prises d'oued Sebaine à Tiaret, pour l'estimation de la fécondité absolue (F), le degré d'association entre (F) et la longueur totale (Lt), le poids total (Wt), et le poids de gonade (Wg) a été évalué par le coefficient de détermination ( $r^2$ ), nous avons utilisé un modèle de régression linéaire simple, suivant les formules :

$$F = a \times L_t + b \quad \text{Et } F = a \times W_t + b$$

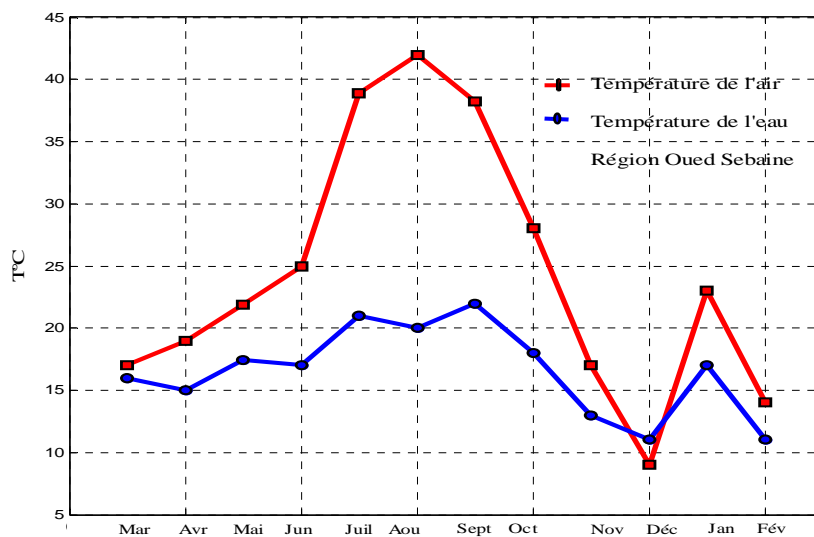


**II. Résultats**

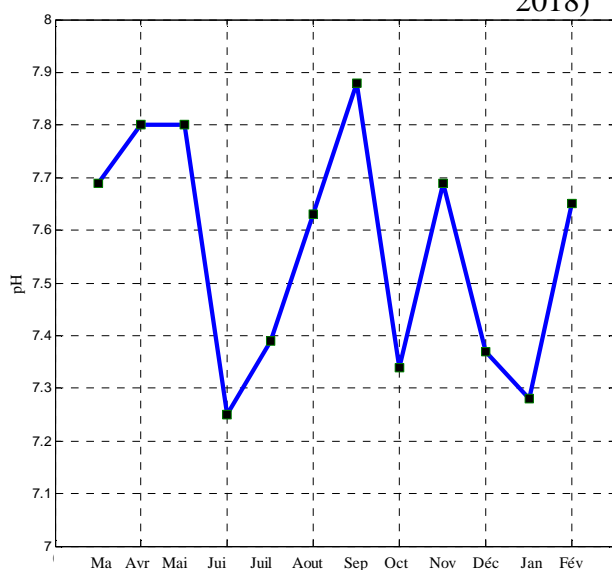
**II.1. Paramètre physico-chimique d’oued Sebaine**

Les paramètres mesurés avec leurs unités ainsi que les périodes d’étude pour chaque mois sont présentés dans les figures 23, 24, et 25.

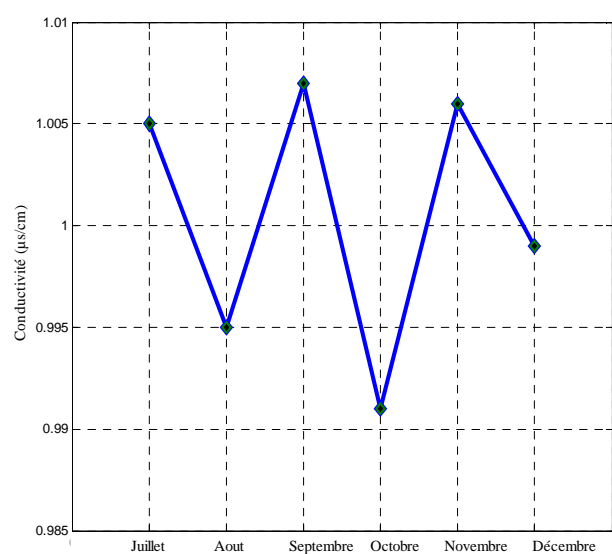
Des variations au cours de l’année, la température minimale de l’eau observée est de 11°C en décembre et maximale au mois de juillet, aout et septembre avec des valeurs respectivement 21°C, 20°C et 22°C, la température minimale de l’air (9°C) a été enregistrée au mois de décembre. Le pH se situe entre 7.25 et 7.88 avec une moyenne de 7.56. La conductivité, varie de 991  $\mu\text{s/cm}$  à 1007  $\mu\text{s/cm}$  au cours de notre période d’étude, avec la valeur plus faible est obtenue au mois d’Octobre et la valeur plus élevée au mois de septembre.



**Figure 23:** Variation mensuelle de la température d’oued Sebaine (Mars 2017 et Février 2018)



**Figure 24 :** Variation mensuelle du pH d’oued Sebaine (Mars 2017 et Février 2018)



**Figure 25 :** Variation mensuelle de la conductivité d’oued Sebaine (Mars 2017 et Février 2018)

## II.2. Sex-ratio

Sur la base des données recueillies durant la période d'échantillonnage, portant sur un échantillon de 282 individus au barrage Fontaine de Gazelle à Biskra, 402 spécimens dans la foggara Timimoune, à l'oued Sebaine 638 poissons et 182 poissons dans le petit barrage Abadla à Bechar, l'analyse des différents paramètres cités ci-dessus nous a permis de dégager les grands traits de la reproduction chez *Gambusia affinis* dans ces différentes stations. Dans notre travail, nous avons étudié pour l'ensemble de nos données: (i) le sex-ratio global (ii) le sex-ratio en fonction de la taille et (iii) et le sex-ratio en fonction des saisons.

### II.2.1. Sex-ratio global

Selon le tableau ci-après, le sex-ratio global (F: M) de *G. affinis* pour chaque station d'étude est en faveur des femelles que des mâles.

**Tableau 14:** Pourcentage des sexes de la *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853).

Zones	Période	Femelles		Mâles		Sex-ratio (F:M)
		Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage	
<b>Tiaret</b>	2017-2018	448	70,21%	190	21,78%	2,35:1
<b>Timimoune</b>	2010-2011	274	68,11%	128	31,88%	2,14:1
<b>Biskra</b>	2006 -2007	204	72,34%	78	27,65%	2,61: 1
<b>Bechar</b>	2017-2018	125	68,68%	57	31,31%	2,19: 1

### II.2.2. Sex-ratio en fonction de la taille

L'évolution du sex-ratio (Fig.26) semble être affectée par la taille des individus, la longueur totale des populations *Gambusia affinis* est comprise entre 19.01 à 64.02 à Biskra, entre 16.6 à 60.20 mm à Tiaret, de 19.01 à 59 mm à Timimoune et à Bechar entre 19.73 et 43 mm. L'examen des courbes d'abondances des femelles et mâles en fonction de la taille au niveau de quatre sites d'échantillonnages pendant un cycle annuel, nous permettent de dégager les remarques suivant :

Au barrage de Fontaine de gazelle à Biskra, la population de gambusie est en faveur des femelles pour toutes les classes de taille à l'exception de classe [30-35], ou il ya presque l'égalité de pourcentage de deux sexes.

A Timimoune, la figure 26 présente, de [20 à 30 mm], un pourcentage important des males par rapport aux femelles, alors que à partir de [35 mm à 45 mm], représentée par de fréquence important des femelles, toutefois il est notre l'absence totale des males à partir de [45 mm].

A Tiaret et Bechar, pour les males seulement quelques classes de taille qui présentent des fréquences importantes, on note de [25 mm à 30 mm] de Tiaret et de [25 mm à 37 mm] de Bechar, représentent des pourcentages importantes des males, de [16.7 mm à 24 mm] et de

[35 mm à 45 mm] de gambusie de Tiaret, et de [18 mm à 24 mm] de Bechar, représente des pourcentages importantes des femelles, à partir de 45 mm de Tiaret et 40 mm de Bechar on note l'absence totale des mâles.

Les résultats du test  $\chi^2$  (annexe) mettent en évidence la dominance des sexes par classe de taille (les symboles \* avec  $p < 0.05$  significatif), au niveau de Biskra (a), Timimoune (b), Tiaret (c) et Bechar (d).

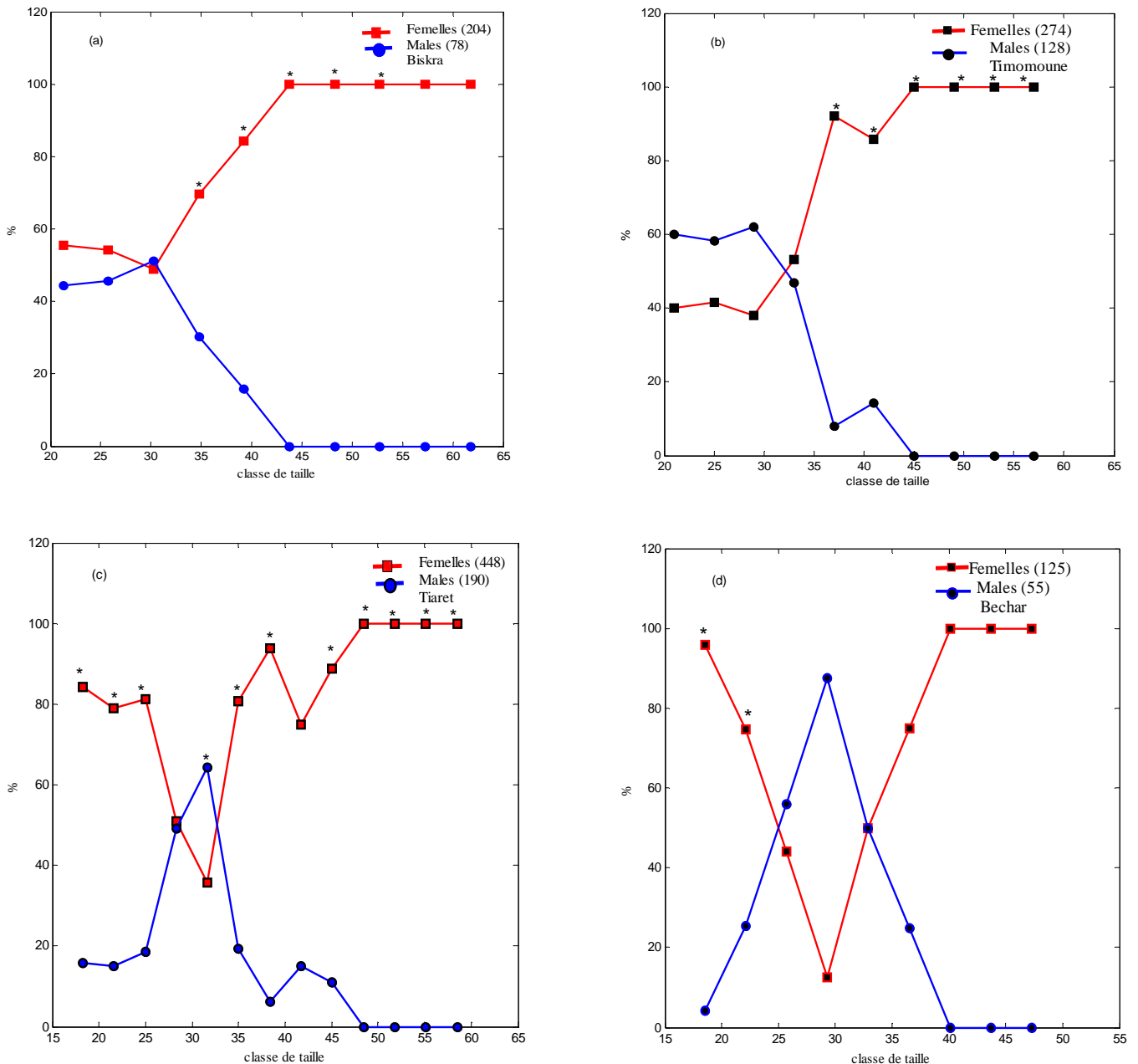
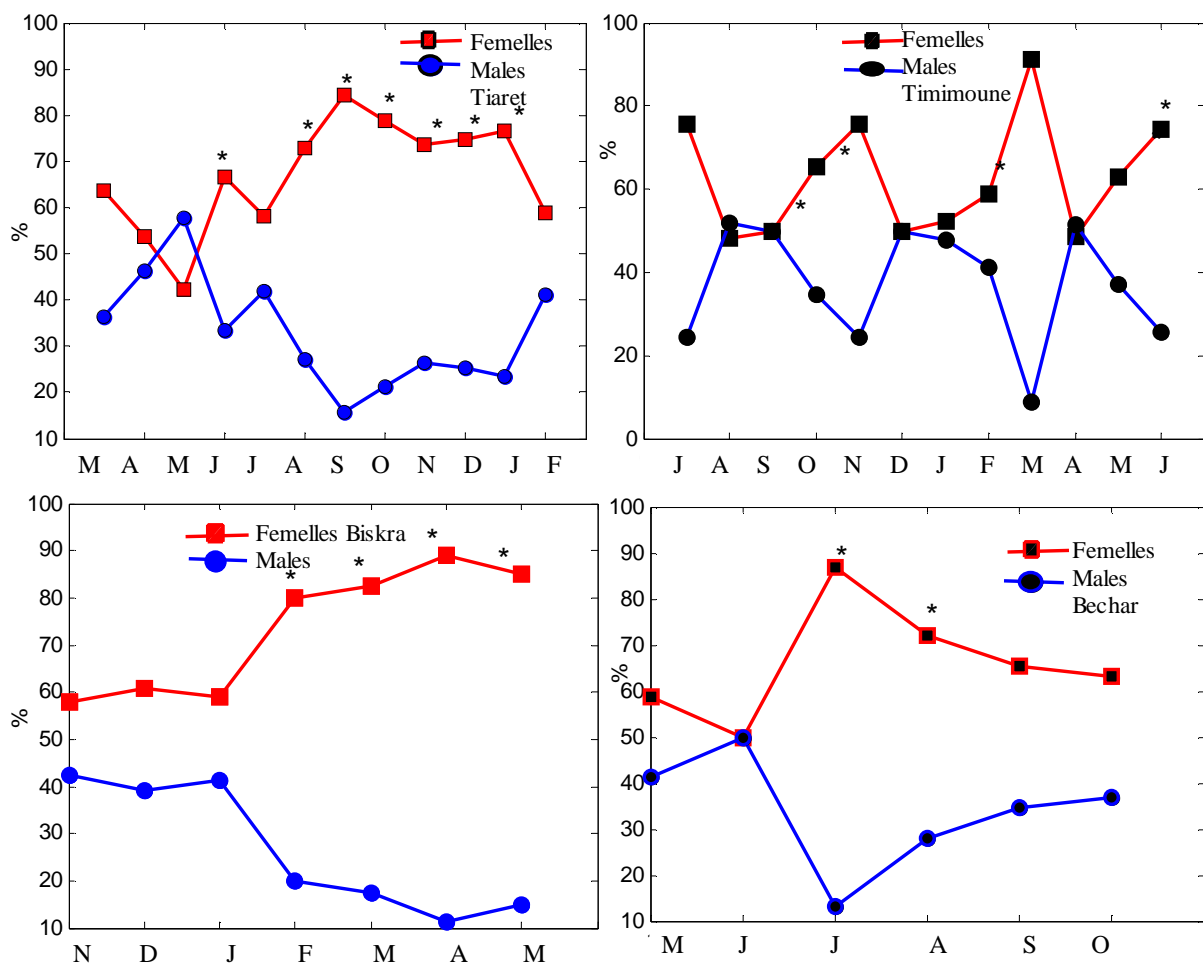


Figure 26 : Courbe d'abondance des femelles et des mâles en fonction de la taille chez *G. affinis*.

**II.2.3. Sex-ratio en fonction des saisons (mois)**

L'analyse des variations saisonnière des sexes (Fig.27), met en évidence le faible pourcentage des males durant les quatre saisons et généralement le pourcentage des femelles reste dominant à l'exception de foggara de Timimoune, on note une égalité des pourcentages des deux sexes pendant le mois d'aout, septembre, en hiver ( décembre et janvier), et pendant le mois d'avril.

L'analyse statistique a révélé des différences significatives dans différentes zones, les résultats du test  $\chi^2$  mettent en évidence la dominance des femelles en fonction des mois de prélèvement (les symboles \* avec  $p < 0.05$  significatifs).



**Figure 27:** Distribution des sexes en fonction des saisons chez *G. affinis* dans différentes stations explorées de l'Algérie

### II.3. Ecart réduit

Les résultats sont comparés à ceux théorique (1.96), au taux de sécurité de 95 %, on note la valeur calculée de  $\varepsilon$  (Tab.15) de chaque région est supérieure à la valeur 1,96 donnée par la table de l'écart réduit et indique donc un résultat significatif, pour un niveau de confiance de 5% indiquant que les femelles sont en moyenne plus grandes que les mâles.

**Tableau 15** : Différents paramètres de taille des mâles et des femelles chez *Gambusia affinis* dans différentes stations explorées de l'Algérie.

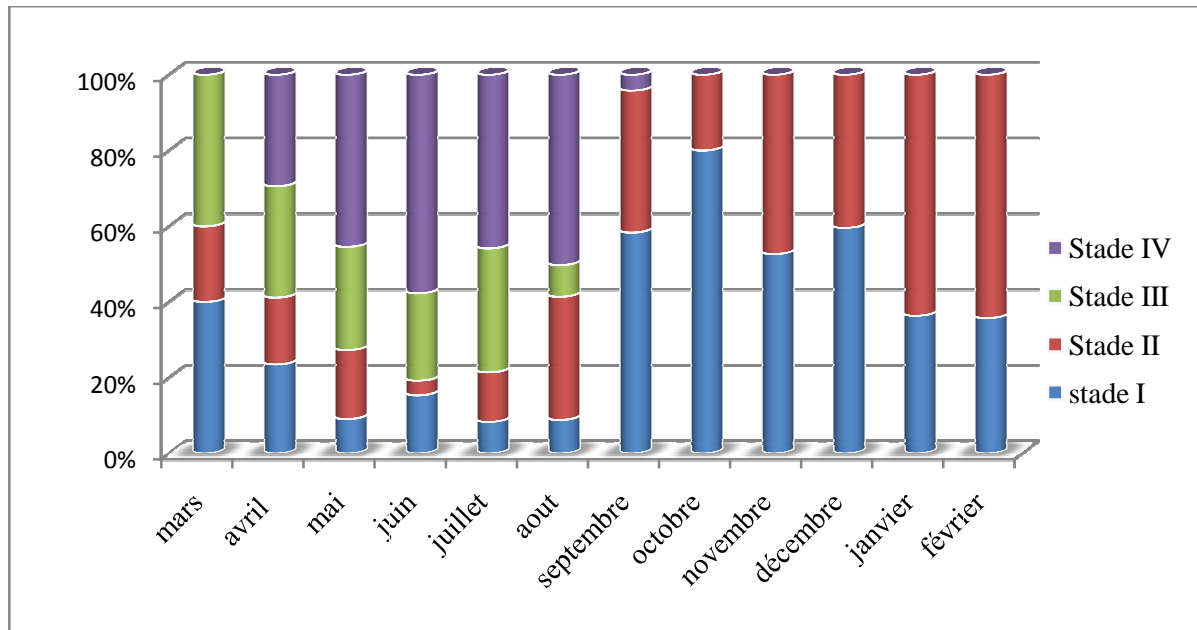
Sites	Oued Sebaine (Tiaret)		Foggara Timimoune		Barrage fontaine de Gazelle (Biskra)		Petit barrage Abadla(Bechar)	
Sexes	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
$\bar{X}(\text{mm})$	27.20	29.27	30.67	39.21	36.19	39.87	27.70	23.34
$\sigma^2(\text{mm})^2$	11,46	92.63	18.11	53.84	46.70	98.78	26.43	37.95
$\varepsilon$	4.11		11.94		3.62		4.97	
différence	Significative		Significative		Significative		Significative	

### II.4. Etude des stades de maturité sexuelle

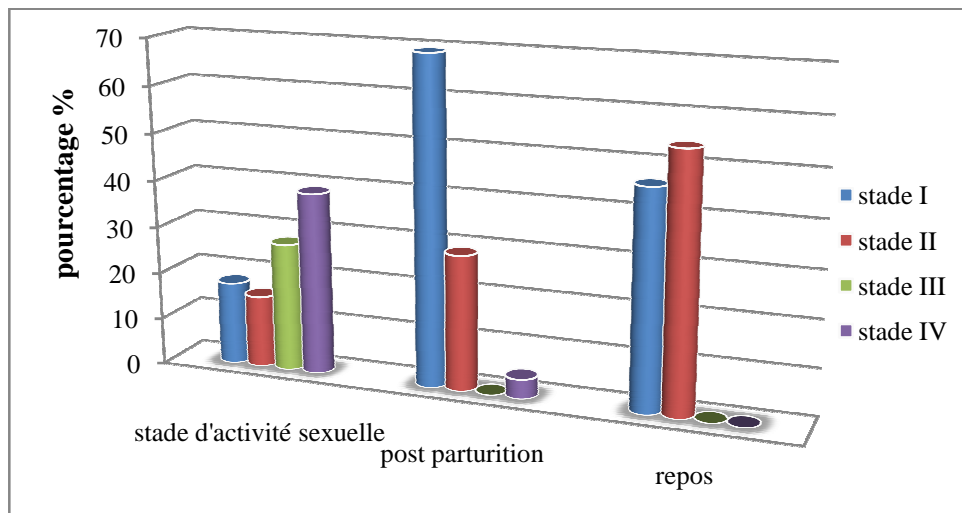
#### II.4.1. Cas d'oued Sebaine (Tiaret)

Les résultats de ces observations sont illustrés dans les figures 28 et 29. En période de repos, seuls les ovocytes des stades I et II sont observés, avec un taux moyen stade I est de (46,06%) et une prédominance du stade I (53,92%). Durant l'activité sexuelle les ovocytes au stade IV qui prédominent avec (38,75%), et présentent une valeur maximale en juin de (57,69%) des ovocytes. Quant aux autres stades (I, II, IV), ne représentent que (17,65%), (15,33%), (27,29%) respectivement de la population ovocytaire. A la fin de la période de reproduction (septembre), on distingue seuls les ovocytes des stades I et II avec une forte importance numérique soit des taux de l'ordre de (56.1%) pour le stade I, (28.75%) pour les ovocytes au stade II, et des taux plus faible pour le stade III (0%), et le stade IV (4.16%).

L'évolution des ovocytes est illustrée pendant les trois phases du cycle sexuel (Fig.26), à savoir la phase du repos (octobre-février), la phase d'activité sexuelle (mars-aout) et enfin la phase représentant la post-parturition (Drardja-Beldi, 2001). Le pourcentage des ovocytes correspondant à ces différentes phases est représenté dans des histogrammes de fréquence.



**Figure 28 :** Evolution mensuelle des stades sexuels chez les femelles de *G. affinis* prélevées à Oued Sebaine (Tiaret) entre mars 2017 et février 2018.



**Figure 29 :** Pourcentage relatifs des différents stades de maturation pendant les différentes phases du cycle sexuel observés chez *G. affinis* prélevées à Oued Sebaine à Tiaret.

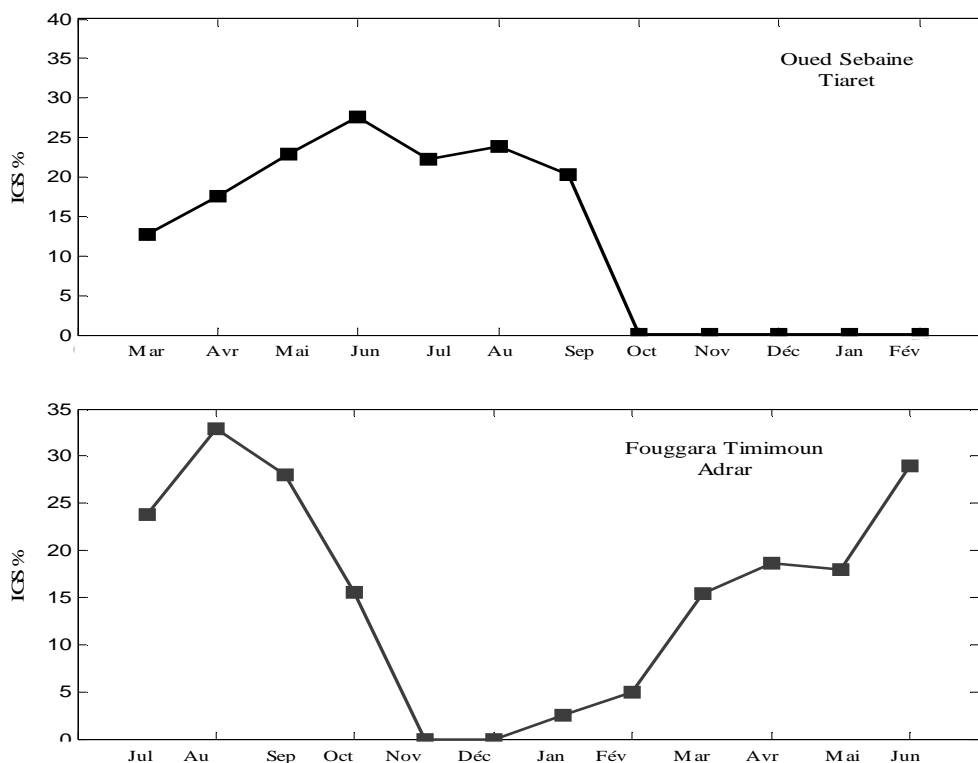
**II.5. Période de reproduction et Indice Gonado-Somatique (IGS)**

Le suivi de l'évolution d'IGS moyen (Fig.30), dans la région d'oued Sebaine, fait apparaître une augmentation d'IGS, à partir du mois de mars à septembre, serait la conséquence de l'état de maturation très avancée de certaines femelles, avec un pic situé au

mois de juin, des valeurs minimales rencontrées d'octobre à février, laissent présumer le repos sexuel.

Au niveau de foggara de Timimoune, les variations mensuelles de l'IGS présentent une augmentation à partir de mois de janvier jusqu'au mois d'octobre, et atteint la valeur maximale au mois d'aout, on enregistre des valeurs minimales au mois de novembre et décembre.

Ces observations nous ont permis de conclure que *Gambusia affinis* d'oued Sebaine est une espèce dont la reproduction est printanière, qui s'amorce début de mars et qui s'achève à la fin de l'été et le début d'automne (septembre). Alors que *Gambusia affinis* de la région saharienne est dont la reproduction se déroule toute l'année avec un léger repos sexuel de novembre à janvier.

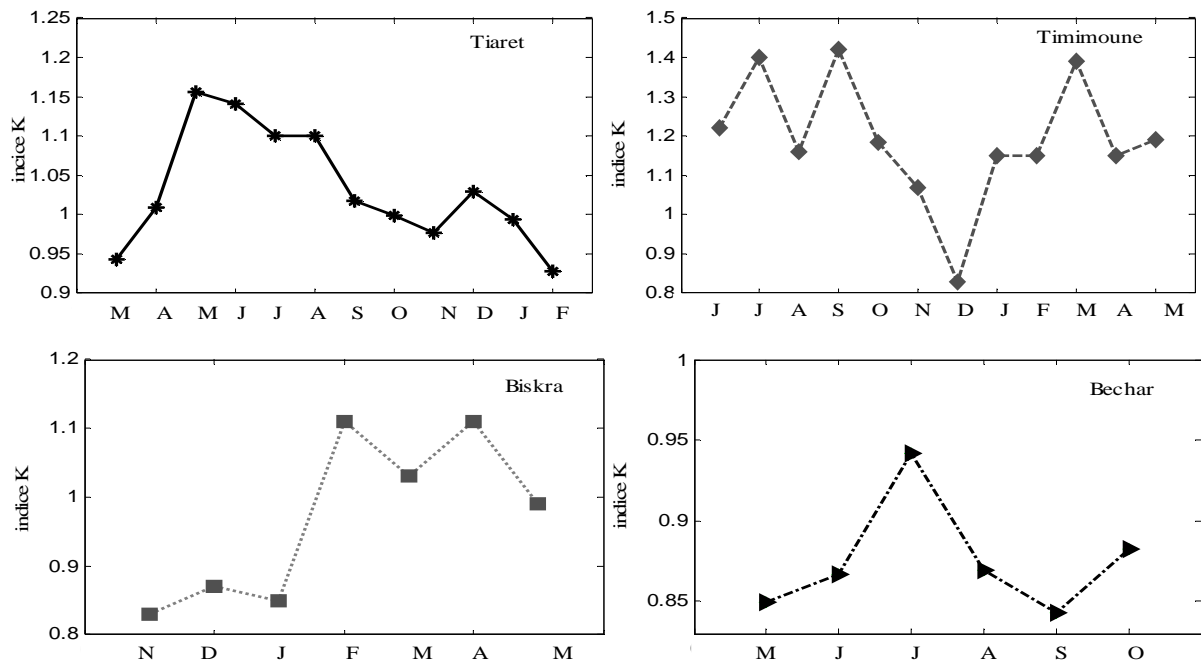


**Figure 30 :** Evolution mensuelle de l'IGS de *G. affinis* prélevés dans différentes stations explorées en Algérie.

## II.6. Facteur de condition

L'évolution mensuelle de l'indice de condition chez les deux sexes de l'espèce étudié, traduit les variations de l'état générale des poissons en fonction des saisons, on note des valeurs basses du coefficient se situent en période hivernale pour chaque station d'étude, entre février et mars à Oued Sebaine, à Timimoune le mois décembre, à Biskra entre novembre et

janvier, et à Bechar en septembre. En revanche des valeurs élevées de coefficient K ont marqués la période du printemps et de l'été, cependant des valeurs maximales ont été enregistré à Oued Sebaine en été particulièrement entre le mois de mai à aout, à Biskra de février à mai, à Bechar en juillet, et à Timimoune en juillet, septembre et mars, les résultats obtenus confirment une bonne condition du milieu, toutefois, ces variations du coefficient de condition, sont à mettre en relation avec les facteurs du milieu et l'état physiologique des poissons.



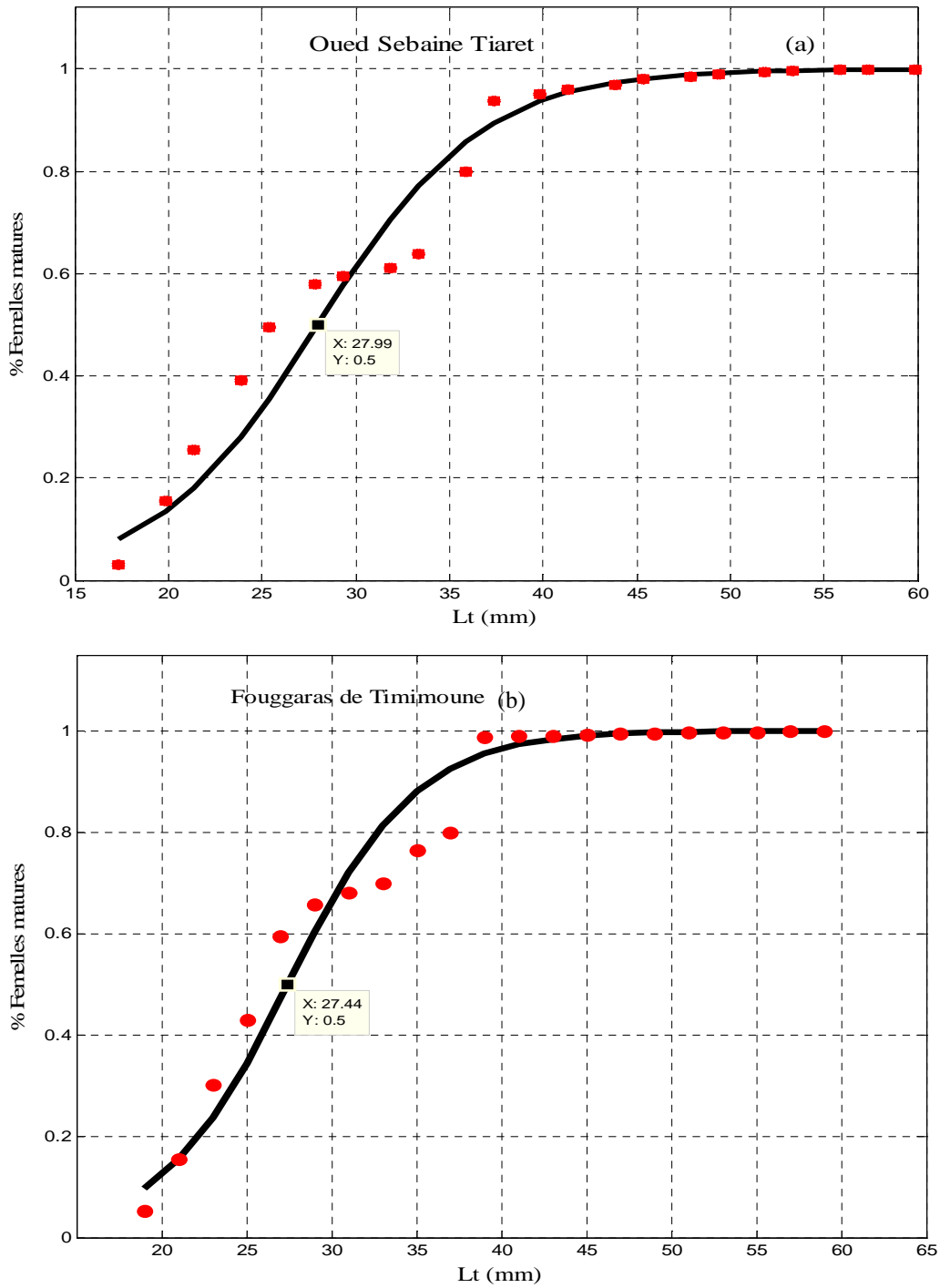
**Figure 31:** Evolution mensuelle du coefficient de condition K de *G. affinis* prélevés dans différentes stations explorées en Algérie.

## II.7. Taille à la première maturité sexuelle

L'examen statistique de l'évolution du pourcentage des individus matures en fonction des classes de taille à laquelle 50 % des *Gambusies* femelles d'oued Sebaine à Tiaret et au niveau des Foggara de Timimoune sont matures, indique respectivement, une taille de 27.99 mm et 27.44 mm (Fig.32a et b).

Notons que, la plus petite femelle mature observée à l'oued Sebaine a été au début du mois de Mars, cette dernière présentait une taille de 26.30 mm de longueur: c'est la taille à la première maturité sexuelle par l'approche biologique.





**Figure 32 :** Détermination graphique de la taille à la première maturité sexuelle chez la femelle de *Gambusia affinis* prélevée à Oued Sebaine Tiaret (a), et à Timimoune (b)

## II.8. Fécondité

### II.8.1. Fécondité absolue et fécondité relative

Selon le tableau 16, les femelles gravides de deux régions, l'une continentale et l'autre saharienne ont de longueur minimale, respectivement de l'ordre de 26,6 mm, 27,79 mm.

La fécondité absolue présente une grande variabilité en termes de nombre d'embryons de chaque zone. De 12 à 200 embryons par femelle dont la taille est comprise entre 26.6 et 60.2 mm, dans la région de Tiaret, alors que dans la région saharienne de Timimoune le nombre d'embryons varie de 10 à 85 embryons par femelle, dont la taille comprise entre 27.79 et 59 mm.

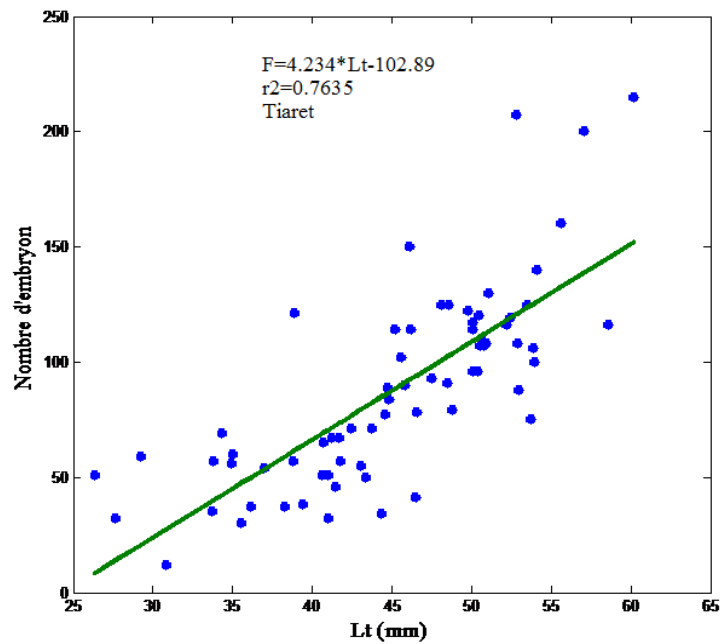
**Tableau 16:** Fécondité des femelles *G. affinis* (avec la longueur totale (Lt minimale et maximale (mm)), la fécondité absolue minimale Fa (min), la fécondité absolue moyenne Fa (moy) et la fécondité absolue maximale Fa (max)).

Zones	Oued Sebaine	Foggara Timimoune
femelles gravides	16.51	34.99
Lt (min – max)	26.6-60.1	27.79-59
Fa (min)	12	10
Fa (moy)	88.04	35.06
Fa (max)	200	85

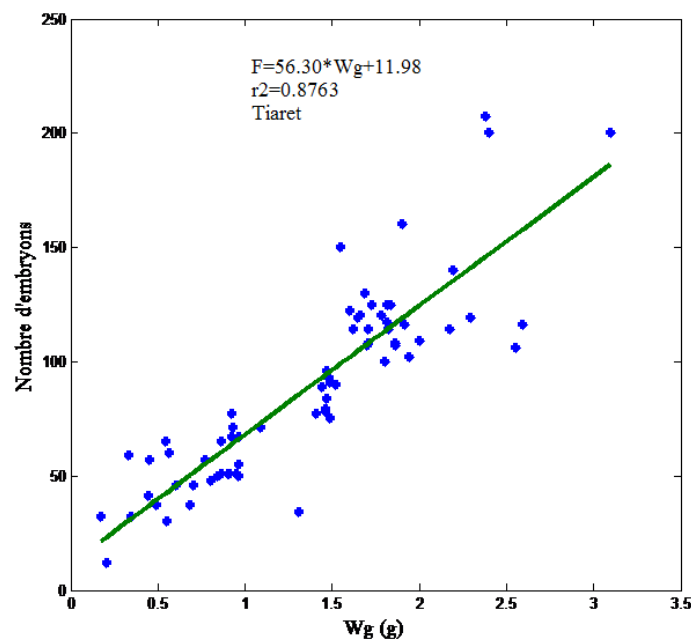
La variation de la fécondité moyenne à été analysée en fonction de la longueur totale (Lt), et le poids totale (Wt), ces relations sont représenté dans les figures (33) et (34) et le tableau 17 avec une forte corrélation entre fécondité taille et fécondité poids.

**Tableau 17:** relation entre la fécondité (F), la longueur totale (Lt), et le poids des gonades (Wg) de *Gambusia affinis* à Oued Sebaine dans la région de Tiaret.

Relation	Equation ( $F = a \times x + b$ )	$r^2$
F et Lt	$F = 4.234 \times Lt - 102.89$	0.7635
F et Wg	$F = 56.30 \times Wg + 11.98$	0.876



**Figure 33 :** Relation fécondité-taille de *Gambusia affinis* prélevée d'oued Sebaine dans la région de Tiaret



**Figure 34 :** Relation fécondité-poids de *Gambusia affinis* prélevée d'oued Sebaine à Tiaret

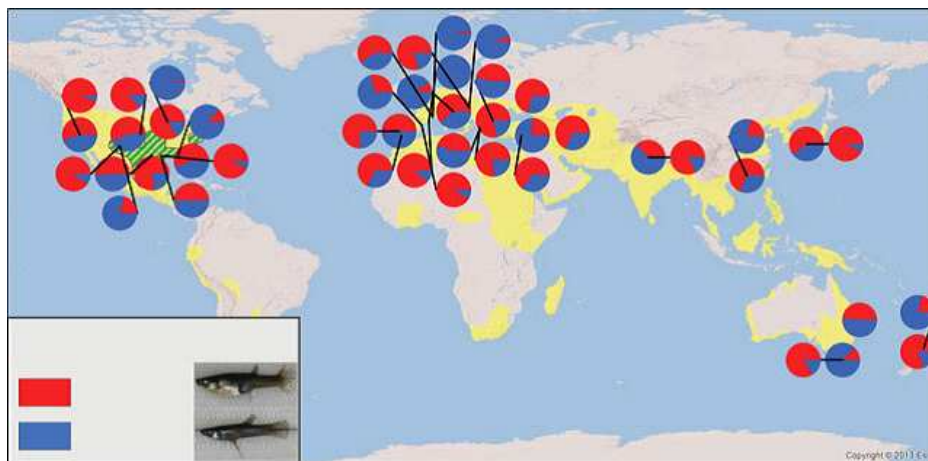
### III. Discussion

Les fluctuations de ce paramètre abiotique sont en relation avec les conditions climatiques locales et régionales et plus particulièrement avec la température de l'air et les phénomènes d'évaporation d'eau et de précipitation qui en résultent quand cette dernière augmente, la différence de température entre l'été (Aout) et l'hiver (décembre) est le reflet de

l'étage bioclimatique semi-aride à froid de la région d'étude de Tiaret où les variations entre la saison froide et la saison chaude sont très remarquables. On note une forte influence de la température de l'air sur celle de l'eau d'une lagune tunisienne (Vincke, 1982).

Le pH de l'eau d'Oued Sebaine est légèrement alcalin. Il varie généralement entre 7,25 et 7,88. Cette alcalinité s'expliquerait par l'absence d'une source de pollution réelle comme les eaux usées par exemple. Des résultats similaires ont été rapportés par Semroud (1983), De casabianca et *al.* (1991), qui expliquent l'alcalinité de l'eau du lac Mellah (El Kala) par l'absence d'une source de pollution. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rejsek, 2002). Le tableau (annexe) exprime la relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité, la conductivité entre 995 et 1007  $\mu\text{s}/\text{cm}$  dans les échantillons, Nous pouvons donc dire que la minéralisation de l'eau d'oued Sebaine est importante.

L'étude du sex-ratio qui exprime le rapport de (F :M) global montre que les femelles dominant par rapport aux males, ces résultats concordent avec les autres travaux antécédents (Fig.35) menées sur cette espèce notamment ceux signalés dans la population d'Akgöl (4,38: 1), Dalaman (2,51: 1) et Ortaca (2,38: 1) (Öztürk and İkiz, 2003 ; Öztürk et İkiz, 2004 ), et aussi dans la plupart des pays (Fig.32). En revanche le sex ratio reste cependant différent de ceux d'autres populations notamment d'Althama (1: 1,1), d'Aian Elmajdob (1: 2,5), de Bodizera (1: 0,6) et d'ArdAlahlam (1: 2) à Benghazi, en Libye (Eltaeab et Elbaraasi, 2019).



**Figure 35 :** Variation du sex-ratio sur une partie de l'aire de répartition actuelle des *Gambusies* (*G. affinis* et *G. holbrooki*), (Fryxell, 2015)

Selon Haynes et Cashner (1995), Zulian et *al.* (1995), Vargas et Sostoa (1996), le sex-ratio de population de *Gambusie* est souvent dominée par les femelles. Selon Krumholz (1948), le sex-ratio de la *Gambusie* à la naissance est de 1: 1, mais ce ratio est modifié en raison des différentes stratégies d'échantillonnages adoptés, toutefois plusieurs aspects

peuvent biaisés ce rapport tel que des erreurs d'échantillonnages, des préférences et des changements dans leurs préférences de micro-habitat à des stades spécifiques de la vie des espèces entre les sexes (Fernández-Delgado & Rossomanno, 1997). La prédominance des femelles est également due à leurs longévités assez importante par rapport à ceux des males (Krumholz, 1948; Kartes & Quignard, 1984; Fernández-Delgado, 1989); en effet, les males périssent plus rapidement lorsqu'ils sont exposés à des facteurs de stress abiotiques et biotiques tels que la température, l'hypoxie et la surpopulation (Krumholz 1948; Cech et al., 1985, Snelson, 1989).

La proportion des femelles a augmenté dans les classes de grande taille et le pourcentage de mâles est important dans les classes de petite taille. Les pourcentages du sexe en fonction de la taille désignent les classes de taille entre 35 à 59 mm (Timimoune), entre 16.75 à 21 mm et de 35 à 60.2 mm (Tiaret), de 18 à 22 mm et de 40 à 46 mm de longueur totale à Bechar et à Biskra chez toutes les classes de taille ou la présence des femelles est assez marquée et sont quasiment dominées significativement. Par contre les males sont représentés par les classes de taille faible. Toutefois, il a été constaté que les individus de grande taille sont représentés par les femelles. Cette différence de taille au niveau de notre échantillonnage en faveur des femelles est confirmée par le calcul de l'écart réduit. Ceci est en concordance avec les données déjà recueillies sur *G. affinis* dans le complexe des zones humides d'El Kala tel que lac Tonga et lac Oubeira (Bounaceur, 1997).

L'analyse de structure en taille de la population ovocytaire, nous a permis d'observer une certaine concordance entre cette dernière et la vitéllogénèse, le fort pourcentage d'ovocytes au stade IV, caractérise la période d'activité sexuelle c'est ainsi que les ovocytes deviennent volumineux et ceci à la suite d'une intense accumulation de vitellus, il est important de noter que ces ovocytes sont en phase finale de vitéllogénèse (Drardja-Beldi, 2001).

Les quatre phases de l'échelle de maturité sexuelle que nous avons établis en accord avec les travaux de Drardja-Beldi (2001), nous ont permis de délimiter deux principales périodes du cycles sexuel de *G. affinis*. Une période de repos s'étalant du mois de octobre au mois de février et une période d'activité sexuelle, caractérisée par l'alternance de période de vitellogenèse et de gestation, qui dure jusqu'au à la fin du mois de septembre.

Il est préférable d'utiliser au moins deux indices lors de l'étude de la reproduction d'une espèce, pour notre cas, nous avons utilisé pour visualiser la période de reproduction de l'espèce cible: l'indice gonado-somatique (**IGS**) et l'indice de condition (**K**).

Les variations mensuelles de l'indice gonado-somatique sont utilisées pour confirmer la période de reproduction déterminée par l'étude des stades de maturation de l'ovaire de l'espèce exploitée dans notre zone d'étude, pour la population de Tiaret IGS a augmenté au cours du printemps (mars et avril) allant jusqu'au début de l'automne (septembre), avec un maximum en été, presque toutes les femelles étaient gestantes pendant toute cette période. Des diminutions numériques de cet indice ont été signalés à partir d'octobre, qui se traduit par de très faibles valeurs ; pour le reste des mois de l'automne et l'hiver les valeurs progressent au fur et à mesure et augmentent à partir du début du printemps.

Néanmoins, ces valeurs de l'indice gonado-somatique (**IGS**) montrent des différences entre les stades de maturation de l'ovaire, déterminés préalablement. Dans ce contexte, Brown-Peterson et Peterson (1990), Galat et Robertson (1992), mentionnent cette maturité au début du printemps coïncidant ainsi avec une stabilité thermique de l'eau d'environ 20°C, favorisant la maturation ovarienne par ovogenèse. Pour ces zones qui suivent un repos sexuel de la mi-automne à la fin de l'hiver, l'ovaire présente une quantité négligeable par rapport au poids corporel total, réduit à un mince cordon contenant des ovocytes blancs et jeunes ((Draredja-Beldi, 1993 ; Fernandez-Delgado et Rossomanno, 1997). Les variations mensuelles du GSI pour la population saharienne de Timimoune peuvent se traduire par l'activité reproductrice qui se déroule tout au long de l'année avec un léger repos sexuel hivernal. En effet, la reproduction peut varier en fonction de la température de l'eau (Koya et al., 2004). Dans ce contexte, Burns (1985) a constaté que les femelles vivant dans des régions chaudes et stables peuvent se reproduire tout au long de l'année ceci est en accord avec les données enregistrées à Timimoune. Toujours selon Pyke (2005), Ferens et Murphy (1974) qui rapportent que dans les régions où il y a une période de sécheresse estivale et une période hivernale où la température hivernale est généralement douce, les *Gambusia* peuvent se reproduire pendant l'hiver d'une part. D'autre part, Fraile et al, (1994) ont déclaré que cette variabilité dépendait également des positions géographiques, de la photopériode, de la concentration d'oxygène dissous et des changements des niveaux d'eau et autres paramètres abiotiques.

L'étude de l'indice de condition (**K**) chez les deux sexes dans les quatre sites d'étude montre une diminution en période hivernale, cette diminution peut être due à une perte de matière organique liée à la post-parturition et de repos sexuel au cours de ces périodes. Il existe une phase de bonne condition remarquable au printemps et en été, à Tiaret c'est le moment de l'activité sexuelle, ou la condition d'embonpoint du poisson est à son maximum, cela renforce l'hypothèse qui combine la maturation des produits sexuels et leurs émissions ce

qui nécessite une dépense énergétique relativement élevée, et par conséquent la réduction du poids du poisson en période post parturition et aussi l'état du milieu.

Les résultats de l'étude de la taille à la première maturité des femelles de Tiaret et Timimoune, sont similaires à ceux déjà obtenus dans différentes zones géographiques (Tab.18), tel que à l'extrême nord-est de l'Algérie notamment dans le complexe humide d'El Kala, le lac Tonga (27.19 mm), au lac Oubeira (27.85), et en oued Bouarroug (26.5) (Bounaceur, 1997), dans le lac Ain Ziana en Libye la longueur estimée par Jawad & Busneina (2000) est de 28,00 mm, tandis qu'au nord du pays basque au sud ouest de la France, Vignes (1995) a noté une petite taille de 22 mm, à Hawaï une longueur très inférieure de 19,01 mm a été notée à la station de Kay et de 19,84 mm à Twin et 18,34 mm à Mawii (Stearns, 1983), selon à Stockwell & Weeks (1998) au Nevada à Garrett (19,67 mm) et Bonham (20,33 mm), tandis que Hughes (1985) indique en Inde une taille de 23 mm.

En effet, les nombreuses investigations menées sur les populations *G. affinis* en Algérie, on a pu démontrer que la fécondité des femelles présente une grande variabilité en termes de nombre d'embryons, toutefois, cette fécondité est positivement corrélée avec la taille et poids des poissons. A priori, la fécondité des téléostéens dépend de la longueur totale de la femelle (Krumholz, 1948 ; Reznick *et al.*, 2007 ; Cabrera *et al.*, 2008), ces résultats sont proches de ceux déjà obtenus par les auteurs dans plusieurs régions du monde où l'espèce est présente (Vignes, 1995 ; Fernandez-Delgado, 1989 ; Öztürk and İkiz, 2004).

**Tableau 18 :** Tailles des premières maturités sexuelles ( $L_{50}$ ) des femelles de *Gambusia affinis* mentionnées dans différentes régions du Monde.

	Région	$L_{50}$ (mm)	$t_{50}$ (jour)	Auteurs
<b>pays</b>	Biarritz	22	/	Vignes, 1995
<b>Basque</b>				
	Lac Tonga	27.19		
<b>Algérie</b>	Lac Oubeira	27.85		Bounaceur, 1997
	Oued Bouarroug	26.5		
<b>Lybie</b>	lake Ain Ziana	28	/	Jawad and Busneina, 2000
	Kay	19.01	77.95	
<b>Hawaii</b>	Twin	19.84	85.57	Stearns, 1983
	Reservoir de Mawii	18.34	86.87	
<b>Nevada</b>	Garrett nevada	19.67	/	Craig <i>et al.</i> , 1998
	Bonhamnevada	20.33	/	
<b>India</b>	Hoveylake	23	/	Hughes, 1985
	Tiaret	27.99		Présent travail
<b>Algérie</b>	Timimoune	27.44		

#### IV. Conclusion

La biologie de la reproduction de *Gambusia affinis* a été exploitée dans différentes stations de l'Algérie par plusieurs paramètres qui nous ont permis de bien comprendre cette dernière, les nombreuses données recueillies ont permis d'aboutir à certaines conclusions qui nous semble communes à toutes les populations de cette espèce. Des différences ont été relevées pour les populations des Foggara de Timimoune où la reproduction s'échelonne pour toute l'année.

Les variations des tailles de premières maturités sexuelles et des facteurs de condition sont tributaires des qualités des milieux et des conditions abiotiques favorables offrant ainsi une meilleure fitness à l'espèce.

L'examen de la fécondité moyenne nous a permis de constater que Oued Sebaine de Tiaret était le site où la fécondité est la plus élevée, alors que dans foggara de Timimoune se distinguent par une faible fécondité avec une période de reproduction s'allonge toute l'année interrompue d'un léger repos sexuel.



---

## Chapitre IV : Croissance et Relation taille- poids

---

## Introduction

Une des caractéristiques des organismes vivants est leur capacité à l'augmentation de taille dès la naissance ; à un moment donné ce phénomène ralentit légèrement avant la mort de l'organisme, jusqu'à même un arrêt total dans certains cas (Von Bertalanffy, 1938).

Pauly (1985) définit la croissance comme étant un changement du poids, avec le temps, qui est le résultat net de deux processus opposés : l'un augmente le poids du corps (anabolisme), l'autre tend à le diminuer (catabolisme). Ces processus majeurs de la biologie des poissons constitue un des paramètres clés des modèles structurés en longueur (Laslett et al., 2002 ; Chen et al., 2003).

Chez *Gambusia affinis*, Meffe et Snelson (1989) ont constaté que la température et la salinité interagissent pour affecter la croissance, il a été également constaté que la croissance maximale se produisant à une température de 25°C et une salinité de 5 ppt. et le taux de croissance diminuent généralement avec l'augmentation de la densité des poissons (Stearns, 1983), et augmente avec le niveau des ressources trophiques (Wurtsbaugh et Cech, 1983; Meffe et Crump, 1987; Vondracek et al., 1988 ).

Nous étudierons dans cette partie la structure de taille de la population, la croissance de *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) et nous aborderons aussi la relation entre la taille des individus et leur poids au niveau de quelques zones humides d'Algérie.

## I. Matériels et Méthodes

### I.1. Echantillonnage

#### I.1.1. Protocole d'échantillonnage

Au total, 638 spécimens ont été prélevés à Oued Sebaine à Tiaret de mars 2017 à février 2018, de juillet 2010 à juin 2011, 402 spécimens au niveau des foggaras de Timimoune, 282 spécimens du barrage Fontaine de Gazelle à Biskra entre novembre 2006 à mai 2007, et 182 poisson échantillonnés du petit barrage d'Abadla à Bechar entre mai et octobre 2018. Pour chaque spécimen, nous avons relevé les mesures au laboratoire, les données biométriques de poids et la longueur totale...etc, à l'aide d'un pied à coulisse digitale au 0.01 mm près.

#### I.1.2. Traitements des échantillons au laboratoire

### I.2. Démographie

La détermination de la structure de taille de la population de *Gambusia affinis* provenant des différents biotopes à travers les prélèvements mensuels, à pour objectif de constituer une image fiable de la structure démographique des populations de la *Gambusia* de chaque zone d'étude.

### I.3. Etude de la croissance

#### I.3.1. Croissance linéaire

L'objectif de ce travail est l'estimation du rythme de croissance de *Gambusia affinis* à partir de la méthode indirecte qui repose sur l'analyse de la structure des fréquences de tailles des poissons étudiés (Daget et Le Guen, 1975). Alors l'ichtyologiste doit trouver une méthode qui s'adapte le mieux au cas qui l'intéresse ; pour l'obtention des données de base, les données taille-âge, que pour le choix du modèle exprimant la relation entre ces deux variables qui permet une meilleure compréhension de cette espèce dans son biotope.

##### I.3.1.1. Equation de croissance de Von Bertalanffy (1938)

Il existe plusieurs modèles mathématiques pour exprimer la croissance chez les poissons et les crustacés. Une revue détaillée en a été faite par Beverton et Holt (1957), Ursin (1967), Ricker (1980), Gulland (1983), Pauly (1984), Sparre et Venema (1996) et Pauly et Moreau (1997), néanmoins un modèle prédomine, il s'agit de celui de Von Bertalanffy (1938).

Le modèle de croissance de Von Bertalanffy (1938), est fondé sur deux processus différents, l'anabolisme (i) ou processus de synthèse, dont le taux, proportionnel aux surfaces absorbantes, tend à augmenter le poids et (ii) le catabolisme ou processus de dégradation, dont le taux, proportionnel au poids, tend à diminuer ce dernier. Ces deux processus interviennent continuellement et simultanément pendant toute l'existence de l'animal; la différence entre eux à un instant quelconque définit le taux de variation de poids par l'équation différentielle :

$$dW/dt = HS - DW, \text{ où}$$

S = surface absorbante

W = poids

dW = variation de poids pendant le temps dt

H = coefficient d'anabolisme

D = coefficient de catabolisme.

L'expression mathématique représentant l'équation de la croissance linéaire absolue est la suivante:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Bien que Von Bertalanffy (1938) ait justifié son modèle par des considérations métaboliques, il est préférable de le voir comme un modèle descriptif, et être prudent de ne pas attribuer trop de signification biologique aux paramètres  $L_{\infty}$ , K et  $t_0$  qui ne font que résumer l'ensemble des données disponibles. Ces trois paramètres d'ajustement :  $L_{\infty}$ , K et  $t_0$

sont déterminés dans le cas de présente étude par le logiciel LFDA, en voici les définitions actuelles :

$L_{\infty}$  : La longueur asymptotique théoriquement, c'est la longueur moyenne des poissons très âgés, ou vivre et grandir indéfiniment.

K: coefficient de croissance (ou paramètre de courbure). Il caractérise la rapidité avec laquelle le poisson croît vers la longueur asymptotique, il est aussi le coefficient de stress (Pauly, 1997)

$t_0$ : âge théorique pour lequel le poisson a une longueur nulle ( $L_t = 0$ ). Il désigne le point de départ de la courbe de croissance sur l'axe des temps.

t: âge.

L'indice de performance de croissance  $\phi'$ , a pour analyse la croissance, il permet la comparaison de la croissance entre différentes populations d'une même espèce et entre plusieurs espèces, selon la formule de Pauly et Munro (1984) :

$$\phi' = \log(k) + 2 \times \log(L_{\infty})$$

Selon ces auteurs,  $\phi'$  est caractéristique de l'espèce et les valeurs de  $\phi'$  d'une espèce donnée suivent une distribution normale, par ailleurs, quelque soit la méthode utilisée pour estimer  $L_{\infty}$  et K, les valeurs de  $\phi'$  d'une espèce donnée devraient être voisines.

### I.3.1.2. Analyse des données

Dans notre étude, les paramètres  $L_{\infty}$ , K et  $t_0$  sont déterminés par la méthode ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis) à partir du logiciel LFDA (Length Frequency Distribution Analysis) (Kirkwood et *al.*, 2001).

#### a. La longueur asymptotique $L_{\infty}$

C'est la taille moyenne qu'atteindrait un poisson qui pourrait vivre et grandir indéfiniment, l'estimation de ce paramètre se fait par plusieurs méthodes, par ailleurs, Pauly (1985) se basant sur la longueur maximale observée chez une espèce ( $L_{\max}$ ), propose une relation permettant une estimation rapprochée de  $L_{\infty}$  :  $L_{\infty} = \frac{L_{\max}}{0.95}$

$L_{\max}$  : est la longueur du plus grand poisson mesuré dans notre échantillon.

#### b. Estimation du paramètre de courbure

Le paramètre K, paramètre de courbure qui détermine la rapidité du poisson d'approcher  $L_{\infty}$  (Sparre et Venema, 1996), est estimé par l'expression de Méthode Pauly et Munro (1984):

$$K = 10^{(\phi' - 2 \times \log L_{\infty})}$$

$\emptyset'$  moy: représente la vitesse moyenne de croissance.

Nous avons estimé une valeur moyenne de  $\emptyset'$  à partir des données de la littérature disponible (couples de valeurs K et  $L_\infty$ ).

### c. Estimation de l'âge hypothétique $t_0$ : Méthode de Pauly (1980)

Le paramètre  $t_0$  est calculé à partir de l'équation empirique de Pauly qui met en relation  $L_\infty$  et K, elle est de forme (Pauly, 1980) :

$$t_0 = -10^{(-0.3922 - 0.2752 \times \log(L_\infty) - 1.038 \times \log(K))}$$

Nous avons utilisé le logiciel LFDA (Kirkwood et *al.*, 2001), outils d'évaluation courante de la FAO-ICLARM, se composant des méthodologies robustes pour faciliter aux utilisateurs l'application des modèles mathématiques, composant entre autre de la méthode ELEFAN. Ces évaluations ont été déterminées pour les mâles et les femelles séparément.

### d. Méthode d'ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis)

La méthode ELEFAN a été proposée pour la première fois par Pauly & David (1981) et modifiée par Sparre (*in* Sims 1985), Pauly (1985), Thiam (1986) et Pauly (1987). La description la plus récente peut citer par Pauly & Moreau (1997).

C'est une méthode non paramétrique qui utilise un ou plusieurs échantillons collectés à des dates différentes. Pour chaque couple de valeurs exploratoires des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy et pour chaque date correspondant à une distribution en taille, les modes théoriques aux âges sont calculés. Certains modes théoriques coïncident avec les modes observés. La technique consiste à déterminer les paramètres  $L_\infty$  et K qui maximisent le nombre de modes expliqués.

L'ajustement est réalisé par l'intermédiaire d'un coefficient R égal au rapport du nombre de modes expliqués (Explained Sum of Peaks, ESP) sur le nombre de modes disponibles ou modes observés (Available Sum of Peaks, ASP). Le meilleur ajustement est celui présentant le rapport le plus élevé:

$$R = (ESP/ASP) * 1000.$$

### I.3.2. Croissance relative ou Relation taille-poids

L'étude de la relation taille-poids répond à des objectifs dont le principal est l'estimation du poids à partir de la taille, et inversement (Beyer, 1991), et permet de vérifier l'existence d'une corrélation liant le poids à la taille du poisson et de modéliser la relation.

➤ de distinguer l'histoire de vie et la morphologie d'une espèce à une autre et entre les populations des différents habitats et ou régions (Gonçalves *et al.*, 1997).

➤ De connaître l'embonpoint des poissons (Richter *et al.*, 2000) et de ses variations au cours de la croissance, même des variations mensuelles qui peuvent nous renseigner sur l'activité sexuelle, notamment sur la période de reproduction. La relation est décrite par la formule suivante qui relie la longueur totale (Lt) au poids total (Wt), la relation (Wt / Lt):

$$Wt = a \times Lt^b$$

Les paramètres a et b ont été calculés pour chaque sexe et pour toute la population, après transformation logarithmique, cette équation sous la forme :

$$\log(Wt) = \log(a) + b \times \log(Lt)$$

**L** : longueur totale (mm)

**a** : constante, ordonnée à l'origine.

**b** : coefficient d'allométrie (pente).

Avec cette équation, il nous est possible maintenant d'estimer **a** et **b** par régression linéaire.

Si :

**b < 3** : allométrie minorante.

**b = 3** : isométrie.

**b > 3** : allométrie majorante.

### I.3.3. Croissance pondérale absolue

Pour exprimer l'équation du poids en fonction du temps, il se déduit la relation  $W = a \times L^b$ , ou le poids est lié à la taille et le modèle de croissance linéaire en fonction du temps qui est celui de Von Bertalanffy (1938):  $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ , donc nous pouvons admettre la relation :  $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$

Avec, b : est déterminée par la relation taille-poids, k et t0 sont les coefficients de la relation de Von Bertalanffy,  $W_\infty$  est le poids asymptotique correspondant à  $L_\infty$ , ou poids théorique maximal (g), la valeur de  $W_\infty$  est estimée par la relation suivante :  $W_\infty = a \times L_\infty^b$

### I.4. Traitement statistique :

Le logiciel a été utilisé pour le traitement statistique :

- MATLAB (Matrix laboratory, 2010), utilisé surtout dans tous les types de courbes, la relation taille-poids (régression linéaire et autre) et la partie reproduction pour le calcul des différents paramètres (pourcentage des sexes, la moyenne de la longueur, indice de condition, la taille à la première maturité sexuelle ...).

## II. Résultats

### II.1. Démographie

Elle représente l'ensemble des prélèvements mensuels réalisés, au niveau de chaque zone d'étude. Les résultats aboutis montrent que la longueur des femelles de *G. affinis* à Biskra varie de 19.01 à 64.02 mm, celle des mâles de 21.9 à 45.07 mm, à Tiaret la taille minimale et maximale des femelles et des mâles oscille respectivement de 16.6 à 60.20 mm et de 18.7 à 43.07 mm, également dans la population de Timimoune et de Béchar, la longueur totale des femelles enregistre respectivement des valeurs comprises entre 19.01 à 59 mm et de 16.7 à 49.10 mm, tandis que la taille des mâles à Timimoune et Bechar varie respectivement de 21 à 43 mm et de 19.73 à 38.05 mm (Tab.19).

**Tableau 19** : Composition de taille des captures totales de *Gambusia affinis* dans les différentes stations d'études

Sites	Sexe	Total	Lt (mm) maximale	Lt (mm) minimale	Lt (mm) moyenne
<b>Oued Sebaine</b> (de Mars 2017-Février 2018)	F	448	60.20	16.6	29.27
	M	190	43.07	18.7	27.20
	F+M	638	60.20	16.6	/
<b>Foggara de Timimoune</b> (De Juillet 2010-juin 2011)	F	274	59	19.01	39.21
	M	128	43	21	30.67
	F+M	402	59	19.01	/
<b>Barrage Fontaine de Gazelle</b> (de Novembre 2006-Mai 2007)	F	204	64.02	19.01	39.87
	M	78	45.07	21.9	36.19
	F+M	282	64.02	19.01	/
<b>Abadla, Bechar</b> (Mai 2018-Octobre 2018)	F	125	49.10	16.7	23.34
	M	57	38.05	19.73	27.70
	F+M	182	49.10	16.7	/

### II.2. Etude de la croissance

L'analyse porte sur la distribution de la totalité des captures échantillonnées lors des 12 mois d'échantillonnage, au niveau d'Oued Sebaine à Tiaret, au petit barrage d'Abadla à Bechar, de Timimoune et de Biskra. Le logiciel LFDA sous programme ELEFAN (Kirkwood et al., 2001) a été utilisée pour les calculées des valeurs des paramètres de croissance (Tab.20). Les tableaux 20 et 21 ci-dessous, exposent les valeurs de  $L_{\infty}$  de K et de  $t_0$  estimées pour notre espèce *G. affinis*, puis remplacés dans l'équation de Von Bertalanffy, ainsi que celles de  $\Phi$  calculées dans la présente étude, qui montre une grande similitude entre les deux sexes.

**Tableau 20 :** Paramètre de croissance de Von Bertalanffy pour les mâles et les femelles chez *G. affinis* dans les différents sites d'études exploités

Sexe	Femelles				Mâles			
	K	L $\infty$	to	$\phi$	K	L $\infty$	to	$\phi$
<b>Biskra</b>	0.99	67.25	0.58	3.65	0.90	47.89	0.42	3.31
<b>Timimoune</b>	0.89	62.14	0.99	3.53	0.97	45.48	0.95	3.30
<b>Tiaret</b>	0.80	63.62	0.73	3.51	0.99	45.49	0.53	3.31
<b>Bechar</b>	0.72	51.72	0.43	3.28	0.46	41.75	0.13	2.90

**Tableau 21 :** Équation de croissance de Von Bertalanffy (1938) de *G. affinis*

Zones	Equation de Von Bertalanffy	
	Femelles	Mâles
<b>Biskra</b>	$L_t = 67.25 (1 - e^{-0.99(t+0.58)})$	$L_t = 47.89 (1 - e^{-0.90(t+0.42)})$
<b>Timimoune</b>	$L_t = 62.14 (1 - e^{-0.89(t+0.99)})$	$L_t = 45.48 (1 - e^{-0.97(t+0.95)})$
<b>Tiaret</b>	$L_t = 63.62 (1 - e^{-0.80(t+0.73)})$	$L_t = 45.49 (1 - e^{-0.99(t+0.53)})$
<b>Bechar</b>	$L_t = 51.72 (1 - e^{-0.72(t+0.43)})$	$L_t = 41.75 (1 - e^{-0.46(t+0.13)})$

**II.2.1. Croissance relative (Relation longueur-poids)**

Les relations biométriques obtenues sont consignées dans le tableau 22 et dans les figures 36, 37, 38 et 39. Cette relation reliant la longueur au poids total de *G. affinis* indique une allométrie minorante (b significativement inférieure à 3) pour les mâles de Timimoune (b = 2,82), Tiaret (b = 2,81) et Bechar (b = 2,84), et une allométrie majorante pour les femelles Biskra (b = 3,19), Timimoune (b = 3,07) et Tiaret (b = 3,32), et une croissance isométrique pour les mâles de Biskra (b = 3,00) et les femelles de Bechar (b = 3,04). Toutes les régressions linéaires des relations longueur-poids étaient très significatives, avec une forte liaison de coefficient de détermination ( $r^2$ ) à Biskra 0,980 (femelle) et 0,928 (male), à Timimoune 0,897 (femelle) et 0,906 (male), à Tiaret 0,986 (femelle) et 0,925 (male) et à Bechar 0,963 (femelle) et 0,952 (male) avec (p <0,05).

**Tableau 22:** Paramètres a, b,  $r^2$  de la relation d'allométrie taille - poids  $W=a \times L^b$ .

Zones	Femelle				Male			
	a	b	$r^2$	Effectif global	a	b	$r^2$	Effectif global
<b>Biskra</b>	$5.0600e^{-006}$	3.19	0.980	204	$1.0463e^{-005}$	3.00	0.928	78
<b>Timimoune</b>	$9.3040e^{-006}$	3.07	0.897	274	$1.8198e^{-005}$	2.82	0.906	128
<b>Tiaret</b>	$3.6174e^{-006}$	3.32	0.986	448	$1.6503e^{-005}$	2.81	0.925	190
<b>Bechar</b>	$7.0568e^{-006}$	3.04	0.963	125	$1.2539e^{-005}$	2.84	0.952	57



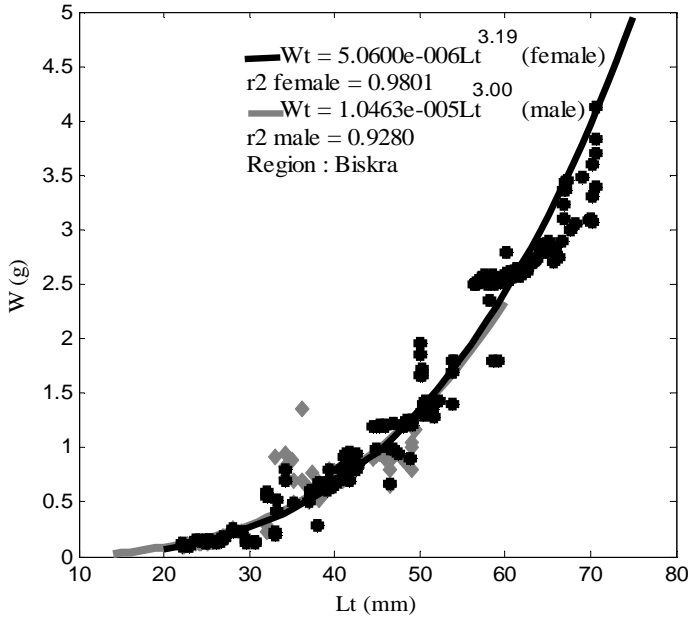


Figure 36 : Relation longueur-poids de mâle et femelle de *G. affinis* à Biskra

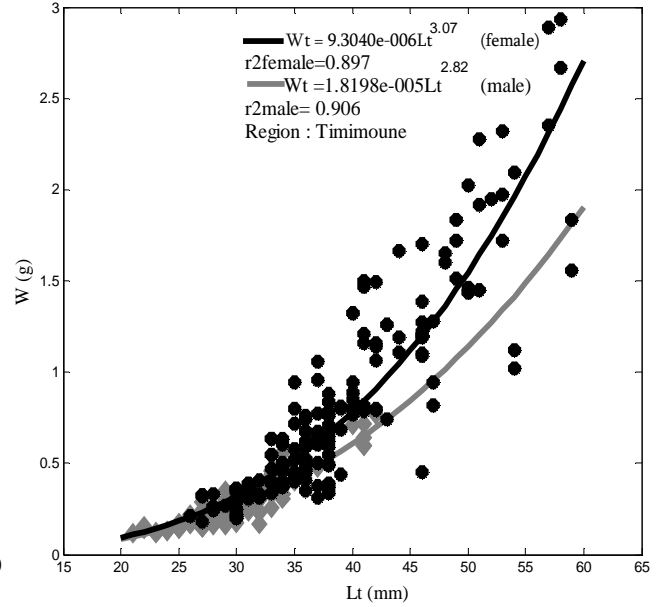


Figure 37 : Relation longueur-poids de mâle et femelle de *G. affinis* à Timimoune

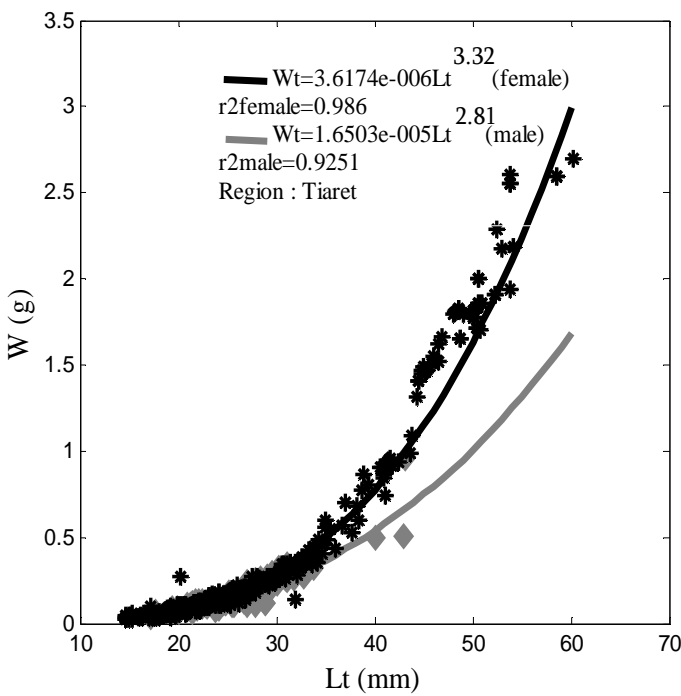


Figure 38 : relation longueur-poids de mâle et femelle de *G. affinis* à Oued Sebaine à Tiaret

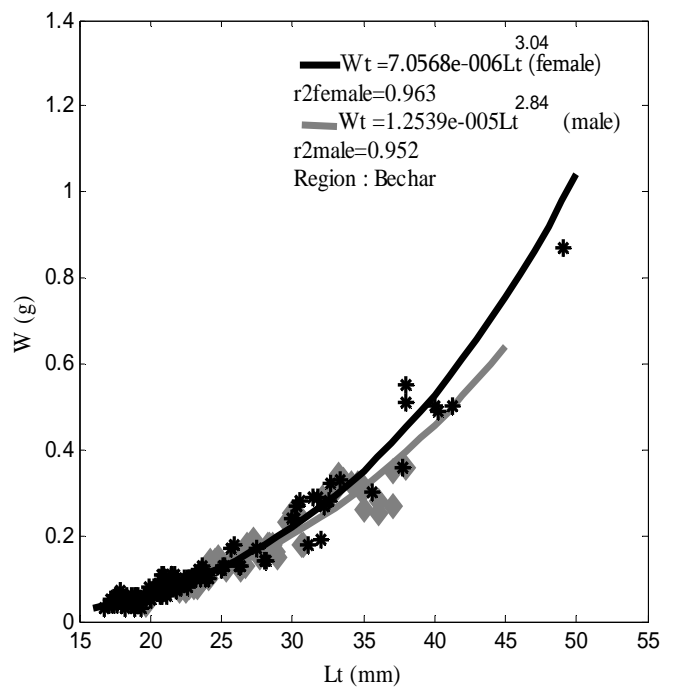


Figure 39 : relation longueur-poids de male et femelle de *G. affinis* au niveau du barrage de Abadla à Bechar

### II.2.2. Analyse mensuelle de la relation taille poids

Nous avons déterminé la relation taille poids pour chaque prélèvement de sexes séparés, pour le cas d'Oued Sebaine à Tiaret.

#### II.2.2.1. Femelles

Les relations taille poids mensuelles sont calculées et regroupées dans le tableau 23 suivant, l'examen des relations biométrique ainsi que la valeur de coefficient d'allométrie montre que la croissance pondérale est majorante de février à avril et de juin à septembre et novembre, et minorante pour la période allant de décembre à janvier, elle est isométrique durant octobre.

**Tableau 23:** Relation taille-poids mensuelle chez les femelles de *Gambusia affinis* à Oued Sebaine à Tiaret durant mars 2017 à février 2018.

Mois	Relation $Wt = a \times Lt^b$	Effectif des femelles	Coefficient de corrélation ( $r^2$ )
Mars	$Wt = 2.3467e-006 \times Lt^{3.42}$	21	0.9869
Avril	$Wt = 2.8061e-006 \times Lt^{3.39}$	22	0.9890
Mai	$Wt = 9.4718e-005 \times Lt^{2.46}$	8	0.9708
Juin	$Wt = 3.9405e-006 \times Lt^{3.33}$	42	0.9928
Juillet	$Wt = 3.3913e-006 \times Lt^{3.37}$	18	0.9959
Aout	$Wt = 1.0863e-005 \times Lt^{3.07}$	24	0.9671
Septembre	$Wt = 4.7585e-006 \times Lt^{3.24}$	38	0.9904
Octobre	$Wt = 8.3720e-006 \times Lt^{3.05}$	52	0.9609
Novembre	$Wt = 4.4528e-006 \times Lt^{3.24}$	61	0.9721
Décembre	$Wt = 2.8374e-005 \times Lt^{2.68}$	62	0.9607
Janvier	$Wt = 2.4969e-004 \times Lt^{2.05}$	69	0.9043
Février	$Wt = 5.2047e-006 \times Lt^{3.18}$	23	0.9858

#### II.2.2.2. Mâles

L'analyse mensuelle de la relation taille poids chez les mâles d'Oued Sebaine à Tiaret a permis d'établir les équations qui sont regroupées dans le tableau ci après :

L'examen de tableau 24, a permis de l'analyse mensuelle de la relation taille poids chez les males, qui montre le coefficient d'allométrie est inférieur à 3 pour une période de mars et de mai à janvier, la croissance est dite minorante.

Pour le mois de février la croissance est isométrique, pour le mois d'avril, la croissance est majorante.

**Tableau 24:** Relation taille-poids mensuelle chez les mâles de *Gambusia affinis* d'Oued Sebaine à Tiaret durant de mars 2017 à février 2018.

Mois	Relation $Wt = a \times Lt^b$	Effectif des mâles	Coefficient de corrélation ( $r^2$ )
Mars	$Wt = 1.1298e-005 \times Lt^{2.90}$	12	0.8431
Avril	$Wt = 4.5286e-006 \times Lt^{3.20}$	19	0.9393
Mai	$Wt = 2.5512e-004 \times Lt^{2.04}$	11	0.9650
Juin	$Wt = 1.1339e-005 \times Lt^{2.91}$	21	0.9417
Juillet	$Wt = 3.3913e-006 \times Lt^{2.39}$	13	0.8524
Aout	$Wt = 1.2075e-004 \times Lt^{2.14}$	9	0.6070
Septembre	$Wt = 2.5523e-005 \times Lt^{2.65}$	7	0.7151
Octobre	$Wt = 3.7120e-005 \times Lt^{2.58}$	14	0.9580
Novembre	$Wt = 1.5549e-005 \times Lt^{2.85}$	22	0.9607
Décembre	$Wt = 1.1262e-005 \times Lt^{2.94}$	21	0.9297
Janvier	$Wt = 4.7042e-005 \times Lt^{2.51}$	21	0.9716
Février	$Wt = 7.7141e-006 \times Lt^{3.04}$	16	0.9135

### II.2.3. Croissance pondérale

A partir des données de la relation taille poids et les résultats de la croissance linéaire, nous avons pu ressortir le tableau de correspondance âge-poids totale (Wt), ainsi que l'équation de la croissance pondérale pour les mâles et les femelles (Tab.25)

**Tableau 25 :** la croissance pondérale chez les males et les femelles de *G. Affinis* exprimés par l'équation du poids en fonction du temps, dans différentes stations investies en Algérie.

Zones	Croissance pondérale	
	Femelles	Mâles
Biskra	$Wt = 3.42 (1-e^{-0.99(t+0.58)})^{3.19}$	$Wt = 1.14 (1-e^{-0.90(t+0.42)})^{3.00}$
Timimoune	$Wt = 2.97 (1-e^{-0.89(t+0.99)})^{3.07}$	$Wt = 0.857 (1-e^{-0.97(t+0.95)})^{2.82}$
Tiaret	$Wt = 3.51 (1-e^{-0.80(t+0.73)})^{3.32}$	$Wt = 0.752 (1-e^{-0.99(t+0.53)})^{2.81}$
Bechar	$Wt = 1.14 (1-e^{-0.72(t+0.43)})^{3.04}$	$Wt = 0.50 (1-e^{-0.46(t+0.13)})^{2.84}$

## III. Discussion

### III.1. Relation taille-poids

Les relations longueur-poids obtenues dans nos régions sont fortement corrélées ( $r^2$ ), et suggèrent des différences de croissance entre les sexes, les femelles de Biskra, Timimoune et Tiaret, présentent une allométrie positive ou majorante significative, indiquent que le poids corporel croît légèrement plus vite que la longueur du corps, tandis que les mâles de Timimoune, Tiaret et Bechar présentent une allométrie négative ou minorante indiquant que

la longueur augmente avec le cube de poids, et pour les mâles de Biskra et les femelles de Béchar, la croissance isométrique indique que le poids et la longueur des poissons augmentent en même temps. Une croissance similaire a été observée pour les femelles et les mâles de *G. affinis* (Tab.26) dans le fleuve de Yangtze en Chine (Yu Cheng et al., 2018), à Dalaman et Ortaca dans la région méditerranéenne occidentale de la Turquie (Öztürk & İkiz, 2004) ), de plus, dans le nord-est de l'Algérie, une allométrie majorante a été constaté chez les deux sexes (Bounaceur, 1997), une croissance négative pour les deux sexes dans le lac Adana en Turquie (Sibel & Deniz, 2008) et dans le lac Marmara en Anatolie en Turquie (İlhan & Sarı, 2015).

Le paramètre b peut varier en fonction de la température et des saisons, associé à d'autres caractéristiques de l'habitat comme la salinité, la disponibilité des ressources alimentaires ainsi que la maturité des gonades (Gonçalves et al., 1997; Taskavak et Bilecenoglu, 2001; Özaydin et al., 2007).

**Tableau 26 :** Paramètres de relation taille-poids par sexe de *G. affinis* dans différentes régions du monde

Auteurs	a	b	r2	Sexes	Zones
Yu Cheng et al., 2018	7.13e <sup>-6</sup>	3.25	0.961	F	Rivière Yangtze, Chine
	3.29e <sup>-5</sup>	2.59	0.763	M	
Sibel and Deniz, 2008	0.016	2.62	0.908	F	Lac Adana, Turkey
	0.019	2.47	0.892	M	
Öztürk and İkiz, 2004	0.131	3.23	0.991	F	Fethiye-Akgöl, Turkey
	0.135	3.00	0.919	M	
	0.133	3.27	0.988	F+M	
	0.123	3.30	0.987	F	Dalaman, Turkey
	0.118	2.67	0.812	M	
	0.126	3.27	0.982	F+M	
İlhan and Sarı, 2015	0.130	3.30	0.987	F	Ortaca, Turkey
	0.161	2.67	0.812	M	
	0.132	3.26	0.794	F+M	
Bounaceur, 1997	0.0145	2.94	0.818	F+M	Lac Marmara, Anatolia, Turkey
	20.8×10 <sup>-3</sup>	3.20	0.995	F+M	Lac Tonga, Algérie
	20.1×10 <sup>-3</sup>	3.17	0.996	F+M	Lac Oubeira, Algérie
Andreu Soler et al., 2006	32.6×10 <sup>-3</sup>	3.19	0.994	F+M	Oued Bouarroug, Algérie
	0.0052	3.59	0.938	mixte	Rivière Segura Basin (Spain)
Esmaeli and Ebrahimi, 2006	0.0114	3.04	0.936	F+M	Eaux douce, Iran
Sellaoui & Bounaceur, 2020 (Présente étude)	3.6174e <sup>-006</sup>	3.32	0.986	F	Oued Sebaine, Tiaret
	1.6503e <sup>-005</sup>	2.81	0.9251	M	
	7.0568e <sup>-006</sup>	3.04	0.963	F	Petit barrage abadla, Bechar
	1.2539e <sup>-005</sup>	2.84	0.952	M	
	9.3040e <sup>-006</sup>	3.07	0.897	F	Foggara Timimoune
	1.8198e <sup>-005</sup>	2.82	0.906	M	
	5.0600e <sup>-006</sup>	3.19	0.980	F	Barrage Fontaine de Gazelle, Biskra
	1.0463e <sup>-005</sup>	3.00	0.9280	M	

Les paramètres de croissance de Von Bertalanffy diffèrent considérablement entre les sexes, avec des valeurs plus élevées de la longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ), des femelles que les mâles. Les paramètres de croissance ( $L_{\infty}$ ,  $t_0$  et  $k$ ) ont été comparés à d'autres études, Beaudouin et *al.* (2008), estiment la valeur de  $L_{\infty}$  = 5.77 cm, pour les femelles et  $L_{\infty}$  = 2.50 cm pour les mâles d'eau douce de Brittany, la longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) est à peu près similaire (Tab.27) aux études menées dans les régions d'Espagne particulièrement à Fluvia et à Ebro (Carmona- catot et *al.*, 2014). Cependant, les valeurs  $L_{\infty}$  inférieures à celles rapportées provenaient de Vistre, Orb et Bordigou en France, et Ter, Algar, Segura en Espagne (Carmona-catot et *al.*, 2014).

D'après Sarda (2003), l'existence d'un phénomène d'accélération et de déblocage liés à l'activité reproductrice des femelles pourrait être à l'origine de cette différence. Par ailleurs, l'indice de performance  $\Phi'$  (Tab.27) montre une forte similitude entre les deux sexes, ces valeurs sont similaires à celles observées en France, en Espagne (Carmona-catot et *al.*, 2014) et à Hawaï (Stearns, 1983).

Selon Da Silva et *al.* (2020), les paramètres ( $L_{\infty}$  et  $k$ ) s'appliquent à l'évaluation de la croissance, des caractéristiques dynamiques des populations et de la biomasse de poisson.

**Table 27 :** Paramètres de croissance de Von Bertalanffy de *G. affinis* dans différents régions du monde.

Sites		$L_{\infty}$ (mm)	K(mm/ye ar)	$\Phi'$	Sexe	Auteur
France	Vistre	78.33	0.25	3.19	♀	Carmona-catot et <i>al.</i> , 2014
	Orb	35.81	2.05	3.42	♀	
	Bordigou	43.35	1.00	3.27	♀	
Spain	Fluvia	46.06	1.04	3.34	♀	Carmona-catot et <i>al.</i> , 2014
	Ter	31.43	2.79	3.44	♀	
	Ebro	47.43	0.91	3.31	♀	
	Algar	41.71	1.28	3.35	♀	
	Segura	34.67	2.74	3.52	♀	
Hawaii	kay	20.51	1.99	2.92	♂	Stearns, 1983
	twin	60.91	0.53	3.29	♂	

**IV. Conclusion**

Les données sur la croissance des poissons sont indispensables pour constituer une base de connaissance des traits de l'histoire de la vie des espèces.

La longueur asymptotique des femelles est supérieure à celle des mâles. La relation taille-poids est caractéristique d'une espèce et dépend d'un ensemble de facteurs tels que la nourriture, l'état de la maturité sexuelle...etc. Cette relation donne des résultats plus fiables lorsque le nombre d'individus est grand et lorsque l'échantillon couvre toutes les tailles, il est à noter que nous avons enregistré différents types de croissance notamment : isométrie, allométrie majorante et minorante et ce chez les deux sexes de *Gambusia affinis* et dans les quatre régions d'études du pays.

---

## Chapitre V : Régime Alimentaire

---

## Introduction

La connaissance de l'alimentation d'un poisson en milieu naturel est une étape indispensable à la compréhension de sa biologie et de son écologie (Rosecchi et Nouaze, 1987), puisque la qualité et la quantité de nourriture du poisson doit ainsi affectant directement tous les besoins pour sa croissance et, indirectement sa reproduction, et ses différentes activités de survie au sein du biotope où il évolue, et permet de connaître la place des poissons dans les réseaux trophiques pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Wootton, 1990).

*Gambusia affinis* est un poisson qui puise souvent la nourriture nécessaire à la surface de l'eau ou à proximité (Lewis, 1970), est un prédateur de larves de moustique, son régime comporte des petits crustacés, du zooplancton, divers mollusques et arthropodes aquatiques (Fraval, 2002), l'impact de ces poissons exotiques sur les écosystèmes a été relativement négligé (Hulbert *et al.*, 1972; Hulbert et Mulla, 1981).

Dans ce chapitre nous avons déterminé la composition du régime alimentaire de *G. affinis* au cours d'un cycle annuel, par le classement des proies en fonction de leur valeur indicielle, afin de séparer les proies principales des autres, ce qui permet de déterminer le spectre alimentaire de ce poisson, ce qui pourrait expliquer les variations de sa croissance et l'influence qui pourrait exister sur sa reproduction (Stergiou et Kapouzi, 2002), et d'étudier la position trophique à travers l'interaction existant entre les différents maillons.

## I. Matériels et Méthodes

### I.1. Protocole expérimental

L'échantillonnage a été conduit dans la région de Oued Sebaine, à Tiaret, de manière régulière pour une période de 12 mois allant de mars 2017 à février 2018, à l'aide d'une épuisette, nos échantillons ont été conservés dans une solution de formol à 4 % pour être envoyés au laboratoire, aucune régurgitation n'a été observée.

#### I.1.1. Prélèvement du tube digestif.

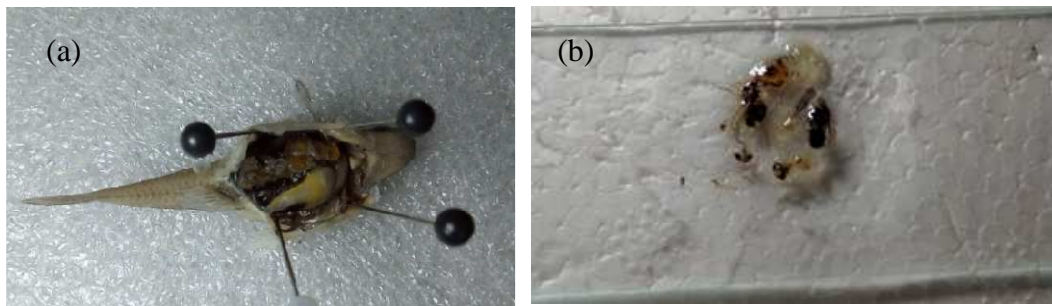
##### a. Dissection

Le poisson est placé sur un petit polystyrène et fixé dorsalement par des pinces au niveau de l'orifice buccal et de la nageoire caudale, à l'aide d'un bistouri, nous procédons à l'incision depuis l'orifice uro-génital jusqu'aux opercules (Fig.40a) puis nous écartons le tégument recouvrant la cavité générale, ensuite nous coupons le tube digestif depuis le début de l'œsophage jusqu'à l'orifice anal.



### b. Examen des contenus intestinaux

Chaque tube digestif est ouvert par incision longitudinale au-dessus d'une boîte de Pétri. Le contenu intestinal est prélevé, déposé et étalé sur une lame en verre (Fig.40b). On y ajoute deux gouttes de glycérine; le contenu digestif est recouvert d'une lamelle, le pourtour de celle-ci est entouré de vernis à ongles, chaque lame est munie d'une étiquette, où l'on note la date de capture, le site de prélèvement, le sexe et la longueur totale ( $L_T$ ).



**Figure 40** : Dissection de *Gambusia* (a), l'étalement de contenu intestinal pour observation microscopique (b) (Photos Sellaoui, 2018).

#### I.1.2. Détermination et analyse des différentes proies ingérées.

Pour chaque tube digestif; nous avons déterminé les proies, qu'il contenait les analyses ont porté sur l'ensemble du tube digestif; de l'œsophage jusqu'à la partie anale (Hynes, 1950; Hyslop, 1980; Albertine-Berhaut, 1973; Linfield, 1980) et non pas uniquement sur le premier tiers du tube comme le suggèrent certains auteurs (Ponton & Gerdeaux, 1988) en raison de la digestion moins avancée dans cette partie.

Pour chaque tube digestif, la détermination des proies est effectuée jusqu'au niveau taxonomique le plus précis possible à l'aide des clés de déterminations et des guides (Engelhardt, 1998; Tachet, 2000; Bouchard, 2004 ; Moisan, 2010).

Certaines proies sont présentes sous forme de fragments (pattes élytres), d'autres ont tendance à se fragmenter au cours de leur digestion (Crustacés). Dans ces deux cas, la numération est basée sur certaines parties du corps facilement identifiables (ailes appendices anaux, post-abdomen, labium etc...), dans le cas de portion céphalique, la numération des individus s'est effectuée en divisant le nombre des yeux par deux (Bounaceur, 1997).

Les phytoplanctons ou les algues et végétaux, sont considérés comme proie unique quelque soit l'abondance des fragments trouvés dans le tube digestif (Rouag-Laouira, 2012).

Les nématodes, sont des vers allongés et cylindriques ou aplatis avec une trompe épaisse, leur nombre tient compte de la présence de cette trompe. Tous les éléments non reconnaissables, ont été rassemblés dans un groupe nommé "Divers" ou bien indéterminés.

## **I.2. Méthodes appliquées à l'étude du régime alimentaire**

Les méthodes de traitement du régime alimentaire des poissons ont fait l'objet de nombreux travaux; elles varient selon les objectifs à atteindre. Les techniques traditionnelles font appel au comptage du nombre d'individus par type de proies, au poids (ou volume) et aux occurrences (indices ou fréquences).

### **I.2.1. L'analyse qualitative**

Pour présenter une liste aussi complète que possible des différentes proies consommées, cette analyse consiste à déterminer la richesse spécifique (RS) ou nombre d'espèces présentes dans le tube digestif (Ramade, 1984).

### **I.2.2. L'analyse quantitative**

L'analyse quantitative permet de mettre en évidence, le coefficient de vacuité et la fréquence (F%) des proies dans les tubes digestif, et de préciser l'importance relative des différentes proies, d'évaluer la capacité nutritionnelle de l'espèce et de mettre en évidence les variations éventuelles du régime alimentaire en fonction de la taille des poissons et de la saison (Quiniou, 1978, *in* Bounaceur, 1997).

Pour identifier de manière plus précise les différents régimes alimentaires et leurs variations, nous avons utilisé la méthode numérique mixte qui est qualitative et quantitative de Hureau ; 1970, par l'utilisation d'un certain nombre de coefficients et des indices alimentaires ont servi à exprimer les résultats :

#### **I.2.2.1. Indice de rythmicité alimentaire**

Le coefficient de vacuité alimentaire est calculé selon la formule proposée par Hureau (1970), il exprime le pourcentage d'estomacs ou des tubes digestifs vides (Nev) par rapport au nombre total de tubes digestifs étudiés (Ne), ce coefficient permet d'apprécier l'intensité trophique de ce prédateur, ses variations ont été recherchées en fonction des saisons, du sexe (Rosecchi et Nouaze, 1987 ; El Bakali, *et al.*, 2010).

$$Cv = \frac{Nev}{Ne} \times 100$$

### I.2.2.2. Indice de fréquence d'une proie (F)

C'est le rapport exprimé en pourcentage, entre le nombre de poissons dont l'estomac contient une proie déterminée ( $i$ ) et le nombre total d'estomac pleins examinés ( $N_p$ ) (El Bakali, et *al.*, 2010).

$$F = \frac{N_i}{N_p}$$

La somme des fréquences des différentes proies est en général supérieure à 100 car plusieurs types d'organismes peuvent se trouver simultanément dans le même estomac. Il ya trois catégories de proies sont distinguées, les proies préférentielles ( $F > 50\%$ ), les proies secondaires ( $10\% < F < 50\%$ ), et les proies accidentelles ( $F < 10\%$ ). Cet indice indique l'importance d'une proie donnée par rapport aux estomacs examinés et permet de connaître les différences alimentaires de l'espèce étudiée (Hureau, 1970)

### I.2.2.3. Indice de fréquence Corrigé d'une proie (Fc)

L'indice de fréquence (ou pourcentage d'occurrence) corrigé ( $F_c$ ) selon Rosecchi et Nouaze (1987), Young et al. (1997) et Gray et *al.* (1997).

$$F_c = \frac{F_i}{\sum F_i} \times 100$$

Avec  $F_i$  : est l'indice de fréquence d'une proie  $i$ .

### I.2.2.4. Pourcentage en nombre d'une proie (Cn %)

Pourcentage en nombre d'une espèce proies : c'est le rapport entre le nombre d'individus d'une proie déterminée et le nombre total des diverses proies ingérées, exprimé en pourcentage. Le pourcentage en nombre ( $C_n$ ) mesure l'importance des différentes proies (El Bakali, et *al.*, 2010).

$$C_n\% = \frac{N_i}{N_{ti}}$$

D'après leur pourcentage en nombre  $C_n$ , les types de proies ont été classés en quatre catégories.

- ▶  $C_n > 50\%$ , proies préférentielles qui sont à la base du régime.
- ▶  $10\% < C_n < 50\%$ , proies secondaires qui constituent la nourriture d'appoint.
- ▶  $1\% < C_n < 10\%$ , proies complémentaires.
- ▶  $C_n < 1\%$ , proies accidentelles.

Hureau (1970), a classé les différents groupes de proies composant le régime alimentaire du poisson en trois catégories d'après leur fréquence F. Pour notre part, nous retiendrons cette façon de voir en répartissant nos proies en trois catégories d'après la valeur de l'indice F.

### I.3. Classification des proies selon la Méthode de l'Hureau (1970)

**Tableau 28** : Classification des proies selon le Cn % et Fc %.

<b>Cn%</b>	<b>Fc%</b>	<b>Catégorie de la proie</b>
Cn % > 50% : <b>proies Principale</b>	Fc % > 30 % : Préférentiels	Principale Préférentiels
	Fc % < 30 % : Occasionnels	Principale Occasionnels
10 % < Cn % < 50 % : <b>proies Secondaires</b>	Fc % > 10 % : Fréquente	Secondaires Fréquente
	Fc % < 10% : Accessoire	Secondaires Accessoire
1 % < Cn% < 10 % : <b>Proie complémentaires</b>	Fc % > 10% : 1er ordre	Complémentaires 1er ordre
	Fc % < 10% : 2eme ordre	Complémentaires 2eme ordre
Cn% < 1 % : <b>proies accidentelles</b>	proies Accidentelles	Accidentelles

### I.4. Indices écologiques de diversité des peuplements

#### I.4.1. Richesse totale

La diversité des peuplements vivants s'exprime généralement par la richesse spécifique totale (S) est le nombre d'espèces contractées au moins une seule fois au terme de N relevés effectués. L'adéquation de ce paramètre à la richesse réelle est bien entendu d'autant meilleure que le nombre de relevés est plus grand (Blondel, 1975).

#### I.4.2. Richesse spécifique moyenne

La richesse spécifique moyenne (Sm) est utile dans l'étude de la structure des peuplements, elle est calculée par le nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon (Ramade, 1984):  $S_m = \text{nombre total des espèces recensé lors de chaque relevé} / \text{nombre de relevé réalisés}$ .

#### I.4.3. Indices de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver, permet d'évaluer la diversité réelle d'un peuplement dans un biotope (dans notre cas, la diversité des proies). Sa valeur varie de 0 (une seule espèce) à  $\log_2 S$  (lorsque toutes les espèces ont la même abondance), S étant la richesse spécifique. Cet

indice est calculé à partir de la formule suivante (Blondel et *al.*, 1975; Dajoz, 1985 ; Magurran, 1988).

$$H' = -\sum(p_i \times \log_2 p_i)$$

$$\log_2 p_i = \frac{\ln 2(p_i)}{\ln 2} \text{ et } p_i = \frac{n_i}{N}$$

où

$H'$ : indice de diversité de Shannon-Weaver exprimé en bits ;

$P_i$ : la probabilité de rencontrer l'espèce  $i$  ; représente le nombre d'individus de l'espèce  $i$  par rapport au nombre total d'individus recensés ( $N$ )

$n_i$ : le nombre d'individus de l'espèce  $i$  ;

Selon Dajoz (1984), cet indice est indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de la distribution. Lorsque :

- ▶  $H' = 0$  : tous les individus appartiennent à la même espèce.
- ▶  $H' < 1,5$  : le peuplement étudié est peu diversifié.
- ▶  $H' > 1,5$  : le peuplement étudié est diversifié.

#### I.4.4. Indice de diversité maximale

La diversité maximale  $H'_{\max}$ , correspond à la valeur la plus élevée possible du peuplement (Muller, 1985) qui est représentée par la formule suivante:

$$H'_{\max} = \log_2 S$$

$H'_{\max} = \log_2 S$

$S$ : est le nombre total des espèces présentes

#### I.4.5. Indice d'équitabilité

Selon Blondel (1979), l'indice d'équitabilité correspond au rapport de la diversité observée ( $H'$ ) à la diversité maximale ( $H'_{\max}$ ) selon la formule suivant :

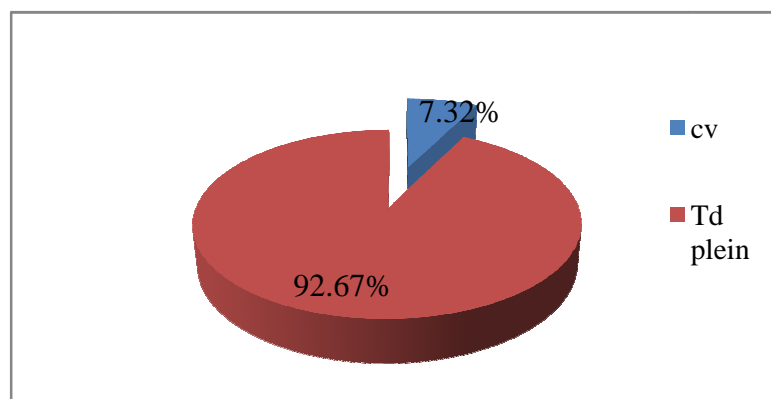
$$E = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Les valeurs de l'équitabilité ( $E$ ) varient entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand quasi-totalité des effectifs appartient à une seule espèce, par contre elle se rapproche de 1 lorsque chaque espèce est représentée par la même abondance (Ramade, 1984).  $E$ : Indice d'équitabilité,  $H'$ : Diversité observée,  $H'_{\max}$ : Diversité maximale exprimée en bits.

## II. RESULTATS

### II.1. Coefficient de vacuité et composition du régime alimentaire

Cette étude a porté sur 435 tubes digestifs examinés, au cours de la période d'échantillonnage, 32 tubes digestifs sont vides, le CV % moyen enregistré est de l'ordre de 7.32 % vers 92.67 % pleines (Fig.41), ce pourcentage varie constamment au cours de la période d'étude (mois et saisons) en fonction de la taille.



**Figure 41:** Coefficient de vacuité chez *Gambusia affinis* enregistré au cours d'un cycle annuel à l'Oued Sebaine à Tiaret

#### II.1.1. Variations mensuelles du coefficient de vacuité

La figure 42, illustre les variations mensuelles du coefficient de vacuité chez les mâles et les femelles de *G. affinis*, des valeurs maximales sont signalés chez les mâles au mois de novembre, et chez les femelles au mois de décembre (CV % 12.28 %) et avril (14.28 %) ; toutefois les valeurs minimales (0 %) ont été relevés au cours de saison estivale (juillet et Aout) et le début d'automne (septembre) et printemps (mars et mai) pour les deux sexes.

#### II.1.2. Variations de la vacuité en fonction des saisons

La figure 44, montre des fluctuations saisonnières significatives du coefficient de vacuité, des valeurs minimales sont signalés en période hivernale chez les femelles soit (CV% 6.20%), cette dernière à tendance à être nulle chez les mâles en période estivale, en revanche des valeurs maximales sont enregistrés en saison automnale soit (CV% 10.16%) et ce pour tous sexes confondus.

#### II.1.3. Variations du coefficient de vacuité en fonction de la taille

Les variations du CV% en fonction des classes de tailles sont très claires d'une classe de taille à une autre pour les deux sexes, ce coefficient de vacuité (Fig.43) présente une valeur

nulle enregistrée à une taille comprise entre 35.51 et 41.01 mm, et au delà de cette taille ce coefficient a tendance à devenir moins important par rapport aux classes de tailles précédentes, avec une valeur maximale de (CV % est 46.87 %) à une classe de taille entre 24.51 et 30.01 mm.

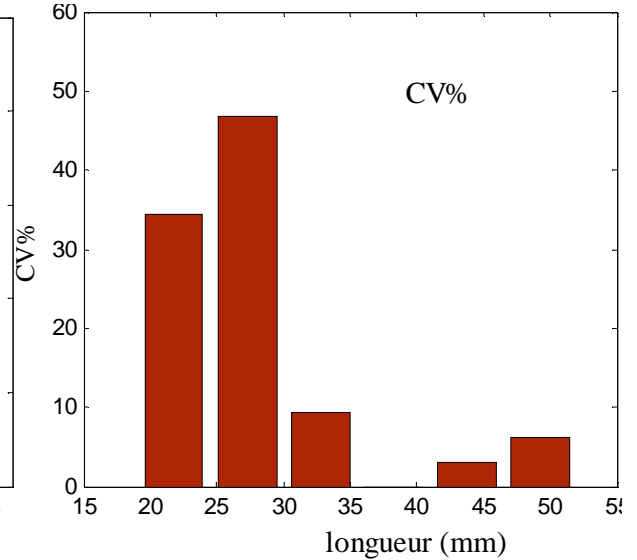
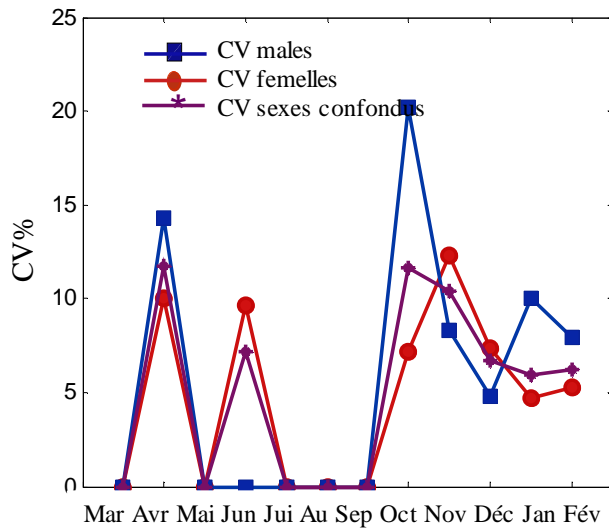
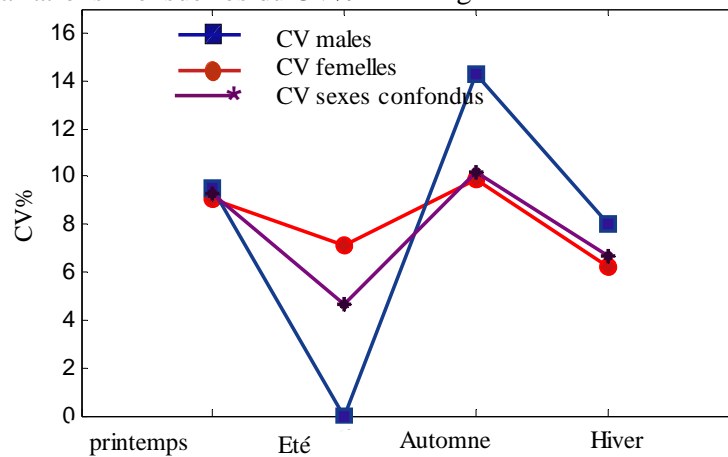


Figure 42 : Variations mensuelles du CV%

Figure 43: variation de CV% en fonction taille



**Figure 44 :** Variations du CV% chez *Gambusia affinis* en fonction des saisons dans la région de Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018

## II.2. Analyses globales du régime alimentaire

### II.2.1. Analyse qualitative

Cette étude basée sur l'examen et analyse des contenus stomacaux de *Gambusia affinis* à pour objectifs (i) de déterminer la variabilité du régime alimentaire de la *Gambusie* en fonction de sa taille. (ii) de mettre en évidence les variations saisonnières dans l'alimentation

de cette espèce (iii) et d'évaluer le régime alimentaire en fonction des sexes des spécimens capturés.

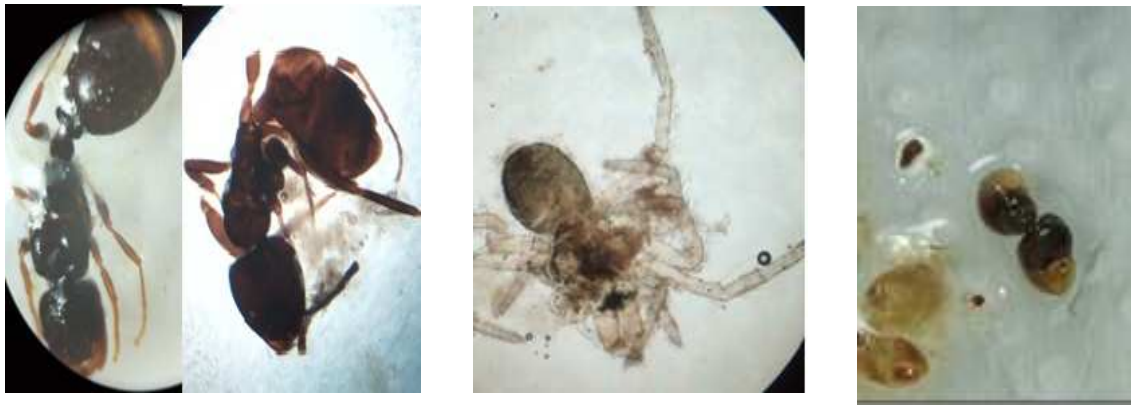
Les proies ingérées par cette espèce (Fig.45) appartiennent à 5 embranchements dont ; 4 appartenant au règne animal (Chordés, Mollusques, Arthropodes, Nématodes) et un seul au règne végétal (algue). Au total, 16 taxons entrent dans la composition de l'alimentation de *G. affinis* (Tab.29) dont : 4 Crustacés (Cladocères, Copépodes, ostracodes et amphipodes), 7 Arthropodes dont les 6 Insectes (Diptères, Hyménoptères, Collemboles, Hémiptères, Odonates, Coléoptères), un Aranéides, un Chordés (Poisson), des Nématodes, des Phytoplanctons tel que les Algues, chez les spécimens examinés en été (Aout), on constate la présence d'un substrat terreux ainsi que des traces d'hydrocarbures (huiles) (Annexe).

La détermination des contenus de tube digestifs a permis de dresser la liste des différentes proies ingérées par l'espèce *G. affinis*

**Tableau 29** : Proies ingérées par *G. affinis* à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018

<b>Embranchement</b>	<b>Classes</b>	<b>Ordres</b>
	Crustacés	Amphipodes
		Copépodes
		Ostracodes
		Cladocères
<b>Arthropodes</b>	Insectes	Diptères
		Coléoptères
		Hyménoptères
		Collemboles
		Hémiptères
		Odonates
	Arachnides	Aranéides
<b>Mollusques</b>	Gastéropodes	
<b>Poissons</b>	Indéterminés	

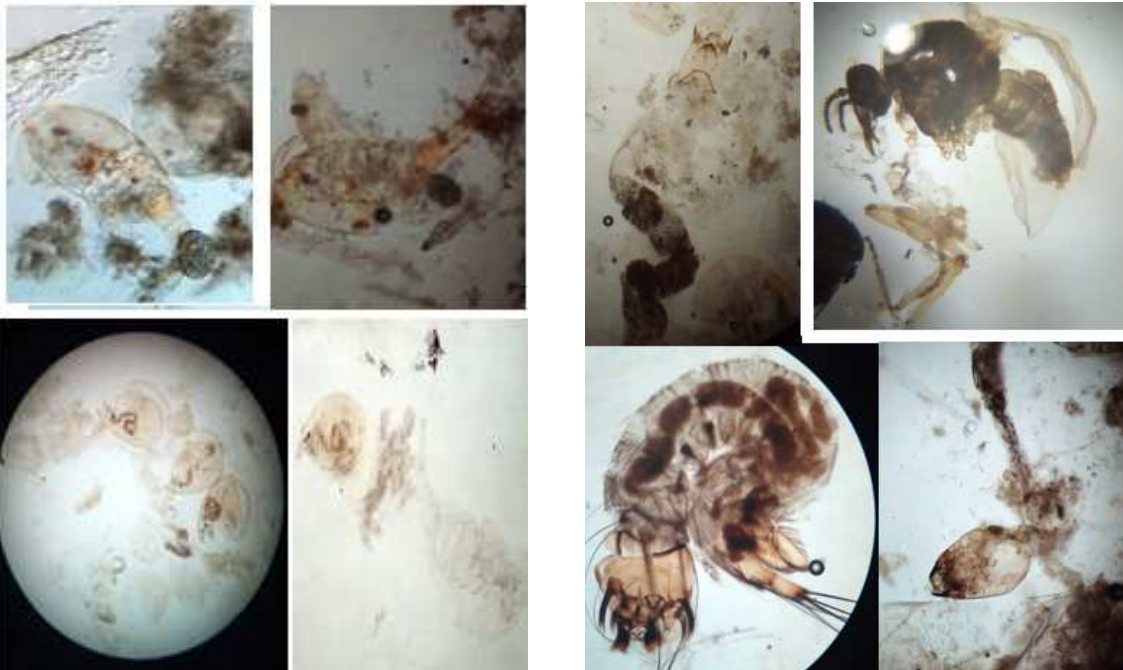




Hyménoptères

Araignés

Gastéropodes



Crustacés

Laves et adultes des diptères

**Figure 45 :** Illustration de différentes proies ingérées retrouvés dans les tubes digestifs de *G. affinis* dans la région d'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018 (Photos Sellaoui, 2018).

### II.2.2. Analyse globale du régime alimentaire de *G. affinis*

Un total de 435 tubes de *G. affinis* ont subi une analyse du contenu digestif, dans ces dernières nous avons identifié 2238 appartenant à Cinq groupes zoologiques : Zooplancton (crustacés), Insectes, Nématodes, Arachnides, Mollusques, Poisson et Algues (Tab.30).

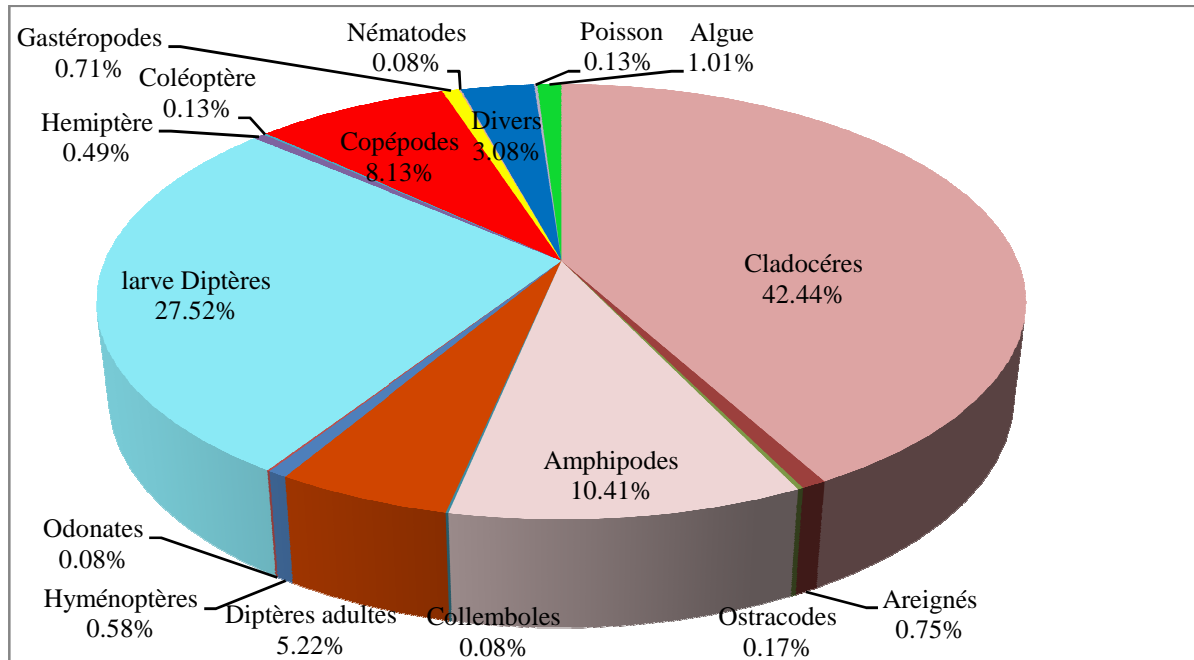
**Tableau 30** : Composition qualitative et quantitative du régime alimentaire de *G. affinis* à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018

Proies	Nombre de proies	Nombre d'intestins examinés	Fréquence F	Pourcentage en nombre Cn
<b>Zooplankton</b>				
Cladocères	950	202	46.54	42.44
Copépodes	182	61	14.05	8.13
Ostracodes	4	2	0.46	0.17
Amphipodes	233	131	30.18	10.41
<b>Insectes</b>				
Larves de Diptères	616	241	55.52	27.52
Diptères adultes	117	112	25.80	5.22
Hémiptères	11	10	2.30	0.49
Hyménoptères (Formicidae)	13	10	2.30	0.58
Coléoptères	3	3	0.69	0.13
Collemboles	2	2	0.46	0.08
Odonates	2	2	0.46	0.08
Insectes indéterminés	69	66	15.20	3.08
Nématodes	2	2	0.46	0.08
<b>Arachnides</b>				
Araignées	17	17	3.91	0.75
<b>Mollusques</b>				
Gastéropodes	16	7	1.61	0.71
<b>Larve de poisson</b>	3	3	0.69	0.13
<b>Phytoplankton (Algue)</b>	23	23	5.29	1.01
Huiles		14	3.22	
Substrat terreux		2	0.46	

Selon la figure 46, le spectre alimentaire général de *G. affinis* est composé principalement de zooplankton Cladocères, ces derniers représentent la principale source de nourriture, soit 42.44 % de la composition totale du spectre alimentaire. Suivi de larves de Diptères, occupent la deuxième place dans le régime alimentaire avec une importance numérique (Cn) de 27.52 %.

Quant aux autres proies (Copépodes, Amphipodes, Diptères Adultes et insectes indéterminés) sont considérées comme des proies complémentaires. En effet le reste des proies tel que les Ostracodes, les Collemboles, les Coléoptères, les Hyménoptères, les Hémiptères, les Odonates, les Araignées, les Gastéropodes et les larves de Poisson, présentent une

fréquence inférieure à 1 alors, et sont classées comme proies accidentelles. La présence de phytoplancton tel que les Algues dans la composition du régime alimentaire de *G. affinis* est de 1.01 %, représenté comme des proies complémentaires.



**Figure 46 :** Composition globale du régime alimentaire de *Gambusia affinis* à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018

## II.3. Variations du régime alimentaire

### II.3.1. Variations saisonnières

Les variations saisonnières du régime alimentaire de *Gambusia affinis* (Fig.47) à Oued Sebaine, montre une richesse taxonomique diversifiée. Il a été rapporté 9 proies ingérées en hiver et 8 en printemps, ces dernières restent nettement inférieures que celles enregistrées lors des périodes estivales (14) et automnales (10). Toutefois, les crustacés, sont toujours les proies dominantes et ce quelque soit la saison considérée.

Le régime alimentaire de *Gambusia affinis* maintient l'ordre des préférences des proies, mais le changement des fréquences et catégories dans la répartition d'une saison à l'autre devient très clairs.

#### II.3.1.1. En hiver

La Figure 47, illustre que les Cladocères constituent une proie préférentielle, par excellence pendant cette période avec une fréquence de 56,37%, les larves de Diptères, les Copépodes et Amphipodes constituent les proies secondaires, les proies complémentaires sont

constituées de Diptères adultes, les Hyménoptères tel que les fourmis, les Collemboles et les Araignes représentent les proies accidentelles.

#### **II.3.1.2. Au printemps**

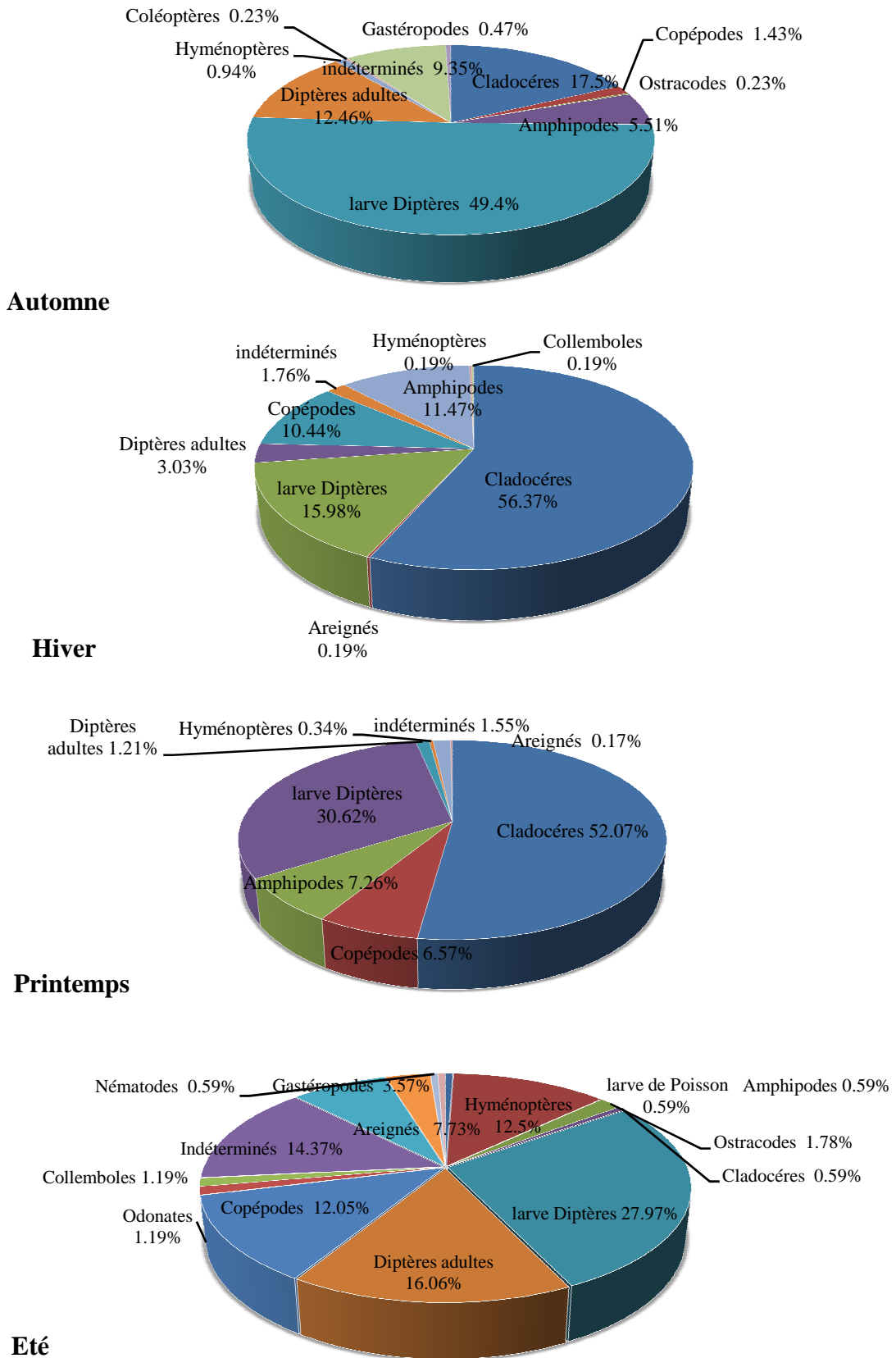
Au printemps, les crustacés sont des proies préférentielles représentés essentiellement par les Cladocères (Fig.47) avec une fréquence de l'ordre 52,07%, les larves de Diptères, les Amphipodes et les Copépodes sont considérés comme des proies secondaires, alors que les proies accidentelles représentent les Diptères adultes, Hyménoptères Araignées et les insectes indéterminés.

#### **II.3.1.3. En automne**

Le régime alimentaire automnale ne contient pas de proies principales, le poisson se préfère se nourrir de larves de Diptères soit une fréquence de l'ordre de 49,4 % mais restent classés comme des proies secondaires, suivi par la prédation des Cladocères (17,5 %), des Copépodes, des Amphipodes et des Diptères adultes avec (12.46 %). Les Hyménoptères et la catégorie des indéterminés, ces deux derniers constituent des proies complémentaires ; quant aux reste, ils constituent les proies accidentelles (Fig.47).

#### **II.3.1.4. En été**

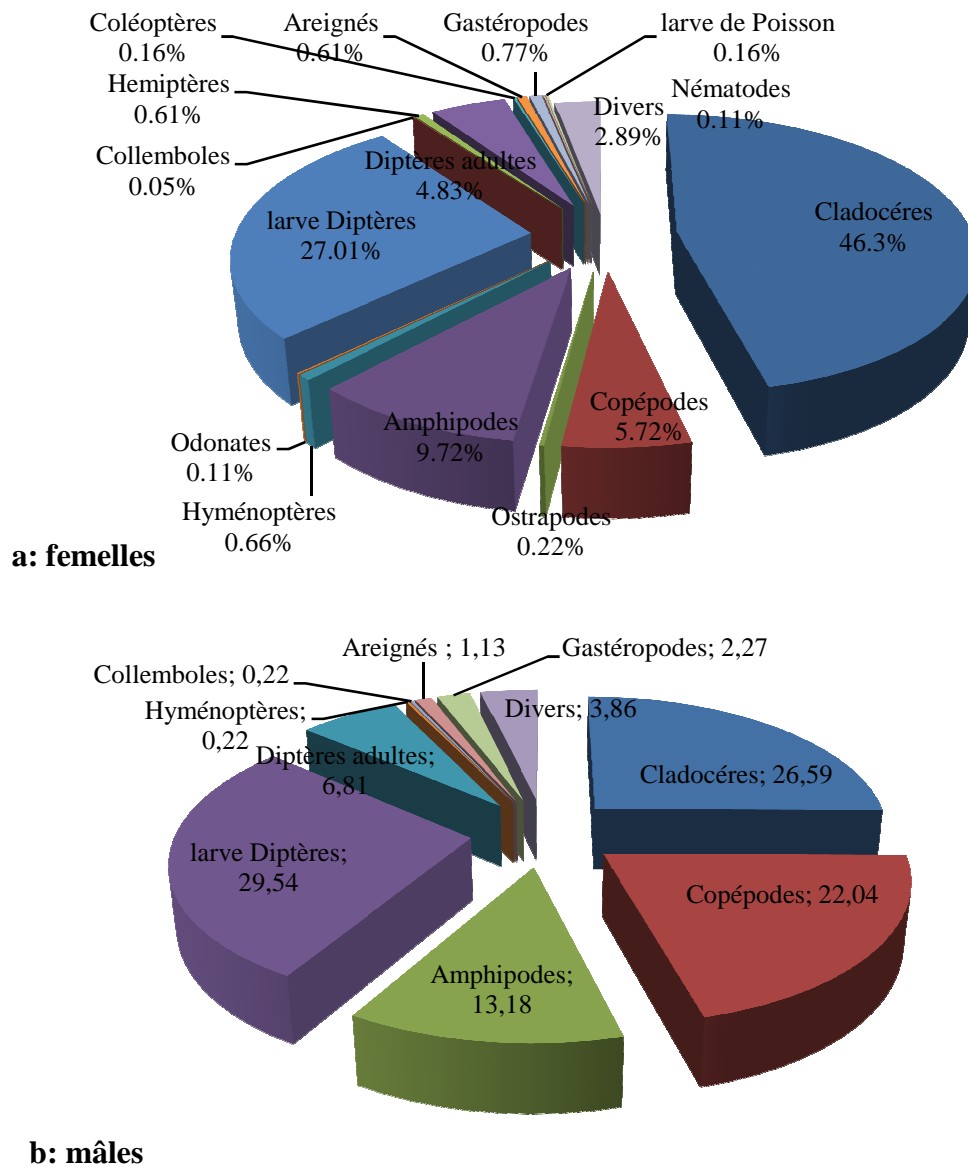
Le régime alimentaire de *G affinis* dans cette période est plus varié et diversifié (Fig.47), mais ne présente aucune fréquence supérieure à 50%, les larves de Diptères, les Amphipodes, les Copépodes, les Hyménoptères participent comme proies secondaires, les Hyménoptères représentés par les fourmis couvre 12,5%. Les Ostracodes, les Amphipodes, les Odonates, les Collemboles et les Gastéropodes sont considérés en tant que proies complémentaires. Les faibles fréquences des Cladocères, les Amphipodes, les Nématodes et les larves de Poisson permettent de les classer comme proies accidentelles.



**Figure 47 :** Composition du régime alimentaire saisonnier de *Gambusia affinis* d’Oued Sebaine (Tiaret) entre 2017 et 2018

### II.3.2. Variations des fréquences de proies en fonction de sexes

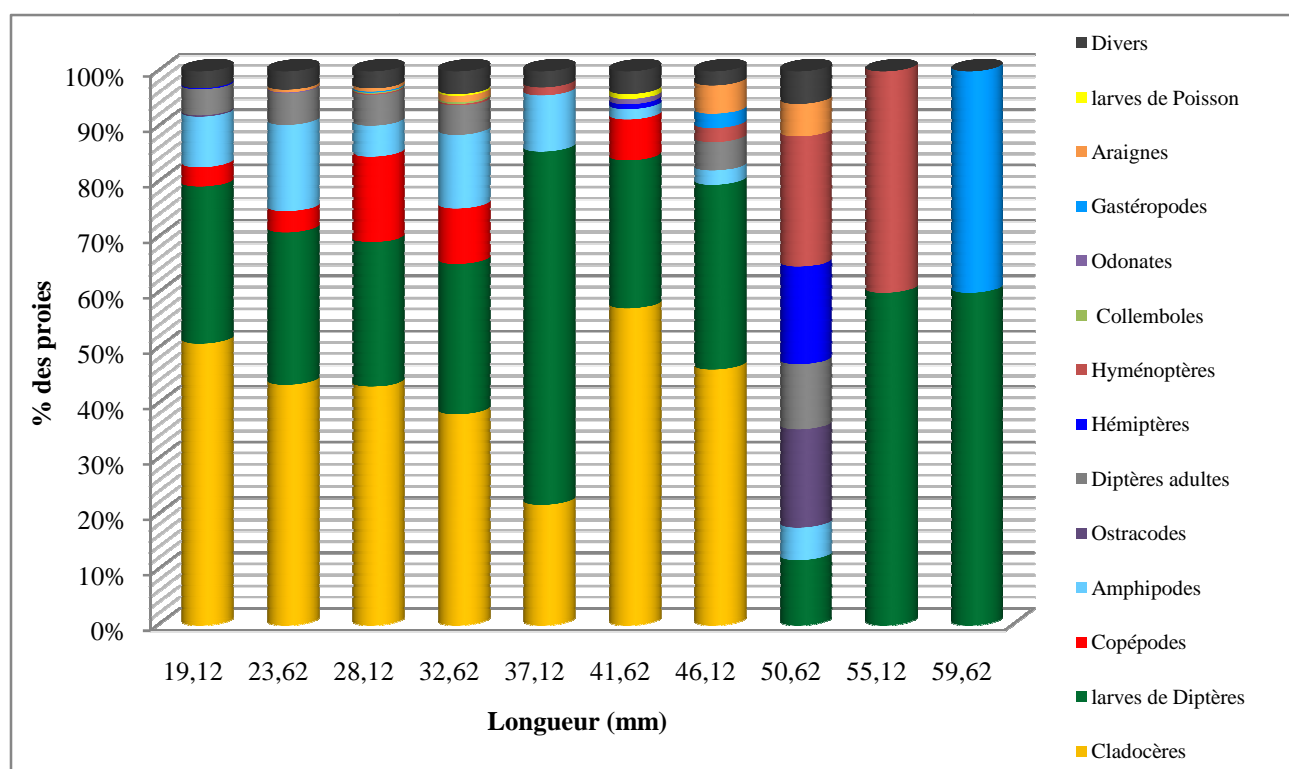
La figure 48, illustre clairement que les proies les plus fréquentes chez les deux sexes sont le zooplancton représenté par le groupe des Cladocères et les larves de diptères. Chez les femelles les Cladocères occupent une part importante et constitue de ce fait une proie secondaire fréquente, alors que chez les mâles, les larves de diptères, les Cladocères, les Copépodes et les Amphipodes, sont présents comme proies secondaires fréquentes, les Diptères adultes sont présents comme proies complémentaires, le reste de proies constituent les proies accidentelles. Comparée aux mâles, chez les femelles, la richesse taxonomique est plus riche (16) contre (10).



**Figure 48 :** Variations des fréquences des proies ingérées chez les femelles (a), et chez les mâles (b) de *Gambusia affinis* à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018.

### II.3.3. Variations des fréquences de proies en fonction de la taille

La figure 49 montre que *G. affinis* se nourrit principalement de Zooplancton du fait que son micro-habitat est lié à la surface de l'eau, principalement les Cladocères et les larves de Diptères constituent la catégories des proies les plus ingérées, et représentent une source d'alimentation importante et supplémentaire chez les différentes classes de taille, les mêmes observations sont portés en faveur des Gastéropodes et des Hyménoptères (fourmis), présents dans le contenu stomacal de façon non négligeable, notamment chez les spécimens de tailles supérieures (55.12 et 59.62 mm). Dans les classes de tailles comprises entre (19.2 < Lt < 32.62 mm), les cladocères et les larves de diptères constituent les proies secondaires. Chez le groupe dont le classe de taille (L = 37.12 mm), les larves de Diptères constituent les proies préférentiels, les Cladocères sont les proies secondaires, alors que chez les classes de taille ou L = 41.62 mm, les Cladocères sont des proies préférentielles et les larves de Diptères secondaire, pour les classes de tailles (L = 46.12mm), ces deux proies sont secondaires, pour les classes de tailles (50.62 < Lt < 59.12 mm) les Cladocères sont absentes, les larves de Diptères, les Ostracodes, les Diptères adultes, les Hémiptères, les Hyménoptères sont des proies secondaires pour la classes de tailles(Lt > 55.12 mm), les larves de Diptères sont préférentielles et les Hyménoptères et les Gastéropodes sont secondaires.



**Figure 49** :Variations du spectre alimentaire de *G. affinis* en fonction de classes de taille à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018

## II.4. Classification

### II.4.1. Classification globale

**Tableau 31** : Catégories de proies ingérées par *G. affinis* à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018.

Proies	Catégories
Cladocères	Secondaires Fréquente
Copépodes	Complémentaires 1er ordre
Ostracodes	Accidentelles
Amphipodes	Secondaires Fréquente
Larves de Diptères	Secondaires Fréquente
Diptères adultes	Complémentaires 1er ordre
Hyménoptères	Accidentelles
Odonates	Accidentelles
Collemboles	Accidentelles
Hémiptères	Accidentelles
Coléoptères	Accidentelles
Divers	Complémentaires 1er ordre
Araignées	Accidentelles
Gastéropodes	Accidentelles
Nématodes	Accidentelles
alevins de Poisson	Accidentelles
Algue	Complémentaires 2eme ordre

### II.4.2. Classification selon les sexes

**Tableau 32** : Catégories des proies ingéré par *G. affinis*

Proies	Catégories	
	Femelles	Mâles
Cladocères	Secondaires Fréquente	Secondaires Fréquente
Copépodes	Complémentaires 2er Ordre	Secondaires Fréquente
Ostracodes	accidentelles	/
Amphipodes	Complémentaires 1er Ordre	Secondaires Fréquente
Larves de Diptères	Secondaires Fréquente	Secondaires Fréquente
Diptères adultes	Complémentaires 1er Ordre	Complémentaires 1er Ordre
Hyménoptères	accidentelles	Accidentelles
Odonates	accidentelles	/
Collemboles	accidentelles	Accidentelles
Hémiptères	accidentelles	/
Coléoptères	accidentelles	/
Indéterminés	Complémentaires 2er Ordre	Complémentaires 2eme ordre
Araignes	accidentelles	Complémentaires 2eme ordre
Gastéropodes	accidentelles	Complémentaires 2eme ordre
Nématodes	accidentelles	/
Alevins de Poissons	accidentelles	/



## II.5. Diversités trophique et Equitabilité du régime alimentaire au cours d'un cycle annuel

### II.5.1. Diversité trophique

La diversité ( $H'$ ) permet d'aborder les problèmes des stratégies alimentaires développées chez *Gambusia affinis*, Selon le tableau 33, le régime alimentaire de *G. affinis* est relativement hétérogène.

La diversité ( $H'$ ) varie considérablement en fonction des saisons, elle varie de 1.75 à 2.97 bits la valeur la plus faible est de 1.75 bits en hiver la diversité atteint son maximum en été ( $H' = 2.97$ ), selon Frontier (1983), l'augmentation de cet indice est probablement la conséquence d'une abondance alimentaire pendant ses saisons.

L'indice d'équitabilité  $E$  varie de 0 à 1 en fonction du degré de spécialisation du régime, l'équitabilité des compositions du régime est plus élevée au cours des quatre saisons, elle varie de 0.583 en printemps à 0.782 en été, ce qui est considéré comme un indice d'une alimentation équilibré.

**Tableau 33** : Diversité ( $H$ ) et équitabilité du régime alimentaire de *Gambusia affinis* à l'Oued Sebaine à Tiaret entre 2017 et 2018

Saisons	$H'$	$H' \text{ max}$	$E = H' / H' \text{ max}$
Printemps	1.7596	3	0.583
Été	2.9775	3.8074	0.782
Automne	2.0947	3.3219	0.630
Hiver	1.8946	3.1699	0.597

## III. Discussion

Les valeurs mensuelles et saisonnières du coefficient de vacuité, nous ont permis de remarquer une faible activité trophique en automne, alors que la période préférentielle de l'alimentation se situe en hiver et au printemps, avec une extension en été, cela est dû à la disponibilité des proies qui favorisent l'activité nutritionnelle indispensable à l'accomplissement des besoins alloués aux phénomènes physiologiques et écologiques (tels que la reproduction).

Ce rythme alimentaire, est observé aussi bien chez les mâles que chez les femelles, et chez les individus dont les classes de tailles inférieures, en général les populations de *Gambusia affinis* prélevés à Oued Sebaine, montre une certaine voracité par rapport aux valeurs de vacuité.

Le régime alimentaire de *Gambusia affinis* est très diversifié, il est composé d'un spectre alimentaire large et très généraliste, sa nourriture est basée sur plusieurs grands

groupes taxonomiques composés d'arthropodes (crustacés, insectes, et arachnides), de mollusques (Gastéropodes), de phytoplanctons, et parfois d'alevins d'autres poissons, ainsi que des algues. La diversité des taxons des proies ingérées confirme une alimentation opportuniste chez toutes les classes de tailles, ces résultats sont semblables à ceux obtenus dans les différentes études antérieures chez cette espèce (Barnickol, 1942; Walters et Legner, 1980; Hurlbert et Mulla, 1981; Colwell et Schaefer, 1983; Daniels et Felley, 1992; Layachi, 1997; Bounaceur, 1997 ; Haiahem et *al.*, 2017). Arthington, (1989) a indiqué que *Gambusia* se nourrit aussi d'algues et des détruits.

La présence de taxons tel que les diptères adultes, les fourmis, et autres indique cependant leur aptitude à utiliser des ressources parfois plus dépendantes à la surface, et aussi au fond de l'eau, ce poisson fait preuve d'une grande plasticité de son régime alimentaire et peut se nourrir quel que soit le milieu.

En général, la variation saisonnière du régime alimentaire entre les mois reflète des changements dans l'abondance des proies. L'importance relative du Zooplancton (cladocères et autres) a augmenté pendant l'automne et l'hiver, tandis que l'importance des insectes aquatiques a diminué pendant cette période. C'est-à-dire seuls les premiers stades larvaires des insectes aquatiques tels que les Hémiptères et les Coléoptères sont les plus consommés. Ces premiers stades larvaires sont susceptibles d'être disponibles seulement au printemps et au début de l'été. L'augmentation de la température de l'eau (30°C) favorise l'augmentation des besoins énergétiques, et le taux métaboliques (Cech et *al.*, 1985), ce qui aboutissent à une élévation de consommation des proies par la *Gambusia* (Reddy (1975 ; Haiahem et *al.*, 2017), a montré que *Gambusia* peut consommer plus de larves d'insectes (150 à 200 %) à 20°C et 30°C pendant une période de 10h.

L'analyse de régime alimentaire de *G. affinis* est en étroite relation avec les saisons et dépend du sexe, on note que, les proies les plus fréquentes chez les deux sexes sont constitués de Crustacés microscopiques tel que les Cladocères associés à des larves de diptères qui représentent des proies dominantes et ce chez les deux sexes, pendant toute l'année, en revanche en automne nous constatons que ce poisson tend à abandonner la prédation des crustacés et devenir un prédateur de larves de diptères chez les deux sexes.

Néanmoins, il a été noté que les proies secondaires fréquentes sont constitués de Cladocères, de larves de Diptères chez les mâles et les femelles, les Copépodes, les Amphipodes chez les mâles). Quant aux proies complémentaires du 1er Ordre, sont représentés par les Diptères adultes chez les femelles et les mâles, alors que les Amphipodes caractérisent le régime des femelles ; pour ce qui est des proies complémentaires du 2eme

Ordre, les Copépodes sont préférés chez les femelles, alors que les Araignes et les Gastéropodes semblent être en faveur des mâles, et sont considéré comme accidentelles pour les femelle avec les restes des proies.

La variation de régime alimentaire en fonction des classes de tailles de *G. affinis* reflète la hiérarchie de pourcentages de chaque catégorie de proies selon les classes de tailles, chez les groupes de petite taille, la variation de taxons de proies avec pourcentage est importante par rapport à celle rapporté chez les groupes de grandes taille, au fur et à mesure que la classe de taille augmente, la composition qualitative et quantitative de la nourriture change, on observe aussi la présence de grandes proies dans l'alimentation des groupes de tailles supérieures avec absence de cladocères. La corrélation entre la taille des proies et la taille des poissons, ce qui montre que les gros poissons ont pris une plus grande proportion des proies plus grosses de l'entomofaune terrestre (fourmis), ces résultats sont similaires avec des études menées en Camargue au sud de la France (Crivelli et Boy, 1987) et en Australie spécialement pour les individus de grandes classes de taille, les femelles se nourrissent d'insectes de surface, plus particulièrement de Diptères adultes et Hyménoptères, cela est due à la grande taille qui leur permettent d'ingérer de grandes proies (gastéropodes, fourmis). Dans ce contexte, Harrington et Harrington (1961), ont également notés que les individus de grandes classes de taille possèdent un museau assez développé que chez les individus de petites classes de taille, pour procurer un apport calorique plus élevés, ainsi la sélection des différents types de proies est en relation avec la taille des prédateurs et varie aussi en fonction de la saison de reproduction. Dans ce contexte, on a noté que durant la période de reproduction, la plupart des femelles qui sont gravides consomment plus de proies que les males immatures et les femelles non gravides.

Les individus de classes de taille de *G. affinis* exploitent différents types de proies, ce qui diminuerait la compétition entre petits et grands individus.

La présence de quelques poissons dans le contenu stomacal de *G. affinis* est signalés par plusieurs travaux tel que Myers (1965) ; Rupp (1996), qui ont montré que les *Gambusies* pourraient parfois s'attaquer aux œufs et alevins de poissons indigènes; ce comportement de prédation contre les poissons est toutefois inquiétant dans la mesure ou la possibilité du risque sur la biodiversité ichthyologique, en effet, le chevauchement des niches écologiques de *Gambusia* avec les poissons autochtones (Layachi, 1997; Terki, 1997; Mekki,1998) et sa compétitivité supérieure (régime alimentaire plus large, agressivité) font de lui un poisson

compétitif pour l'ichtyofaune endémique, par contre les travaux de Bounaceur (1997) ; Layachi (1997) indiquent l'absence des alevins de poisson dans le contenu stomacal de *G. affinis* dans trois régions d'El Kala (Lac Tonga, et Oubeira et Oued Bouarroug).

Cependant, il peut y avoir aussi des facteurs écologiques. Par exemple, chez la catégorie des petites classes de taille, il a été constaté une tendance à se rassembler dans les eaux peu profondes très près du rivage, alors que les poissons adultes plus gros vont généralement dans les eaux plus profondes. Cette ségrégation par taille réduit les possibilités de cannibalisme et peut être susceptible de limiter les proies disponibles pour les petits poissons.

Chez *Gambusia sp.*, le cannibalisme est souvent détecté dans les stocks de laboratoires (Meffe et Snelson, 1989; Benoit et al, 2000), mais il est moins fréquent dans la nature. Par contre, la présence de ce *Poecillidae* est souvent signalée dans le régime de nombreux poissons et d'oiseaux aquatiques alors il est considéré au milieu de la chaîne alimentaire (Nedjah, 2011).

#### **IV. Conclusion**

Notre travail a montré que la population de *Gambusia affinis* de Oued Sebaine (Tiaret) nord-ouest Algérien, présente un régime alimentaire très diversifié, dont le spectre alimentaire est principalement constitué de crustacés (Cladocères), insectes (larves de diptères), Arachnides (Araignées), Hyménoptères et poissons, et les phytoplanctons (algues), chez les femelles les Cladocères représentent les proies préférentielles, alors que chez les mâles, les larves de diptères constituent des proies préférentielles, alors que les Copépodes, les Amphipodes, les Diptères adulte sont présents seulement comme proies secondaires, chez les différentes classes de taille de *G. affinis*, les fluctuations des proportions des proies apparaissent, les échanges de proies préférentielles et secondaires entre les Cladocères et les larves de Diptères s'opèrent jusqu'à la disparition des Cladocères dont la classe de taille supérieure à 48 mm.

---

## Conclusion Générale

---

### Conclusion Générale

Au terme de ce travail, principalement consacré à l'étude de la biologie et écologie de *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) dans quelques biotopes humides algériens, il nous a paru indispensable de rappeler nos principaux résultats, avant de présenter nos recommandations et les perspectives de recherches que nous souhaiterions développer à l'avenir.

Nous avons pu mettre en évidence quelques caractéristiques physico-chimiques de l'eau Dans la station d'oued Sebaine à Tiaret, ces eaux sont caractérisées par une température variable influencée par celle de l'air, un pH légèrement alcalin, et la minéralisation est importante.

Sur le plan biologique, notre suivi portant sur une période de une année d'échantillonnage de *Gambusia* dans quatre régions d'études, ont permis d'estimer pour la première fois certains paramètres essentiels pour dresser le cycle de vie ou « **Life history** » de l'espèce qui s'articule autour du cycle de reproduction, les paramètres de croissance et le régime alimentaire de cette espèce.

Le sex-ratio calculé pour chaque zone à mis en évidence une dominance significative des femelles dans les captures, la taille minimale et maximale des deux sexes variée en fonction des différents stations, elle est de 19,01 à 64,02 mm (Biskra), de 16,6 à 60,20 mm (Tiaret), 19,01 à 59 (Timimoune), 16,7 à 49,10 mm (Bechar). Toutefois nous constatons que les mâles prédominent dans les plus petites tailles et les femelles dans les plus grandes classes de taille.

Le travail réalisé, a permis de préciser certains aspects relatifs à la reproduction de *Gambusia affinis*, l'étude de l'échelle de maturité sexuelle de l'ovaire nous a permis de définir différents stades d'ovogénèse, la répartition des différentes stades d'ovocytes au cours des deux principales phases du cycle sexuel, révèle une nette prédominance des ovocytes du stade I et II en période de repos sexuel, tandis que les ovocytes du stade IV, prédominent durant la période d'activité sexuelle. Ce ci a révélé l'existence d'une période de reproduction chez *G. affinis* dans son biotope naturel à Oued Sebaine, près de Tiaret qui s'étale du mois de mars jusqu'au mois de septembre.

Le suivi de la maturité sexuelle par les observations macroscopique des ovaires, ainsi que l'évolution de l'indice gonado-somatique (IGS), de l'indice de condition (K), définit une

période de forte maturation des mois de juin à août, et la période de reproduction s'étale généralement de début du printemps jusqu'au mi-automne.

La première maturité sexuelle chez les femelles de la *Gambusia* d'Oued Sebaine à Tiaret et au niveau des foggaras de Timimoune, présente une taille de 27.99 mm et 27,44 mm respectivement, la fécondité des femelles est importante en terme de nombre d'embryons remarquée dans la région de Tiaret et Timimoune, cette dernière est positivement corrélée avec la taille des femelles, alors la fécondité constitue un élément positif qui peut garantir la préservation et la pérennité de cette espèce.

L'étude de la croissance de cette espèce dans ces quatre régions a été effectuée grâce au calcul des paramètres de croissance par analyse de fréquence de taille à partir de l'équation de Von Bertalanffy, ces paramètres diffèrent significativement entre les régions et entre les sexes, avec des valeurs de la longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ), du coefficient de croissance (K) et de l'index de performance de croissance ( $\square'$ ), privilégiant les femelles des mâles. Ces paramètres s'intègrent bien au résultats obtenu par différents auteurs, mais avec des valeurs légèrement supérieures pour la longueur asymptotique, et plus basse pour le coefficient de croissance. Une allométrie minorante pour les mâles de Timimoune, Tiaret et Bechar, traduisant donc que le poids croît moins vite que le cube de la longueur, une allométrie majorante pour les femelles Biskra, Timimoune et Tiaret ce qui démontre que le poids croît plus vite que le cube de la longueur, et une croissance isométrique pour les mâles de Biskra et les femelles de Bechar.

L'examen mensuel ou saisonnier de ces relations chez les deux sexes et au niveau d'Oued Sebaine, montre trois périodes distinctes

Pour les femelles et les mâles, il est important de noter la présence de trois types de croissance au cours de l'année. Les femelles caractérisées par une croissance majorante, mais dans la période hivernal (décembre et janvier) et en mai où la croissance est minorante. Alors qu'en octobre la croissance est dite isométrique. Tant dis que pour les mâles la croissance est minorante pendant une période de printemps au mi d'hiver (de mars, et de mai à janvier), au mois d'Avril la croissance est dite majorante, et une croissance isométrique en février.

Les résultats aboutis nous permettent de dire que les paramètres de la biologie de reproduction et de la croissance de l'espèce *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) ne diffèrent pas de façon significative entre les régions méditerranéennes.

L'étude du régime alimentaire a porté une contribution à la connaissance des habitudes alimentaire de *Gambusia affinis* d'oued Sebaine dans la région de Tiaret, c'est une espèce qui possède un large spectre alimentaire, répond aux changements spatiaux et temporels de la faune et, comme de nombreuses espèces prédateurs, a une relation entre la taille du prédateur et la proie.

Elle se nourrit principalement de crustacés (Cladocères), insectes (larve de Diptères), Arachnides (Araignes), Hyménoptères et poissons, et les phytoplanctons (Algues), les proies préférentielles chez les femelles, sont représentés principalement par les Cladocères alors que chez les mâles, les larves de Diptères constituent des proies préférentielles, quant au Copépodes, Amphipodes, Diptères adultes sont présents seulement comme proies secondaires. Il a été constaté que quelque soit, le sexe, la taille, et la saison, généralement les Cladocères et les larves de Diptères constituent la catégorie des proies les plus ingérés de ce fait ils représentent une source d'alimentation importante.

La diversité des taxons des proies ingérées confirme une alimentation généraliste de cette espèce au niveau de toutes les classes de tailles.

Les fluctuations des valeurs du coefficient de vacuité ont une tendance étroitement liées au cycle de reproduction, les valeurs maximales du coefficient de vacuité sont notées en saison automnale toutefois les valeurs minimales à tendance à être nulle en période estivale. Cette activité trophique et en rapport avec la période de maturation, ce besoin nutritionnel assure l'énergie suffisante pour le développement des gonades.

Au niveau de la zone d'étude nous remarquons l'importance de cette *Gambusia affinis* tant que espèce larvivore de moustiques et des crustacés et entre et constitue un maillon de la chaîne alimentaire des autres espèces (oiseaux, serpents).

**En perspectives**, il serait souhaitable de :

Avant chaque introduction d'un taxon exotique en l'occurrence lors des investissements aquacoles pour l'empoissonnement de nos barrages en vue de rentabiliser la faune piscicole de bien procéder à des études d'impacts avant toute introduction car les informations fournies sur *Gambusia* montre un effet négatif sur la biodiversité locale, dans ce contexte, nous recommandons d'établir au préalable une stratégie d'étude au niveau national, pour une meilleurs connaissances des espèces exotiques à introduire.



➤ De Compléter les études sur cette espèce de son adaptation et plasticité dans le cadre du réchauffement global à travers sa distribution géographique dans le pays et évaluer son impact d'expansion et ces dégâts sur les espèces autochtones.

➤ Utilisation de l'espèce comme model biologique bio-marqueur qui servira à estimer les taux de contamination afin d'évaluer la pollution de nos lacs et barrages afin de prendre les dispositions nécessaires dans un cadre d'une meilleure gestion durable de nos écosystèmes humides.

---

## Références Bibliographiques

---

## Références Bibliographiques

### A

- Abderrahmani B, Haouari M, Dobbi A, Hadjel M, Hassini N (2009). Analyse et modélisation des extrêmes de température au niveau de quelques stations types du nord-ouest Algérien. *Geographia Technica* : 5-10
- Abidi N et Remini B (2011). Les foggaras de Touat : la fierté de la population locale. *Annales des Sciences et Technologie*. 3 : 107-113.
- Aboussouan A., Lahaye J.1979.Les potentialités des populations ichtyologiques. Fécondité et ichtyoplancton.*Société Française d'Ichtyologie*. 3 (6) : 029-046.
- Abouzeitoun MH (1991). Evaluation de la lutte biologique contre les larves de moustiques *Culex pipiens pipiens* (Diptère, Culicide) utilisant un poisson *Gambusia affinis* (Téléostéen, Cyprinodontiformes) et l'impact de *Simocephales vitulus* (Crustacés, Cladocère). Thèse magister. Univ. Annaba : 135 p.
- ADE (2018), Algérienne des eaux
- Aissaoui R (1998). Contribution à l'étude de la toxicité d'un insecticide organochloré, le lindane : Impact sur quelques organes d'un poisson Téléostéen d'eau douce *Gambusia affinis*. Thèse magister. Univ Annaba : 124 p.
- Albertine-Berhaut J (1973).biologie des stades juvéniles de Téléostéens Mugilidae. *Mugil auratus* (Risso, 1810). *Aquaculture*. 2 : 251-266.
- Andreu-Soler A, Oliva-Paterna FJ and Torralva M (2006). A review of length-weight relationships of fish from the Segura River basin (SE Iberian Peninsula). *Journal of Applied Ichthyology*. 22: 295-296.
- Anonyme (2006). Les journées d'études désertification et développement durable. CRSTRA et univ Biskra.
- Aouad B, Bounaceur F, Maatoug M (2016), Population structure of *Gazella cuvieri* (Ogilby, 1841) in the Tiaret region of northwestern Algeria. *Bulletin de la Societe Zoologique de France*. 141(3):141-152.
- Arab A (1989). Etude des peuplements d'invertébrés et de poisons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse de Magister. Univ Alger: 139 p.
- Arthington A H (1989). Diet of *Gambusia affinis holbrooki*, *Xiphorus helleri*, *X. maculatus* and *Poecillia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) in Streams of South-eastern Queensland, Australia. *Asian Fisheries Science*. 2: 193-212.

**B**

- Bagenal TB (1973). Ageing of fish. Proceeding of an international symposium  
*Univ. Reading*. England. 1-234.
- Bagnouls F et Gaussen H (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société D'Histoire Naturelle*. 88: 193-239.
- Baird SF, Girard C (1853). Descriptions of new species of fishes collected by Mr. John H. Clark, on the U. S. and Mexican Boundary Survey, under Lt. Col. Jas. D. Graham. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. 4: 387-390.
- Barnickol PE (1942). Food habits of *Gambusia affinis* from Reelfoot Lake, Tennessee, with special reference on malaria control. *Journal of the Tennessee Academy of Science*. 16: 5-13.
- Beaudouin R (2007). Modélisation individu-centrée pour aider à la détection et à l'interprétation des effets des polluants chimiques sur la dynamique de population d'un poisson la gambusia en écosystème expérimental, université de Renne 1 : 1-22.
- Beaudouin R, Ginot V and Monod G (2008). Growth characteristics of eastern mosquitofish *Gambusia holbrooki* in a northern habitat (Brittany, France). *Journal of Fish Biology*. 73: 2468-2484.
- Beldi H, Gimbert F, Maas S, Scheiffler R & Soltani N (2006). Seasonal variations of Cd, Cu, Pb and Zn in the edible mollusc *Donax trunculus* (*Mollusca, Bivalvia*) from gulf of Annaba, Algeria. *African Journal of Agricultural Research*. 1(4) : 85-90.
- Belhamra R (2012). Activité d'un insecticide organophosphoré (Actara) : Impact sur le système de détoxification, la croissance et la reproduction de *Gambusia affinis*. Thèse de Magister. Univ Annaba. 64 p.
- Bendali F, Djebbar F & Soltani N (2001). Efficacité comparé de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica*. 57(4): 255-265.
- Benhallouche- Bendahmane (2015) Ecologie de la reproduction des oiseaux d'eau à Dayet El-Ferd (W. Tlemcen). Thèse de Doctorat. Univ de Tlemcen. 115 p.
- Benoit HP, Post JR & Barbet AD (2000). Recruitment dynamics and size structure in experimental populations of the mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Copeia* 2000: 216-221.
- Benyattou et Bouklikha (2017). Variations et tendances des températures et des précipitations journalières en Algérie. Mémoire de Master. Univ Tlemcen.
- Beverton RJH et Holt SJ (1957). On the dynamics of exploited fish populations. *Fish & Fisheries Series*. II. 19: 533 p.

- Beyer JE (1991). On length-weight relationships. Computing mean weights from length statistics. *Fish byte*. 9: 50-54.
- Black DA and Howell WM (1979). The North American mosquitofish, *Gambusia affinis*: a unique case in sex chromosome evolution. *Copeia* : 509-513.
- Blondel J (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux. Élément d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P). *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*. 29 (4) : 533-589.
- Boualem A (2017). Distribution spatiale, structure des populations, éco-éthologie et conservation de *Gazella cuvieri* (Mammalia, Bovidae) dans la région de Tiaret. Thèse de Doctorat. Univ Tiaret.
- Bouchard RW (2004). Guide to aquatic macro-invertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center. Univ Minnesota, SaintPaul MN. 208 p.
- Bougis P (1952). Recherché biométriques sur le rouget (*Mulus barbatus L., Mulus surmuletus L.*). *Archives de zoologie expérimentale et générale*. France. 89 (2) : 57-174.
- Bounaceur F (1997). Contribution à écologie de *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) dans trois sites humides du parc national d'El Kala. Thèse de Magister. Ecole National Supérieur d'Agronomie El Harrach. Alger.128 p.
- Britton RH, Moser ME (1982). Size specific predation by herons and its effect on the sex-ratio of natural populations of the mosquito fish *Gambusia affinis* Baird and Girard. *Oecologia* (Berl) 53:146-151.
- Brown-Peterson N and Peterson MS (1990). Comparative life history of female mosquitofish, *Gambusia affinis*, in tidal freshwater and oligohaline habitats. *Environmental Biology of Fishes*. 27: 33-41.
- Bruslé & Quignard JP (2001). Biologie des poissons d'eau douce européens. Ed Tec & Doc. Lavoisier. Paris. 597 p.
- Burns JR (1985). The effect of low latitude photoperiods on the reproduction of female and male *Poecilliopsis gracillis* and *Poecillia sphenops*. *Copeia*, 1985: 961-965.
- C**
- Cabrera PY, Aguilar C & González Sansón G (2008). Indicadores morfológicos y reproductivos del pez *Gambusia puncticulata* (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del río Almendares. *Revista de Biología Tropical*. 56: 1991-2004.
- Campton DE, Gall GAE (1988). Responses to selection for body size and age at sexual maturity in the mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Aquaculture*. 68: 221-241.

- Carmona-Catot G, Santos AFGN, Tedesco PA & Garcia-Berthou E (2014). Quantifying seasonality along a latitudinal gradient: from stream temperature to growth of invasive mosquitofish. *Ecosphere*. 5: 1-23.
- Chauvet G (1978). Lutte biologique contre les vecteurs d'affections humaines et tropicales, moyens actuels et perspectives. *Médecine tropicale d'O.R.S.T.O.M.* 38 : 651-657.
- Cech JJR, Massingill MJ, Vondracek B & Linden AL (1985). Respiratory metabolism of Mosquitofish, *Gambusia affinis*: effects of temperature, dissolved oxygen, and sex difference. *Environmental Biology of Fishes*. 13: 297-307.
- CFT (2014). Conservation des forêts de la Wilaya de Tiaret-Service de cartographie et Service statistique.
- Chaâbane A (1993). Etude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie: Typologie, Syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse de Doctorat. Univ Aix-Marseille III. 205 p.
- Chaïbi R (2014). Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des Aures et du Sahara septentrionale avec mise en valeur. Thèse de Doctorat. Univ Biskra. 212 p.
- Chambolle P (1970). Modalités du développement et analyse des facteurs physiologiques de la reproduction chez *Gambusia* sp. (Poisson Téléstéen) ; recherches descriptives et expérimentales. Thèse 3ème cycle. Univ. Bordeaux I : 192 p.
- Chambolle P (1973). Recherches sur les facteurs physiologiques de la reproduction chez les Poissons « ovovipares ». Analyse expérimentale sur *Gambusia* sp. *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*. 107 : 27-101.
- Chandre F, Darriet F, Manguin S, Brengues C, Carnevale P, & Guillet P (1999). Pyrethroid cross resistance spectrum among populations of *Anopheles gambiae* ss from Cote d'Ivoire. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 15 (1): 53–59.
- Charles & Masson C (1989). Poisson et aquarium. Ed. *Librairie Larousse* : 314 p.
- Chen Y, Hunter M, Vadas R & Beal B (2003). Developing a growth- transition matrix for the stock assessment of the green Sea Urchin (*Strangylocentrotus droebachiensis*) of maine. *Fishery Bulletin*. 101: 737-744.
- Cheylan JP (1990). Les oasis sahariennes à foggara : mutations sociales sous fortes contraintes écologiques. *Mappemonde*. 4: 44-48.
- Chouahda S, Sifi K & Soltani N (2006). Toxicité du cadmium et de l'halofenozide chez les alevins d'un poisson culiciphage *Gambusia affinis* : croissance et activités enzymatiques. *Bulletin de l'Institut National des Sciences de la Mer et Technologies de la Mer (INSTM, Salammbô)*. 10 : 137-140.

- Chouahda S, Sifi K & Soltani N (2007a). Evaluation de l'impact d'un insecticide sélectif efficace contre les moustiques sur la croissance des alevins d'un poisson larvivoire, *Gambusia affinis*. *Journal Algérien de Médecine*. 15 (1 & 2) : 17-19.
- Chouahda S, Sifi K & Soltani N (2007b). Impact du cadmium et du halofenozide sur les indices métriques des femelles adultes d'un poisson culiciphage : *Gambusia affinis*. *Bulletin de l'Institut National des Sciences de la Mer et Technologies de la Mer (INSTM, Salammbô)*. 11 :174-177.
- Chouahda S & Soltani N (2009). Impact du cadmium et du Halofenozide sur les indices métriques des femelles adultes d'un poisson culiciphage, *Gambusia affinis*. *Science & Technologie*. 29: 9-14.
- Chouahda S, Berghiche H & Soltani N (2010). Toxicité aiguë du malathion à l'égard des adultes d'un poisson larvivoire, *Gambusia affinis*. *Bulletin de l'INSTM NS*. 14 : 158-163.
- Chouahda S et Soltani N (2013). Toxicité aiguë et chronique du cadmium chez un poisson culiciphage : *Gambusia affinis*. *Bulletin de la Société Zoologique de France*. 138: 115-126.
- Colwell AE & Schaefer CH (1983). Effects of an insect growth regulator on plankton and *Gambusia affinis*. *Aquatic Toxicology* 4: 247-269.
- Conard (1977). Contribution à l'étude du cycle sexuel et de la fécondité de la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*), pêche sardinière Dakaroise en 1975 et premier semestre 1976. Cah. *ORSTOM. Série Océanographie*. 15 (4) : 301-312.
- Constantz GD (1989). Reproductive biology of Poeciliid fishes. In: Meffe, G.K. and Snelson F.F. (eds.), *Ecology & Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. Prentice Hall. New York. 33-50.
- Craig AS, Stephen C, Weeks (1998). Translocations and rapid evolutionary responses in recently established populations of western mosquitofish (*Gambusia affinis*). The Zoological Society of London Printed in the United Kingdom. *Animal Conservation*. 2: 103-110
- Crivelli AJ & Boy V (1987). The diet of the Mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird & Girard) (Poeciliidae) in the Mediterranean France. *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*. 42: 421-434.

## D

- Da Silva RS, Virgilio LR, Corrêa F, Vieira LJS (2020). Length–weight relationships of fish species from oxbow lakes on the floodplain of the middle Purus River in western Brazilian Amazon. *Journal of Applied Ichthyology*. 36: 256-258.

- Daget J et Le Guen C (1975). Les critères d'âge chez les poissons in Problèmes d'écologie. L'écologie des Populations de vertébrés. Ed Lamotte M & F Bourlière. 253-289.
- Daget J (1976). Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie 8, 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.
- Dajoz R (1971). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- Dajoz R (1985). Précis d'écologie. Ed Dunod. Paris. 505p.
- Daniels GL & JD Felley (1992). Life history and foods of *Gambusia affinis* in two waterways of South western Louisiana. *South western Naturalist*. 37: 157-165.
- De Casabianca, Chassany M, Semroud R et Samson-Kechacha F (1991). Etude spatio-temporelle des sels nutritifs et des principales variables hydrologiques dans une lagune méditerranéenne : Le lac Mellah (Algérie). *Mésogée*. 51p.
- De Miguel M P, Fraile B, Saez FJ, Vicentini CA, Paniagua R (1994). Influence of ocular and extraocular photoreception on spermatogenesis in *Gambusia affinis holbrooki* (Teleostei, Poeciliidae). *Journal of Experimental Zoology*. 269: 367-372.
- Djakam L et Kebiz K (1993). Contribution a l'étude de la faune des palmeraies de trois régions de Sud-ouest Algérien. 46 p.
- Draredja-Beldi H (1993). Contribution à l'étude de *Gambusia affinis* (Téléostéens, Poeciliidae), poisson prédateur des larves de moustiques: croissance des alevins, étude du cycle sexuel et corrélations métaboliques. Mémoire de Magister Univ Annaba. 107 p.
- Draredja-Beldi H (2001). Reproduction de *Gambusia affinis* (Poisson, Téléostéen) dans la région d'Annaba. *Science & Technologie*. 9: 15-18.
- Drardja-Beldi H & Soltani N (2001). Effects of diflubenzuron on growth and glutathione in mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Meded Rijksuniv. Gent Landbouwkd Toegep Biology Wet*. 66 (2b): 857-862.
- Draredja-Beldi H & Soltani N (2003). Laboratory evaluation of dimilin on growth and glutathione activity in mosquitofish, a non-target species. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 68: 299-305.
- Dreux P (1980). Précis d'écologie. Presse université France, Duvigneaud. Paris. 231 p.
- E**
- Edwards T M (2005). Environmental influences on mosquitofish reproduction, thesis of doctorat. Univ Florida. 172 p.



- El Bakali M, Talbaoui M & Bendriss A (2010). Régime alimentaire du Rouget de roche (*Mullus surmuletus L.*) (Téléostéen, Mullidae) de la côte nord-ouest méditerranéenne du Maroc (région de M'diq). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat. section Sciences de la Vie.* 32 (2) : 87-93.
- Eltaeab E & Elbaraasi H (2019). Populations structure of mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) in four different lakes in Benghazi, Libya. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources.* 20: 103-110.
- Emberger L(1955).Une classification biogéographique des climats. Travaux de laboratoire géolo-zoologique, Faculté des sciences. Service botanique. Montpellier. 7 : 3-43.
- Engelhardt W (1998). Guide Vigot de la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares : les plantes et les animaux des eaux de chez nous. *Vigot.* Paris. 313 p.
- Esmaeli HR and Ebrahimi M (2006). Length-weight relationships of some freshwater fishes of Iran. *Journal of Applied Ichthyology.* 22 : 328-329.

## F

- Farhi Y, Belhamra M et Boukhemza M (2006). Effets de la structure de l'habitat sur la biodiversité avienne en région arides et semis arides cas de Biskra, Guerrara, Djelfa et Mergueb. Acte des Journées d'études internationales sur la désertification et le développement durable, CRSTRA-Uni Biskra.
- Farley DG &Younce LC (1979). Dynamics of *Gambusia.affinis* in Fresno Country rice fields. Proceedings and Papers of the Annual Conference California Mosquito and Vector Control Association (USA). 47:7
- Ferens MC and Murphy TM JR (1974). Effects of thermal effluents on populations of mosquitofish. p. 237-245. In Thermal Ecology, edited by J.W. Gibbons and R.R. Sharitz. Conf 730505. *Atomic Energy Commission:* 237-245.
- Fernandez-Delgado C (1989). Life history patterns of the mosquitofish, *Gambusia affinis* in the estuary of the Guadalquivir River of south-west Spain. *Freshwater Biology.* 19: 395-404.
- Fernandez Delgado C & Rossomanno S (1997). Reproductive biology of mosquitofish in a permanent lagoon in south-west Spain: two tactics for one species. *Journal of Fish Biology.*51: 80-92.
- Fontana A and Le Guen JC (1969). Etude de la maturité sexuelle et de la fécondité de *Pseudotolithus (Foizticulzis) elongatus*. Cahiers O.R.S.T.O.M. *sérieOcéanographique* 7 (3): 9-19.

- Fontana A & Pianet R (1973). Biologie des sardinelles *Sardinella eda* (VAL) et *Sardinella aurita* (VAL) des côtes du Congo et du Gabon. O.R.S.T.O.M. *Doc Sc Du centre de Pointe-Noire NS*. 31: 39.
- Fraile B, Sáez FJ, Vicentini CA, de Miguel M P, Paniagua R (1993). Effects of photoperiod on spermatogenesis in *Gambusia affinis holbrooki* (Teleostei: Poeciliidae) during the period of testicular quiescence. *Journal of Zoology*. (Lond.), 230: 651-658
- Fraile B, Saez FJ, Vicentini CA, Gonzalez AD, Miguel (1994). Effects of temperature and photoperiod on the *Gambusia affinis holbrooki* testis during the spermatogenesis period. *Copeia*. 1994: 216–221.
- Fraival A (2002). Elles aussi, elles aiment les insectes, les *Gambusies*. *Insectes*, 125 (2) : 14-16.
- Froese R & Pauly D (2014). Fish Base. World Wide Web electronic publication, version (08/2014).
- Frontier S (1983). Stratégies d'échantillonnage en écologie. Coll d'écologie 17ème Ed. *Masson*. 455p.
- Fryxell DC, Arnett HA, Apgar TM, Kinnison MT, Palkovacs EP (2015). Sex ratio variation shapes the ecological effects of a globally introduced freshwater fish. *Proceedings B Royal Society*. 282 : 1-8.
- G**
- Galat DL and Robertson B (1992). Response of endangered *Poeciliopsis occidentalis sonoriensis* in the Rio Yaqui drainage, Arizona, to introduced *Gambusia affinis*. *Environmental Biology of Fishes*. 33: 249-264.
- Garcia R (1983). Mosquito management ecological approaches. *environmental management*. 7: 73-78.
- Garcia-Berthou E (1999). Food of introduced mosquitofish: ontogenetic diet shift and prey selection. *Journal of Fish Biology*. 55, 135-147.
- García-Berthou E, Alcaraz C, Pou-Rovira Q, Zamora L, Coenders G, Feo C (2005). Introduction pathways and establishment rates of invasive aquatic species in Europe. *Canadian Journal of Aquatic Sciences and Fisheries* 62: 453-463.
- Gerberich, JB and Laird M., 1968. Bibliography of papers relating to the control of mosquitoes by the use of fish: an annotated Bibliography for the years 1901-1966. *FAO fisheries technical paper*. No 75, Rome, Italy.
- Ghosh SK, Dash AP 2007. Larvivorous fish against malaria vectors: a new outlook. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 101: 1063–1064.

- Gongalves JMS, Bentes L, Lino PG, Ribeiro J, Carkrio AVM & Erzini K (1997). Weight-length relationships for selected fish species of the small scale demersal fisheries of the south and southwest coast of Portugal. *Fisheries Research*. 30: 253-256.
- Ghorbel M, Jarboui O, Bradai MN & Bouain A (1996). Détermination de la taille de première maturité sexuelle par une fonction logistique chez *Limanda limanda*, *Pagellus erythrinus* et *Scorpaena porcus*. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la mer*. 3: 24-27.
- Gozlan RE, Britton JR, Cowx I & Copp GH (2010). Current knowledge on non-native fresh water fish introductions. *Journal of fish biology*. 76 : 751-786.
- Grasse PP (1958). Traité zoologie, des agnathes et des poissons. Tome 12. Fas.2 Ed. *Masson et Cie*. 1811 p.
- Gray AE, Mulligan TJ & RW Hannah (1997). Food habit, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay. California. *Environmental Biology of Fishes*. 49: 227-238.
- Gulland JA (1966). Manuel des méthodes statistiques applicables à la biologie halieutique. Manuel F.A.O. de science halieutique n° 3. FAO. Rome : 87 p.
- Gulland JA (1983). Fish stock assessment. A manual of basic methods. Ed. *John Wiley and Sons/FAO Series on Food and Agriculture*. 1: 223 p.

## H

- Haiahem D, Touati L, Baaziz N, Samraoui F, Alfarhan AH, Samraoui B (2017). Impact of eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, on temporary ponds: insights on how predation may structure zooplankton communities. *Zoology and Ecology*. 27: 1-9.
- Halimi A (1980). L'Atlas Blideen, climats et étages végétaux. O.P.U Ed. Alger. 484 p.
- Hammadi D, Boubidi SC, Chaib SE, Saber A, Khechache GYM & Harrat Z (2009). Le Paludisme au Sahara algérien [Malaria in Algerian Sahara]. *Bulletin de la société de Pathologie Exotique*. 102: 185 – 92
- Harrington RW & Harrington ES (1961). Food selection among fishes invading a high subtropical saltmarsh: from onset of flooding through the progress of a mosquito brood. *Ecology*. 42: 646-666.
- Hassen A (2011). Les genres *Aphanius* (Cyprinodontidae) et *Gambusia* (Poeciliidae) en Algérie : statut écologique et variabilité biologique. Thèse de magister.univ Alger.130 p.

- Haynes JL, Cashner RC (1995). Life history and population dynamics of the western mosquitofish: a comparison of natural and introduced populations. *Journal of Fish Biology*. 46:1026–1041.
- Hughes AL (1985). Seasonal changes in fecundity and size at first reproduction in an Indiana population of the mosquitofish *Gambusia affinis*. *The American Midland Naturalist* 114: 30-36.
- Hureau J (1970). Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). *Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco*.68 : 1-224.
- Hurlbert SH & Mulla MS (1981). Impact of mosquitofish (*Gambusia affinis*) predation on plankton communities. *Hydrobiologia*. 83: 125-151.
- Hurlbert SH, Zedler J & Fairbanks D (1972). Ecosystem alternation by Mosquitofish (*Gambusia*) predation. *Science*. 175: 639-641.
- Hynes BN (1950). The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pongitius*) with a review of methods used in studies of the food fish. *Journal of Animal Ecology*. 19: 36-58.
- Hyslop EJ (1980). Stomach contents analysis-A review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* .17: 411-429.

## I

- Idda S (2010). La mutation de l'écosystème oasien au Gourara, causes et implications environnementales. Thèse de Magister, Univ Oran. 135 p.
- İlhan & Sarı HM (2015). Length-weight relationships of fishes in west Anatolia. *Croatian Journal of Fisheries*. 73: 30-32.

## J

- Jawad LA, Busneina AM (2000). Fecondity of mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird & Girard) as a function of female size in fish from two lakes in Libya. *Miscel l`ania Zoológica*. 23: 31-40.

## K

- Kara HM (2012). Fresh water fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. *European Journal of Wildlife Research*. 58: 243–253.
- Kartas F & Quignard JP (1984). La fécondité des poissons téléostéens. Collection de Biologie des Milieux Marins. 5e Ed. *Masson*. 121 p.
- Kirkwood GP, Auckland R & Zara JS (2001). Length frequency distribution analysis (LFDA), Version 5.0. MRAG Ltd. London.

Kenyon et Hegerl (2008). Influence of modes of climate variability on global temperature extremes. *Journal of Climate*. 21(15): 3872-3889.

Koya Y, Itazu T, Inoue M (1998). Annual reproductive cycle based on Histological changes in the ovary of the female mosquitofish, *Gambusia affinis* in central Japan. *Ichthyological Research*. 45: 241-248.

Koya Y, Ishikawa S and Sawaguchi S (2004). Effects of temperature and photoperiod on ovarian cycle in the mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Japanese Journal of Ichthyology*. 51 : 43-50.

Krumholtz LA (1948). Reproduction in the western mosquitofish *Gambusia affinis*. (Baird & Girard, 1853) and its use in mosquito control. *Ecological Monographs*. 18: 1-43.

### L

Lacey LA & Orr BK (1994). The role of biological control of mosquitoes in integrated vector control. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 50 (6): 97-115.

Lahaye J (1980). Les cycles sexuels chez les poissons marins. *Oceanis*. 6: 637-654.

Laouira-Rouag L (2012). Rythme alimentaire, embonpoint du nématode *Anguillicola crassus* (Kuwahara, Niimi et Itagaki, 1974) chez l'anguille européenne *Anguilla anguilla* (L, 1758) de l'oued El-Kébir . These de Magistère. Univ Annaba. 102 p.

Laslett GM, Eveson JP & Polacheck T (2002). A flexible maximum likelihood approach for fitting growth curves to tag-recapture data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 59: 976-986.

Layachi N (1997). Etude comparative de deux étangs dunaires : G. Estah et G. Dakhla (Nord-est Algérien). Mémoire d'ingénieur. Univ Annaba. 53 p.

Lewis WM (1970). Morphological adaptations of cyprinodontoids for inhabiting oxygen deficient waters. *Copeia*. 1970 : 319-326.

Lichtenberg ER. & Getz W (1985). Economics of rice field mosquito control in California. *Bioscience*. 35:292-297.

Linfeld RSJ (1980). Ecological changes in a lake fishery and their effects on a stunted roach (*Rutilus rutilus*) population. *Journal of Fish Biology*. 16: 123-144.

Llyod L (1984). Exotic fish: useful addition or (animals weed), New Guinea. Fishes Association 1: 31-42.

### M

Mac Gregor JS (1966). Fecundity of the pacific hake, *Merluccius productus* (ayear). *California Fish and Game*. 54: 281-288.

Marc (1983). L'espace algérien : les prémisses d'un aménagement. *OPU*. Alger. 11 p

- Meffe GK & Snelson FF (1989). An ecological overview of poeciliid fishes. In Meffe GK & FF Snelson Ed, Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). *Prentice Hall, New Jersey*: 13-31.
- Meffe GK (1990). Offspring size variation in eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*: Poeciliidae) from contrasting thermal environments. *Copeia* 1990, 10-18.
- Mekki M (1998). Etude comparative de l'écologie de quatre dépressions dunaires du Nord-est Algérien. Mémoire d'ingénieur. Univ Annaba. 49 p.
- Miara MD (2008). Prédiction de l'érosion hydrique par le modèle de simulation WEPP pour les principaux types de sols cultivés dans la région de Tiaret. Mém ing. Univ Tiaret. 84 p.
- Miara MD (2011). Contribution à l'étude de la végétation du massif de Guezoul (Tiaret). Thèse de Magister. Univ Oran. 126 p.
- Moisan J (2010). Guide d'identification des principaux macro-invertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Ministère du développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 82 p.
- Mouslih M (1989). Peuplements Ichtyologiques des lacs du Moyen-Atlas Marocain, Région d'Azrou. *Cybiu*. 13 (1) : 13-24.
- Moussaoui.A, (2011):Systèmes hydrauliques traditionnels dans le Gourara et le Touat, *AREA-ED brazakh*.62p.
- Magurran AE(1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 197p.
- Muller Y (1985). L'avifaune nicheuse des Vosges du Nord, sa place dans le contexte méditerranéen. Thèse de doctorat. Univ Dijon. 318 p.
- Muus B et Dahlstrom P (1991). Guide des poisons d'eau douce. OEUA: 200-233
- Myers G S (1965). *Gambusia* the fish destroyer. *Australian Zoologist*. 13: 102.
- N**
- Nedjah R (2011). Ecologie de l'Héron pourpre (*Ardea purpurea*) en Numidie (Nord – Est Algérien). Thèse Doctorat. Univ Annaba. 82 p.
- Nelson SM and Keenan LC (1992). Use of an indigenous fish species, *Funduluszebrinus*, in a mosquito abatement program: a field comparison with the mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 8(3): 301-4
- Nico L, Fuller P, Jacobs G, Cannister M, Larson J, Fusaro A and Neilson M (2014). *Gambusia affinis*. USGS Non indigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL. *CQEEE*. 1-2.

Nesbit DH, Meffe GK (1993). Cannibalism frequencies in wild populations in the eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*: Poeciliidae) in South Carolina. *Copeia* 1993:867-870.

Nouar B (2016). Contribution à l'étude de la diversité floristique et biogéographique des matorrals selon un gradient altitudinal des monts de Tiaret (Algérie). Thèse de Magister. Univ Tlemcen. 116 p.

## O

Office National de Météorologie (O.N.M.), (2010): Les données climatiques de la période (1999 – 2009).

Office National des Statistiques. Algerie (O.N.S), (2008) : Fond de carte de la wilaya d'Adrar. Alger, Direction technique des Traitements Informatiques et des Répertoires.

Ouali K (1997). Observation de l'influence de quelques facteurs externes et internes sur les principales phases du cycle de reproduction d'un poisson téléostéen vivipare, *Gambusia affinis*. Thèse de magister. Univ Annaba : 95 p.

Özaydın O, Uçkun D, Akalın S, Leblebici S & Tosunoğlu Z (2007). Length-weight relationships of fishes captured from Izmir Bay, Central Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*. 23: 695-696.

Öztürk S & İkiz R (2004). Some biological properties of mosquitofish populations (*Gambusia affinis*) living in inland waters of the western Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 28: 355-361.

Oztürk S and Ikiz R (2003). Some Biological properties in the Akgol (Fethiye Mugla population of the Mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 27: 911-915.

## P

Pant CP, Rishikesh N, Bang YH, Smith A (1981). Bulletin de l'O.M.S. 59 (5) : 200-233.

Pauly D & Munro JL (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fish byte*. 2: 21-21.

Pauly D (1984). Length-converted catch curves. A power full tool for fisheries research in the tropics (Part2). *ICLARM. Fish byte*. 2 (1): 17-19.

Pauly D (1985). On improving operation and use of the ELEFAN program. Part1: Avoiding "drift" of K towards low values. *ICLARM. Fish byte*. 2 (3): 9-10.

Pauly D (1987). A review of the ELEFAN system of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. In: Pauly D, Ed *Morgan GR. ICLARM Contribution n° 232*.

- Pauly D et David N (1981). ELEFAN I, a Basic program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforsch.* 28 (4):205-211.
- Pauly D, Moreau J (1997). Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Collection Polytech de l'I.N.P. de Toulouse, Ed *Cépaduès*. France. 288 p.
- Pauly D (1997). Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Collection Polytech de l' I. N. P. de Toulouse, Ed *Cépaduès*. France. 288 p.
- Pauly D(1980). On the inter relationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer.* 39: 175- 192.
- Pen LJ, Potter IC (1991). Reproduction, growth and diet of *Gambusia holbrooki* (Girard) in a temperate Australian river Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 1:159–172.
- Pérez-Bote J L & López M T (2005).Life history pattern of the introduced eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki* (Baird & Girard, 1854), in a Mediterranean, type river: The River Guadiana (SW Iberian Peninsula), *Italian Journal of Zoology*, 72:3, 241-248.
- Ponton D & Gerdeaux D (1988). Quelques aspects de deux poissons planctonophages du lac Léman : le corégone (*Coregorus schinzii palea* (Cuv et Val) et le gardon (*Rutilus rutilus* (L)). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.* 308: 11-23.
- Postel E (1955).Les faciès bionomiques des côtes de Guinée française. *Rapport de Conseil international pour l'exploration de la mer.* 137 : 10-13.
- Pyke GH (2005). A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries.* 15: 339-365.
- Pyke GH (2008). Plague minnow or mosquito fish. A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics.* 39: 171-191.
- Q**
- Quiniou L (1978).les poisons démersaux de la baie de Dauarnenez, alimentation et écologie. Thèse de doctorat. 3eme cycle. Univ Bretagne occidentale. 222p.
- R**
- Ramade F (1984). Ecologie fondamentale. Ed. *Mac Graw Hill*. Paris. 362 p.
- Ramade F (2003). Élément d'écologie. Ed *Dunod*.Paris.690 p.
- Rauchenberger M (1989). Systematics and biogeography of the genus *Gambusia* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *American Museum Novitates* 2951: 1-74



- Reddy SR (1975). Effect of water temperature on the predatory efficiency of *Gambusia affinis*. *Experimentia*. 31: 801-802.
- Rejsek F (2002). Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. *CRDPAquitaine* Ed. 360 p.
- Remini B et Achour B (2013). The foggaras of In Salah (Algeria): the forgotten heritage. *Larhyss Journal*. 15 : 85-95.
- Remini B, Achour B, Kechad R (2014). The foggara: a traditional system of irrigation in arid region. *Geo Science Engineering*. 2: 30-37. DOI:10.2478/gse-2014-0011
- Reznick D, Hrbek TS, Caura J, De Greef & Roff D (2007). Life history of *Xenodexia ctenolepis*: implications for life history evolution in the family Poeciliidae. *Biological Journal of the Linnean Society*. 92: 77-85.
- Ricker WE (1980). Calculé et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bulletin. Fisheries Research Board of Canada*. 191. 409 p.
- Richter HC, Luckstadt C, Focken U & Becker K (2000). An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. *Archive of Fishery and Marine Research*. 48: 255-264.
- Rivas LR (1963). Subgenera and species groups in the poecillid fish genus *Gambusia* Poey. *Copeia* : 331-347.
- Rosecchi E & Nouaze Y (1987). Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes*. 49: (3-4):111- 123.
- Rupp H R (1996). Adverse assessments of *Gambusia affinis*: an alternative view for mosquito control practitioners. *Journal of American Mosquito Control Association*. 12: 155-166.

## S

- Saidi A (1983). Le système de captage traditionnel dans les oasis traditionnelles. Rapport de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques d'Alger.
- Saila SB, Recksiek CW, Prager MH (1988). Basic fishery science programs. A compendium of microcomputer programs and manual of operation. *Developments in aquaculture and fishery science* 18. Elsevier. 230 p.
- Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomeld J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Po NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M & Wall DH (2000). Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.

- Samraoui B & De Belaïre G (1997). The Guerbes Senhadja Wetlands Part 1: an overview. *Ecologie*. 28: 233-250.
- Schwartz D (1983). Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 3<sup>ème</sup> Ed Flammarion : 318 p.
- Semroud R. (1983). Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéen: le lac El Mellah (El Kala) Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, USTHB, Alger, 137p.
- Seurat LG (1930). Les connaissances actuelles sur les poissons culicivores. *Bulletin des travaux de la Station d'Aquiculture et de Pêche de Castiglione*.1: 55-73.
- Sibel AE & Deniz E (2008). A preliminary research on growth features of the mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) determined in Seyhan dam lake (Adana-Turkey). *Journal of Fisheries Sciences*. 2: 312–320.
- Sims SE (1985). Selected computer programs in FORTRAN for fish assessment. *FAO.Fisheries Technical Paper*.259. 183 p.
- Smith MH, Scribner KT, Hernandez JD, Wooten MC (1989). Demographic, spatial and temporal genetic variation in *Gambusia*. In: Meffe GK, Snelson FF (eds) Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). *Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ*.235-257
- Snelson FF (1989). Reproductive biology of Poeciliid fishes. In: Meffe, G.K. and Snelson F.F. (Ed), *Ecology & Evolution of Livebearing Fishes* (Poeciliidae). *Prentice Hall*, New York.
- Soltani N & Bezzazel N (2002). Profil des ecdystéroïdes hémolympatiques et corrélations avec la sécrétion cuticulaire au cours d'un cycle de mue chez la crevette, *Penaeus Kerathurus*. *Journal de Recherche Océanographique*. 27: 226-231.
- Soltani N, Chouahda S & Smaghe G (2008). Evaluation of halofenozide against prey mosquito larvae *Culex pipiens* and the predator fish *Gambusia affinis*: impact on growth and enzymatic activities. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 73 (3): 659-666.
- Soltani N, Rehim N, Beldi H & Bendali (1999). Activité du triflumuron sur *Culex pipiens pipiens* (diptra : Culicidae) et impact sur deux espèces larvivores non visées. *Annals of Society Entomology*. 35: 502-508.
- Soltani-Mazouni N, Boukachabia A & Smaghe G (2004). Sublethal effects of methoxyfenozide on reproduction of the Mediterranean flour moth, *Ephesia kuehniella* Zeller. *Invertebrate Reproduction & Development*. 56 (2): 157-163.

- Sparre P, Venema SC (1996). Introduction à l'évaluation des stocks des poissons tropicaux. Première partie: *Manuel. FAO Doc. Tech sur les Pêches*. 306 (1) : 401p.
- Stearns SC (1983). The genetic basis of differences in life-history traits among six populations of Mosquitofish (*Gambusia affinis*) that Shared Ancestors in 1905. *Society for the Study of Evolution*. 37: 618-627.
- Stergiau K et Karpouzi S (2002). Feeding habits and trophic levels of Mediterranean Sea. *Fish Biology and Fisheries*.11: 217-254.
- Stockwell CA, Weeks SC (1998). Translocations and rapid evolutionary responses in recently established populations of western mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Animal Conservation*. 2: 103-110.
- Swanson C & Cech JJ (1996). Comments on Adverse assessments of *Gambusia affinis*.*Journal of American Mosquito Control Association*. 12: 163-164.
- Swanson C, Cech JJ, Piedrahica RH (1996). Mosquitofish: Biology, culture and use in mosquito control. Univ of California 88 p.
- T**
- Tachet H (2000). Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. *CNRS*. Paris. 588 p.
- Taskavak E & Bilecenoglu M (2001). Length-weight relationships for 18 Lessepsian (Red Sea) immigrant fish species from the eastern Mediterranean coast of Turkey.*Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*.81: 895-896.
- Terki F (1997). Etude comparative de deux dépressions dunaires : le Lac Bleu et la Saulaie (Parc National d'El Kala). Mémoire d'ingénieur. Univ Annaba. 62p
- Tidjani OH (1997). Topographie, structure et ultrastructure des mécano -récepteurs de la ligne latérale d'un poisson Téléostéen prédateur de larves de moustiques *Gambusia affinis*. Thèse de magister. Univ Annaba : 87 p.
- Thiam D (1986). Some improvements and corrections to SIMS version of ELEFAN I. *Fishbyte*.4 (3): 6-10.
- Touchi W, Korichi Y & Moulla M (2013). Ecologie et comportement alimentaire d'un poisson d'eau douce: *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) récolté dans le lac naturel de Réghaïa. USTHB-FBS 4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems""CIPCA4"TAGHIT (Bechar) – Algeria. 2013.
- Trendall JT (1982). Co-variation of life history traits in the mosquitofish, *G. affinis*. *The American Naturalist*. 119: 774-783.

U

Ursin E (1967). A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration and mortality. *Journal of the Fisheries Research of Canada*. 13: 2355-2454 p.

V

Vargas MJ & De Sostoa A (1996). Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian Peninsula). *Hydrobiologia*. 341: 215-224.

Vignes JC (1995). Structure de population, fécondité et régime alimentaire du *Gambusie* dans un plan d'eau du Pays-Basque. *Munibe Munibe Ciencias Naturales- Natur Zientziak*. 47: 101-106.

Vincke M (1982). Population dynamics and secondary production of benthos. Marine Benthic dynamics tenore K-R. and Coull B-C Ed. Univ of South Carolina press, *Belle W. Baruch Library in Marine Science*. tome II: 1-24.

Von Bertalanffy L (1938). A quantitative theory of organic growth (inquires on growth laws II). *Human Biology*. 10: 181-213.

Vondracek B, Wayne A & Cech J (1988). Growth and reproduction of the mosquitofish, *Gambusia affinis*, in relation to temperature and ration level. *Environmental Biology of Fishes*. 21: 45-57.

W

Walters DM, Freeman BJ (2000). Distribution of *Gambusia* (Poeciliidae) in a southeastern river system and the use of fin ray counts for species determination. *Copeia* 2000: 555-559.

Walters LL & Legner EF (1980). Impact of the Desert Pupfish, *Cyprinodon macularius*, and *Gambusia affinis affinis* on fauna in pond ecosystems. *Hilgardia*. 48: 1-18.

Walton S E, Ahmad Amirrudin B, Gan Han M and Bolland Jonathan D (2016). A newly identified population of *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853), a non-native invasive species, in Lake Kenyir, Malaysia. *implications for management*: 107-114.

Wilson F (1965). The genetics of colonizing species. Acad.Pres.New-York. 588 p.

Winkler P (1979). Thermal preference of *Gambusia affinis affinis* as determined under field and laboratory conditions. *Copeia* : 60-64.

Wooten MC, Scribner KT, Smith MH, (1988) Genetic variability and systematics of *Gambusia* in the Southeastern United States. *Copeia*. 2: 283-289.

Wootton RJ (1990). Ecology of Teleost Fishes. 1st Ed, *Chapman & Hall*. London. 386 p.

Wurtsbaugh WA and Cech JJ (1983). Growth and activity of juvenile mosquitofish: temperature and ration effects. *Transactions of the American Fisheries Society*.112: 653-660.

Y

Young JW, Duyet TDLLE, Bradford RW & Whitelaw AW (1997). Feeding ecology and interannual variations in diet of southern bluefin tuna, *Thynnus maccoyii*, in relation to coastal and oceanic waters of eastern Tasmania, *Australia. Environmental Biology of Fishes*.50: 275-291.

Yu Cheng, Wen Xiong, Juan Tao, Dekui He, Kang Chen & Yifeng Chen (2018). Life-history traits of the invasive mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) in the central Yangtze River China. *BioInvasions Records*. 7: 309-318.

Z

Zaidi N & Soltani N (2011). Environmental risks of two chitin synthesis inhibitors on *Gambusia affinis*: chronic effects on growth and recovery of biological responses. *Biological Control*. 59 (2): 106- 113.

Zulian E, Bisazza A, Marin G (1995). Variation in male body size in natural population of *Gambusia holbrooki*. *Ethology Ecology & Evolution*. 7: 1-10.

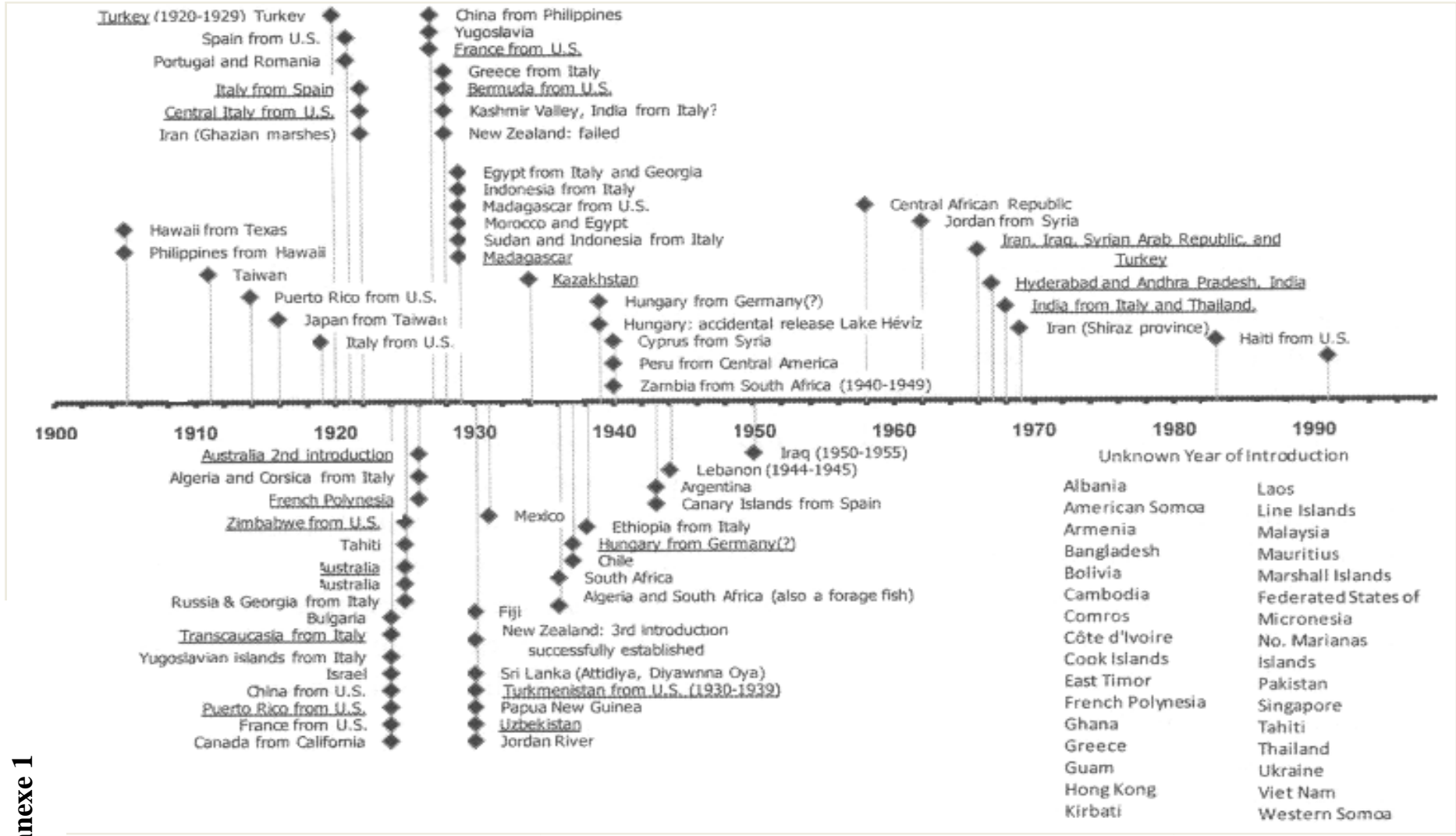
**Sites internet**

- <https://www.fishbase.org>
- <https://www.aquabase.org>
- <https://www.earth.google.com>
- Office National de Météorologie (O.N.M.) : <https://www.meteo.dz>
- <http://www.carte-algerie.com/carte-algerie-population-1971.html>

---

## Annexes

---



**Figure 1:** Calendrier d'introduction de *Gambusia affinis* et *Gambusia holbrooki* hors les États-Unis (Gerberich and Laird, 1968)



## Annexe II

Tableau : les paramètres physico-chimique de l'eau d'oued Sebaine (ADE, 2018)

Paramètres mesurés	Juil	aou	sept	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jui
Température ° C	38.9	42	38.2	28	17	9	23	14	17	19	21.9	25
T eau	21	20	22	18	13	11	17	11	16	15	17.4	17
pH	7.39	7.63	7.88	7.34	7.69	7.37	7.28	7.65	7.69	7.8	7.8	7.25
Turbidité (NTU)	4.20	2.66	2.02	5.33	25.5	3.36						
conductivité (µs/cm)	1005	995	1007	991	1006	999						
Mg+2 (mg/l)	60.75	/	16.5		13.12	19.4						
TDS (mg/l)	503	498	504	495	503	499						
Calcium Ca+2	200	/	80.2		110.6	120.2						
Clorure cl-			171.15		131.2	136.5						
HCO	107	/	/		122	128.1						
T <sup>-</sup>	29.2	/	/		33	30						
Matière organique	/	/	6.4									

### Annexe III

Tableau : Sex-ratio en fonction de classe de taille Tiaret

Centre de classe	Nombre des femelles	Nombre des males	total (n)	%f	%m	X2 (Tiaret)
18.27	32	6	38	84.21	15.78	7.7895
21.62	79	15	100	79	15	43.5745
24.97	109	19	134	81.34	18.65	63.2813
28.32	65	63	128	50.78	49.21	0.0313
31.67	39	70	109	35.77	64.22	8.8165
35.02	46	11	57	80.70	19.29	21.4912
38.37	15	1	16	93.75	6.25	12.2500
41.72	6	2	8	75	15	2
45.07	16	2	18	88.88	11.11	10.8889
48.42	26	0	26	100	0	26
51.77	5	0	5	100	0	5
55.12	5	0	5	100	0	5
58.47	5	0	5	100	0	5
total	448	190	639			

Tableau : Sex-ratio en fonction de saison Tiaret

Tiaret	Nombre des femelles	Nombre des males	total	%f	%m	X <sup>2</sup>
mars	21	12	33	63.63	36.36	0.2308
avril	22	19	41	53.65	46.34	0.2195
mai	8	11	19	42.10	57.89	0.4737
juin	42	21	63	66.66	33.33	7
juillet	18	13	31	58.06	41.93	0.8065
aout	24	9	33	72.72	27.27	6.8182
septembre	38	7	45	84.44	15.55	21.3556
octobre	52	14	66	78.78	21.21	21.8788
novembre	61	22	83	73.49	26.50	18.3253
décembre	62	21	83	74.69	25.30	20.2530
janvier	69	21	90	76.76	23.33	25.6000
fevrier	23	16	39	58.97	41.02	1.2564
global	448	190	639	70.10	29.89	104.3323

Tableau : Sex-ratio en fonction de saison Timimoune

Timimoune	Nombre des femelles	Nombre des males	total	%f	%m	X <sup>2</sup>
octobre	25	8	33	75.75	24.24	8.7576
novembre	13	14	27	48.14	51.85	0.0370
décembre	17	17	34	50	50	0
janvier	15	8	23	65.21	34.78	2.1304
fevrier	25	8	33	75.75	24.24	8.7576
mars	8	8	16	50	50	0
avril	11	10	21	52.38	47.61	0.0476
mai	20	14	34	58.82	41.17	1.0588
juin	21	2	23	91.30	8.69	15.6957
juillet	15	16	31	48.38	51.61	0.0323
aout	17	10	27	62.96	37.03	1.8148
septembre	23	8	31	74.19	25.80	7.2581
global	274	128	402	68.15	31.84	53.0249

Tableau : Sex-ratio en fonction de classe de taille Timimoune

Centre de classe	Nombre des femelles	Nombre des males	total (n)	%f	%m	X <sup>2</sup> Timimoune
21.01	6	9	15	40	60	0.0588
25.01	15	21	36	41.66	58.33	1
29.01	30	49	79	37.97	62.02	4.5696
33.01	41	36	77	53.24	46.75	0.1200
37.01	69	6	75	92	8	52.9200
41.01	42	7	49	85.71	14.28	25
45.01	41	0	41	100	0	41
49.01	23	0	23	100	0	23
53.01	7	0	7	100	0	7
57.01	7	0	7	100	0	7
global	274	128	402			53.0249

Tableau : Sex-ratio en fonction de saison Biskra

Biskra	Nombre des femelles	Nombre des males	totale	%f	%m	X <sup>2</sup>
novembre	26	19	45	57.77	42.22	1.0889
decembre	42	27	69	60.86	39.13	3.2609
janvier	10	7	17	58.82	41.17	0.5294
fevrier	52	13	65	80	20	23.4000
mars	4	19	23	17.39	82.60	9.7826
avril	32	4	36	88.88	11.11	21.7778
mai	23	4	27	85.18	14.81	13.3704
global	204	78	282	72.34	27.65	56.2979

Tableau : Sex-ratio en fonction de classe de taille Biskra

Centre de classe	Nombre des femelles	Nombre des males	total (n)	%f	%m	X2 Biskra
21.26	15	12	27	55.55	44.44	0.3333
25.76	19	16	35	54.28	45.71	0.2571
30.26	21	22	43	48.83	51.16	0.0233
34.76	46	20	66	69.69	30.30	10.2424
39.26	43	8	51	84.31	15.68	24.0196
43.76	22	0	22	100	0	22
48.26	25	0	25	100	0	25
52.76	9	0	9	100	0	9
57.26	2	0	2	100	0	2
61.76	2	0	2	100	0	2
global	204	78	282			56.2979

Tableau : Sex-ratio en fonction de classe de saison Bechar

Bechar	Nombre des femelles	Nombre des males	totale	%f	%m	X2 (Bechar)
mai	17	12	29	58.62	41.37	0.8621
juin	10	10	20	50	50	0
juillet	33	5	38	86.84	13.15	20.6316
aout	36	14	50	72	28	9.6800
september	17	9	26	65.38	34.61	2.4615
octobre	12	7	19	63.15	36.84	1.3158
global	125	57	182	68.68	31.31	25.4066

Tableau : Sex-ratio en fonction de classe de classe de taille Bechar

Centre de classe	Nombre des femelles	Nombre des males	total (n)	%f	%m	X2 (Bechar)
18.5	47	2	49	95.91	4.08	41.3265
22.1	44	15	59	74.57	25.42	14.2542
25.7	11	14	25	44	56	0.3600
29.3	1	7	8	12.5	87.5	4.5000
32.9	7	7	14	50	50	0
36.5	6	2	8	75	25	2
40.1	3	0	3	100	0	3
43.7	3	0	3	100	0	3
47.3	1	0	1	100	0	1
global	125	55	180			27.2222

## Programme Matlab

Sex ration en fonction de saison

`%Tiaret debut mars`

```
xl1tt=[63.63 53.65 42.10 66.66 58.06 72.72 84.44 78.78 73.49 74.69  
76.76 58.97];  
yl1tt=[36.36 46.34 57.89 33.33 41.93 27.27 15.55 21.21 26.50 25.30  
23.33 41.02];  
n=[1:1:12];  
plot(n,xl1tt,'r',n,xl1tt,'*r',n,yl1tt,'b',n,yl1tt,'+b')
```

`%timimoune debut juillet`

```
xl1tm=[75.75 48.14 50 65.21 75.75 50 52.38 58.82 91.30 48.38 62.96  
74.19];  
yl1tm=[24.24 51.85 50 34.78 24.24 50 47.61 41.17 8.69 51.61 37.03  
25.80];  
n=[1:1:12];  
plot(n,xl1tm,'r',n,xl1tm,'*r',n,yl1tm,'b',n,yl1tm,'+b')
```

`%biskra début de novembre`

```
xl1bs=[57.77 60.86 58.82 80 82.60 88.88 85.18];  
yl1bs=[42.22 39.13 41.17 20 17.39 11.11 14.81];  
nbs=[1:1:7];  
plot(n,xl1bs,'r',n,xl1bs,'*r',n,yl1bs,'y',n,yl1bs,'+y')
```

`%bechar début de mai`

```
xl1bc=[58.62 50 86.84 72 65.38 63.15];  
yl1bc=[41.37 50 13.15 28 34.61 36.84];  
nbc=[1:1:6];  
  
plot(n,xl1bs,'r',n,xl1bs,'*r',n,yl1bs,'y',n,yl1bs,'+y')
```

## Répartition mensuelle de *Gambusia affinis* en fonction de classes de taille chez les deux sexes dans la région de Tiaret

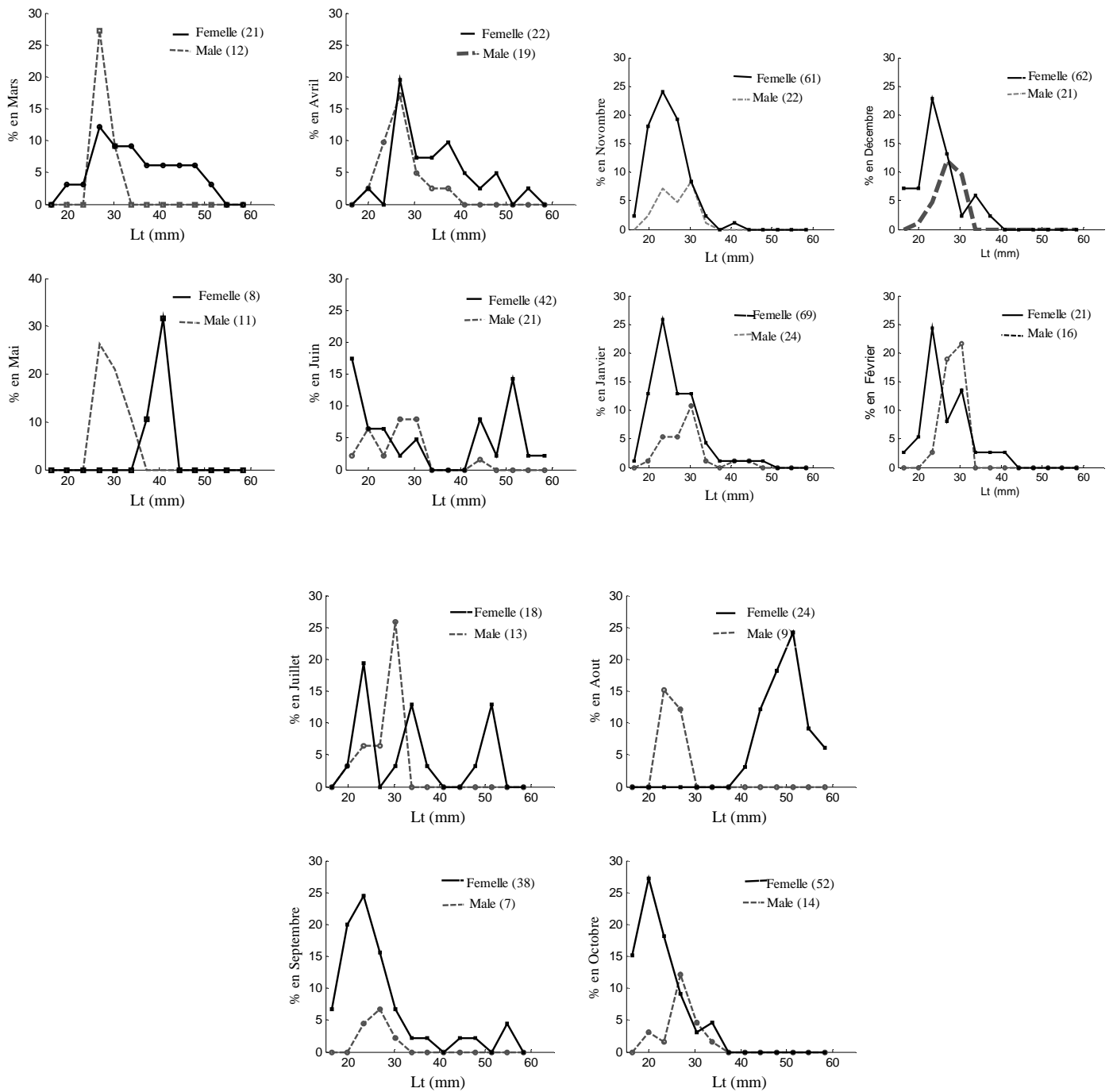


Figure : Répartition mensuelle de classes de taille chez les deux sexes de *Gambusia affinis* dans la région de Tiaret

## Annexe IV

### Régime alimentaire

Tableau : classification de régime alimentaire chez les femelles de *G. affinis* d'oued Sebaine

Proies	cn	F	Fc	classes
Cladocéres	46,3	54,57	24,45	sec fréquente
Copépodes	5,72	12,67	5,67	Compl 2em ordre
Ostrapodes	0,22	0,7	0,13	accidentelles
Amphipodes	9,72	33,45	14,99	compl 1ordr
Hyménoptères	0,66	3,16	1,41	accidentelles
Odonates	0,11	0,7	0,31	accidentelles
larve Diptères	27,01	61,61	27,61	Secon frecante
Collemboles	0,05	0,35	0,15	accidentelles
Hemiptères	0,61	3,52	1,57	accidentelles
Diptères adultes	4,83	26,4	11,83	compl 1ordr
Coléoptères	0,16	1,05	0,47	accidentelles
Areignés	0,61	4,22	1,89	accidentelles
Gastéropodes	0,77	1,76	0,78	accidentelles
Nématodes	0,11	0,7	0,313	accidentelles
larve de Poisson	0,16	1,05	0,47	accidentelles
Divers	2,89	17,21	7,71	Compl 2em ordre

Tableau : classification de régime alimentaire chez les males de *G. affinis* d'oued Sebaine

Proies	cn	f	fc	classe
Cladocéres	26,59	38,84	19,92	sec fr
Copépodes	22,04	20,66	10,59	sec fr
Amphipodes	13,18	29,75	15,26	sec fr
larve Diptères	29,54	54,54	27,97	sec fr
Diptères adultes	6,81	30,57	15,68	compl 1ordre
Hyménoptères	0,22	0,8	0,41	accident
Collemboles	0,22	0,8	0,41	accident
Areignés	1,13	3,3	1,69	Compl 2ordr
Gastéropodes	2,27	1,65	0,84	Compl 2ordr
Divers	3,86	14,04	7,2	compl 2ordr

Tableau : Répartition des proies selon les classes de taille de *G. affinis* échantillonnée d'oued Sebaine de Tiaret

	Clad	1. Dipt	Copé	Amphi	Ostr	Diptad	Hémip	Hyménop	Collemb	Odon	Gastéro	Araig	Pois	Divers
19,12	50,46	28,13	3,48	9,06	0,23	4,65	0,23	0	0	0	0	0	0	3,02
23,62	44,68	28,31	3,92	16,03	0	5,89	0	0	0	0,16	0	0,49	0	3,43
28,12	48,79	29,53	17,5	6,34	0	6,34	0	0,21	0,21	0	0,21	0,65	0	3,5
32,62	38,05	27,13	10,02	13,27	0	5,3	0	0,29	0,29	0	0	1,17	0,29	4,12
37,12	21,73	63,76	0	10,14	0	0	0	1,44	0	0	0	0	0	2,89
41,62	53,91	25,21	6,96	1,73	0	0	0,86	0	0	0,86	0	0	0,86	3,87
46,12	43,9	31,7	0	2,43	0	4,87	0	2,43	0	0	2,43	4,87	0	2,43
50,62	0	10,52	0	5,26	15,87	10,52	15,78	21,05	0	0	0	5,26	0	5,26
55,12	0	60	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
59,62	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0



Contenu stomacal de *G. affinis* contient l'huiles (Aout 2017)



Figure : Contenu stomacal de *G. affinis* contient l'huiles (Photo Sellaoui, 2018).

**Quelques photos de proies ingérées**



Figure : Les micro-algues (Photo Sellaoui, 2018)

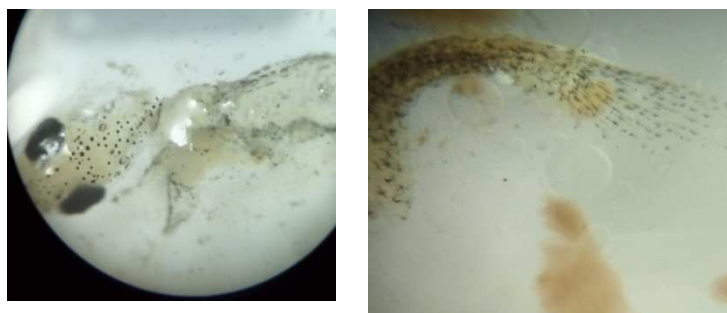


Figure : Larve de poisson (Photo Sellaoui, 2018)



Figure : *G. affinis* (Photo Sellaoui, 2018) Figure : Tube digestif (Photo Sellaoui, 2018)



Figure : les différents stades de maturité sexuelle chez *G affinis* (Photo Sellaoui, 2018)

---

## Articles Scientifiques

---

## Growth and length-weight relationships of *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) population in Algeria (Cyprinodontiformes Poeciliidae)

Naima Sellaoui\* & Farid Bounaceur<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Sciences of Nature and Life, Laboratory of Agrobiotechnology and Nutrition in Semi-arid Zone, Ibn-Khaldoun University of Tiaret, 14000, Algeria

<sup>2</sup>Department of Natural Sciences and Life, University Center of Tismessilt, 38000 Algeria

\*Corresponding author: naimaselb@yahoo.fr

---

### ABSTRACT

The aim of this study is to provide necessary information on the growth, length-weight relationships of *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) (Cyprinodontiformes Poeciliidae) in four different areas: Timimoune's foggara, southwestern Algerian Sahara, with a total of 402 specimens; 182 fishes in Bechar; Biskra, northeastern Sahara, with 282 specimens; and Oued Sebaine, in western Algeria, with 638 fishes. The female to male sex ratio was 2.14:1 (Timimoune), 2.19:1 (Bechar), 2.61:1 (Biskra) and 2.35:1 (Tiaret). The length-weight relationship of *G. affinis* population shows a difference in growth between the sexes (isometric, positive and negative allometric). The parameter of Von Bertalanffy,  $L_{\infty}$ , was obtained for the females of each region: in Timimoune, 62.14 mm; in Bechar, 51.72 mm; in Biskra, 67.25 mm; and in Tiaret, 63.62 mm. The  $L_{\infty}$  of males for each region is instead: in Timimoune, 45.48 mm; in Bechar, 41.75 mm; in Biskra, 47.89 mm; and in Tiaret, 45.49 mm.

### KEY WORDS

Algerian; *Gambusia affinis*; sex ratio; length-weight; Von Bertalanffy.

Received 12.08.2020; accepted 22.11.2020; published online 23.12.2020

---

### INTRODUCTION

The birth rate, death rate, population size, density, age structure and sex ratio of population are parameters particularly important that influence population growth or decline (Dodge, 2006). The allocation of energy to growth and reproduction, in relation to temperature and food availability. Vondracek et al. (1988), investigated in laboratory experiments with *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853). The growth rates of this specie in a cycling temperature regime (20-30°C), were faster than in a 25°C constant temperature, and a negative relationship between growth rate and fish density (Stearns & Sage, 1980).

*Gambusia affinis* is the most abundant, widespread freshwater fish in the world (Pyke, 2008), it belongs to Poeciliidae family and Cyprinodontiformes order. Originally, it comes from the eastern and south-eastern United State of America, ranging from New Jersey to central Mexico, it has, however, been successfully introduced to most of the world, except Antarctica (Pyke, 2008). In Algeria, *G. affinis* is considered as a species exotic, it was mentioned in the works of zoologist Seurat, declaring the introduction of this species in Algeria since 1924 (Arab, 1989). This species is considered as a biological control agent to eradicate mosquitoes and the disease vectors they harbor (Green & Imber,

1977; Nelson & Keenan, 1992; Offill & Walton, 1999), it is therefore successful in controlling malaria (Krumholz, 1948; Walton, 2007).

This species is a hardy fish which is tolerant to a wide range of water quality parameters, including elevated salinity (Alcaraz & García Berthou, 2007). *Gambusia affinis* from Texas grew more slowly in fresh water rather than in brackish water (Stearns & Sage, 1980), and survives in waters with very low oxygen (Cech et al., 1985), and high temperatures (Pyke, 2005)

The overall aim of this study is to provide original information for the first time on some parameters, such as the length population structure or frequency distribution, length-weight relationship, age and the growth parameters of Von Bertalanffy of the *G. affinis* population in four Algerian biotopes, such as the west, the northeast and the southwest of the Algerian Sahara and compare these results with other studies on mosquitofish. Note that knowledge of these biological characteristics and the length-weight relationships is very important for the assessment and management of fish stocks (Cai et al., 2019).

## MATERIAL AND METHODS

### Study area

All specimens were collected from four different areas (Fig. 1).



Figure 1. Geographical location of the study area.

Gazelle fountain dam in Biskra ( $35^{\circ} 7'25.52''N$  and  $5^{\circ}35'25.04''E$ ). It is located at 37 km from governorate Biskra (the Ziban), in the northeastern of the Algerian Sahara, at the southern foothills of the Saharan Atlas. The mountains at the northern limit mitigate the extension of the influences of the humid Mediterranean climate and give the region a hyper arid character towards the Sahara to the south. The data show that the coldest month is December with an average temperature of  $12.2^{\circ}C$ , and the hottest month is August with  $34.7^{\circ}C$ .

Oued Sebaine in Tiaret ( $35^{\circ}26'18.01''N$  and  $1^{\circ}36'31.09''E$ ). It is located in north-western of Algeria, 28 km the east of the governorate Tiaret, at an altitude of 918 m, it is small river that has a ten of permanent sources of fresh water, s'called Ras El Ain, about 1.4 km of long, it poured into the Ouassel river. The continental climate has two periods: a harsh winter with an average temperature of  $6^{\circ}C$  in January and a hot and dry summer at  $34.9^{\circ}C$  in July. This wadi is a habitat of high terrestrial and aquatic biodiversity.

The Timimoune's foggarain Adrar ( $29^{\circ}15'13.58''N$  and  $0^{\circ}12'35.19''E$ ). Situated in the western Algerian Sahara, Igraven and Abad are the sampling sites of fish in Timimoune about 200 km northeast of Adrar governate, at 257 m altitude. The foggara is a draining underground tunnel dug in a straight line from upstream to downstream, which collects and brings underground water to the land to be irrigated. The Saharan climate is characterized by a very irregular and weak rain, with an average temperature of  $13.2^{\circ}C$  in January, and  $37.5^{\circ}C$  in July.

The small dam in Abadla, Bechar ( $31^{\circ}01'13''N$  and  $02^{\circ}43'14''W$ ). It is located in the southwest of Algeria, at 950 km from the capital Algiers, the small dam is a part of the Oued Guir which originates in the High Atlas in Morocco and travels to the border between Algeria and Morocco, feeds the Djorf Torba dam (50 km west of Bechar), then crosses the town of Abadla. The Saharan climate is characterized by a very hot summer and a very cold winter, light precipitation, frequent and violent winds.

### Sampling

Monthly samples were collected for each area, a total of 282 specimens of *G. affinis* during the period from November 2006 to May 2007 at the Gazelle fountain dam in Biskra, 402 specimens



were collected from July 2010 to June 2011 in Timimoune's foggara, 638 fish were collected in wadi Sebaine from March 2017 to February 2018, and 182 mosquitofish were collected between May 2018 and October 2018 in the small dam in Abadla, Bechar, where the sampling stopped due to a flood. All the sampled fish were caught during the day using a dip net (a stretched size of 1 mm). The biological material was preserved in a 4% formalin solution and sent to the laboratory, where the total length (Lt) was measured by a digital calliper (to the nearest 0.01 millimeters) and the weight by a digital precision balance (to the nearest 0.01 grams). The sex was determined from the morphology of the anal fin, which takes a gonopodium form, and by direct observation of the gonad structure.

The test of reduced gap  $\varepsilon$  used for the comparison of the average sizes of males and females (Schwartz, 1983) followed this equation:

$$\varepsilon = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Where  $\sigma_1^2$ : variance of females;  $\sigma_2^2$ : variance of males;  $\bar{X}_1$ : denotes mean female;  $\bar{X}_2$ : denotes mean male;  $n_1$ : number of females; and  $n_2$ : number of males.

### Length-weight relationship

The length-weight relationship was calculated for both sexes using the allometric equation (Le Cren, 1951):  $Wt = a \times Lt^b$ .

Where  $Wt$  is the body weight (g),  $Lt$  is the total length (mm),  $a$  is the regression and  $b$  is the regression coefficient (slope). The parameters  $a$  and  $b$  were estimated by linear regression analysis by logarithmic transformed (Froese, 2006) as follows:  $\text{Log}(Wt) = \text{Log}(a) + b \times \text{Log}(Lt)$ .

If  $b = 3$  the growth is isometric, if  $b < 3$  the allometry is negative and if  $b > 3$  the allometry is positive.

### Growth parameters

The growth model used for the fish growth is that of Von Bertalanffy (1938), according to the following equation:  $Lt = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$ .

Where  $L_\infty$  is the asymptotic total length,  $Lt$  is the total length in mm at age  $t$ ,  $K$  is the growth coefficient and  $t_0$  is the hypothetical age at which length is zero.

### Statistical processing

The growth parameters of the Von Bertalanffy equation were estimated by the ELEFFAN method (Electronic length-frequency analysis) of the LFDA software (length frequency distribution analysis) (Kirkwood et al., 2001).

The growth performance index  $\Phi'$  proposed by Pauly and Munro (1984), was calculated using the following formula:  $\Phi' = \log(K) + 2 \times \log(L_\infty)$ .

## RESULTS

### Population structure and Length frequency distribution

The population of *G. affinis* presents in Biskra consists of 282 individuals, 204 females (72.34%) and 78 males (27.65%), in Timimoune 402 fish were captured, 274 females (63.11%) and 128 males (36.88%), in Tiaret 638 mosquitofish were captured, 448 females (70.21%) and 190 males (36.88%), and in Bechar 182 fish were captured, 125 females (68.68%), and 57 males (31.31%). Therefore, the overall sex ratio (F:M) of *G. affinis* for each area is in favor of females rather than males: Biskra, 2.61:1; Timimoune, 2.14:1; Tiaret, 2.35:1; and Bechar, 2.19:1. These values were significantly different from 1:1.

The length of *G. affinis* females and males in Biskra ranged, respectively, from 19.01 mm to 64.02 mm and from 21.9 mm to 45.07 mm. In Tiaret the minimum and maximum size of females and males ranged, respectively, from 16.6 to 60.20 mm and from 18.7 to 43.07 mm. In the population of Timimoune the total length of the females and males were, respectively, from 19.01 mm to 59 mm and from 21 mm to 43 mm. Lastly, the length of the population of females and males in Bechar ranged, respectively, from 16.7 mm to 49.10 mm and from 19.73 mm to 38.05 mm.

The calculated values of the reduced gap  $\varepsilon$  for our study are 3.62 (in Biskra), 11.94 (in Timimoune), 4.11 (in Tiaret) and 4.97 (in Bechar). These values are higher than the value given to the Gaussian distribution Table (1.96) for a confidence level of 5% indicating that the average sizes of females is significantly larger than that observed for males.

Figure 2 shows in Timimoune that there are more

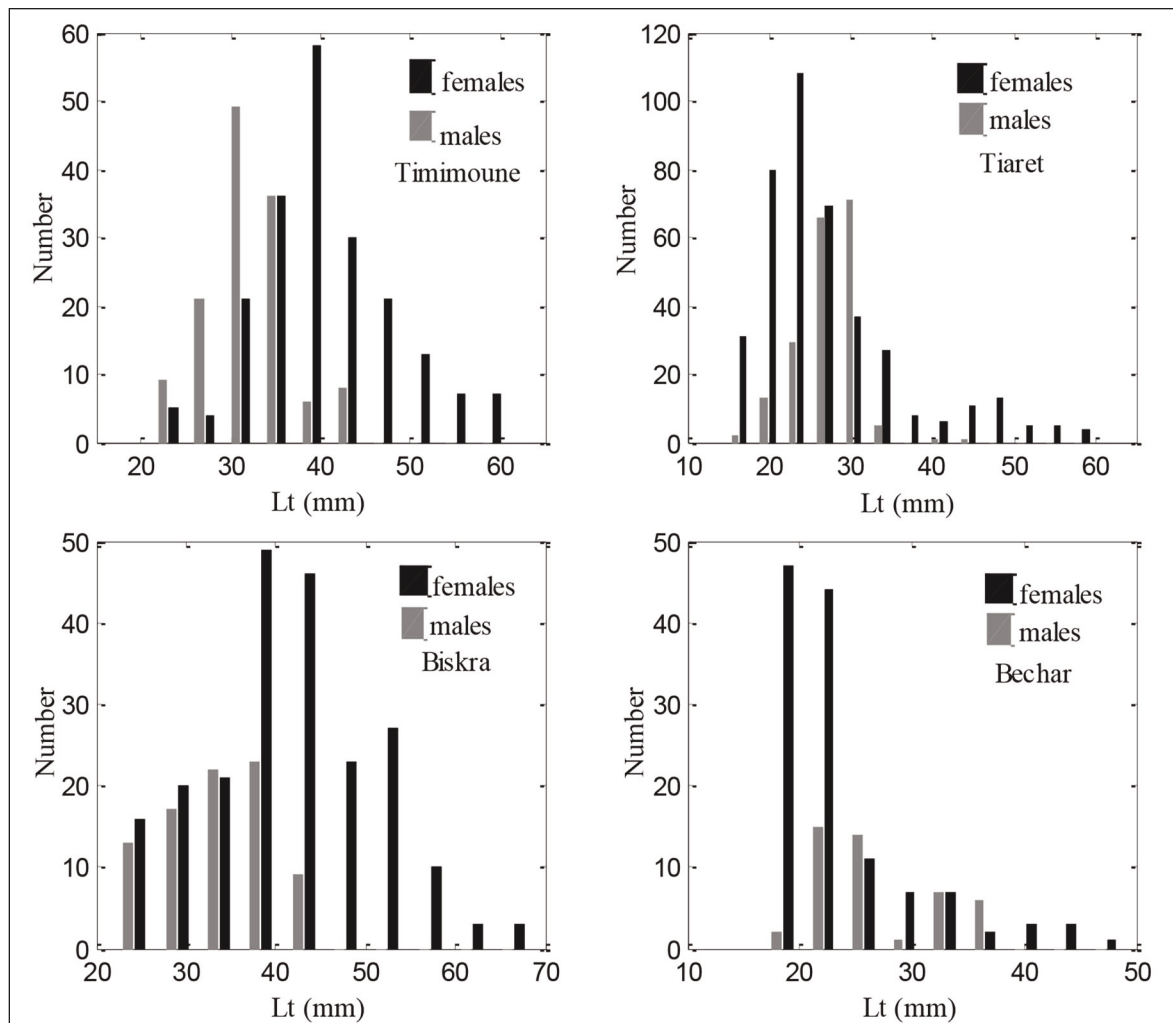


Figure 2. Length composition of *Gambusia affinis* from each region.

females than males in all size groups except 23.01 mm (5 females/9 males), 27.01 mm (4 females/21 males) and 31.01 mm (21 females/49 males). In Tiaret the females were more than males in all size groups except 30.35 mm (37 females/71 males), hence in Biskra and Bechar, females were generally the most abundant in all sizes, while males of Bechar predominated in sizes 25.7 mm (11 females/14 males) and 36.5 mm (2 females/6 males).

#### Length-weight relationship

Length-weight relationship of *G. affinis* is illustrated in figures 3, 4, 5 and 6 which show a negative allometry growth observed for males of Timimoune ( $b = 2.82$ ), Tiaret ( $b = 2.81$ ) and Bechar ( $b = 2.84$ ),

and a positive allometric for females of Biskra ( $b = 3.19$ ), Timimoune ( $b = 3.07$ ) and Tiaret ( $b = 3.32$ ), and isometric growth for males of Biskra ( $b = 3.00$ ) and females of Bechar ( $b = 3.04$ ). All linear regressions of the length-weight relationships were very significant, with the coefficient of determination ( $r^2$ ) of Biskra, 0.980 for females and 0.928 for males, of Timimoune, 0.897 for females and 0.906 for males, of Tiaret, 0.986 for females and 0.925 for males, and of Bechar, 0.963 for females and 0.952 for males, with ( $p < 0.05$ ).

All available data on the Von Bertalanffy growth equation and  $\Phi'$  values of the *G. affinis* population from the present study are compiled in Table 1, in which the  $\Phi'$  index shows a great similarity between the two sexes.

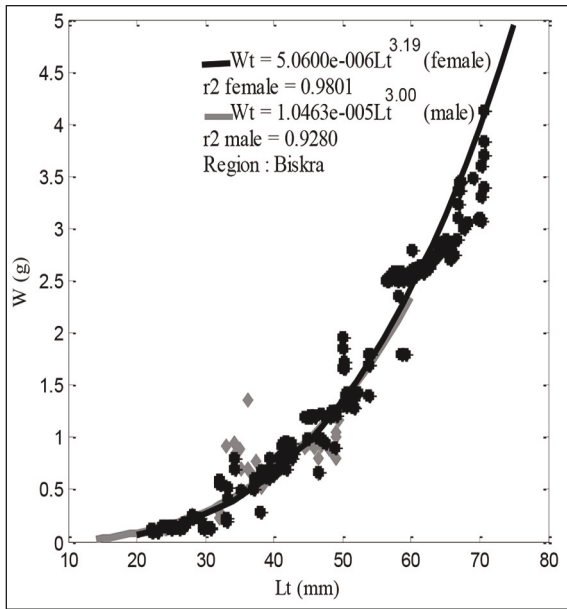


Figure 3. Length-weight relationship of male and female *Gambusia affinis* at Biskra.

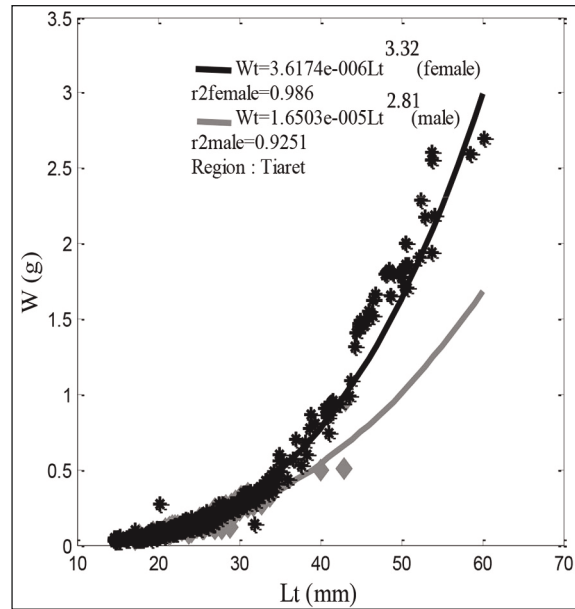


Figure 5. Length-weight relationship of male and female *Gambusia affinis* at Tiaret.

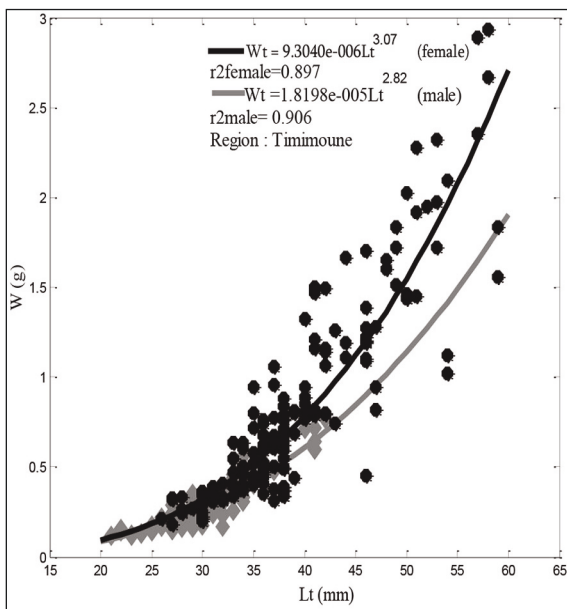


Figure 4. Length-weight relationship of male and female *Gambusia affinis* at Timimoune.

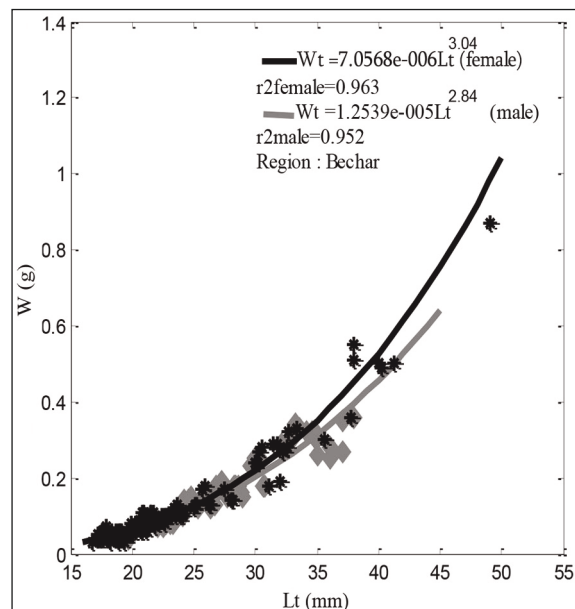


Figure 6. Length-weight relationship of male and female *Gambusia affinis* at Bechar.

## DISCUSSION

The overall sex ratio of *G. affinis* (F: M) in the four populations of Biskra, Timimoune, Tiaret and Bechar was significantly different from a 1:1 in favor of females, as confirmed in previous works by

Öztürk & İkiz (2004). However, the sex ratio is different at Althama (1:1.1), Aian Elmajdob (1:2.5) and Ard Alahlam (1:2) in Benghazi, Libya (Eltaeab & Elbaraasi, 2019). According to Krumholz (1948), the sex ratio of *Gambusia* at birth is 1:1, but this ratio is altered due to different sampling strategies, and sam-



Areas	Von Bertalanffy Equation			
	Female	$\Phi'$	Male	$\Phi'$
Biskra	$L_t = 67.25 (1 - e^{-0.99(t+0.58)})$	3.65	$L_t = 47.89 (1 - e^{-0.90(t+0.42)})$	3.31
Timimoune	$L_t = 62.14 (1 - e^{-0.89(t+0.99)})$	3.53	$L_t = 45.48 (1 - e^{-0.97(t+0.95)})$	3.30
Tiaret	$L_t = 63.62 (1 - e^{-0.80(t+0.73)})$	3.51	$L_t = 45.49 (1 - e^{-0.99(t+0.53)})$	3.31
Bechar	$L_t = 51.72 (1 - e^{-0.72(t+0.43)})$	3.28	$L_t = 41.75 (1 - e^{-0.46(t+0.13)})$	2.90

Table 1. Von Bertalanffy growth equation of *Gambusia affinis* for both sexes.

Authors	a	b	r2	Sex	Areas
Yu Cheng et al., 2018	$7.13e^{-6}$	3.253	0.961	F	Yangtze River, China
	$3.29e^{-5}$	2.593	0.763	M	
Sibel & Deniz, 2008	0.016	2.626	0.908	F	Lake Adana, Turkey
	0.019	2.474	0.892	M	
Öztürk & İkiz, 2004	0.131	3.230	0.991	F	Fethiye-Akgöl Turkey
	0.135	3.006	0.919	M	
	0.133	3.270	0.988	F+M	
	0.123	3.301	0.987	F	Dalaman, in Turkey
	0.118	2.673	0.812	M	
	0.126	3.27	0.982	F+M	
	0.130	3.3014	0.987	F	Ortaca in Turkey
0.161	2.6737	0.812	M		
0.132	3.2685	0.794	F+M		
İlhan & Sarı, 2015	0.0145	2.945	0.818	F+M	Marmara lake, Anatolia, Turkey
Bounaceur, 1997	$20.8 \times 10^{-3}$	3.20	0.995	F+M	Tonga lake, Algeria
	$20.1 \times 10^{-3}$	3.17	0.996	F+M	Oubeira lake, Algeria
	$32.6 \times 10^{-3}$	3.19	0.994	F+M	Oued Bouarroug, Algeria

Table 2. Length-weight relationship of *Gambusia affinis* in different areas of world.

Areas		$L_{\infty}$ (mm)	K (mm / year)	$\Phi'$	Sex	Authors
France	Vistre	78.33	0.25	3.19	♀	Carmona-catot et al., 2014
	Orb	35.81	2.05	3.42	♀	
	Bordigou	43.35	1.00	3.27	♀	
Spain	Fluvia	46.06	1.04	3.34	♀	Carmona-catot et al., 2014
	Ter	31.43	2.79	3.44	♀	
	Ebro	47.43	0.91	3.31	♀	
	Algar	41.71	1.28	3.35	♀	
	Segura	34.67	2.74	3.52	♀	
Hawaii	kay	20.51	1.99	2.92	♂	Stearns, 1983
	twin	60.91	0.53	3.29	♂	

Table 3. Von Bertalanffy growth parameters of *Gambusia affinis* reported in several areas.

pling errors, preferences and changes in their micro-habitat preferences at specific stages of life of species between sex (Fernández-Delgado & Rossomanno, 1997). The predominance of females is also due to the longer lifespan (Krumholz, 1948; Kartes & Quignard, 1984; Fernández-Delgado, 1989).

We also observed that the proportion of females increased in the large length classes, and males in the smallest length classes, as females take longer to mature and continue to grow throughout their life (Vargas & Sostoa, 1996), whereas males stop growing or grow very soon after the formation of the gonopodium (Krumholz, 1948).

The length-weight relationships obtained in our regions are strongly correlated ( $r^2$ ), and suggest differences in growth between the sexes. The females of Biskra, Timimoune and Tiaret exhibit significant positive allometric relationship, indicating that the body weight grows slightly faster than the body length (Froese, 2006), while the males of Timimoune, Tiaret and Bechar present negative allometric growth indicating that the length increases as the cube of weight. For the males of Biskra and the females of Bechar, the isometric growth denotes as the weight and length of fish increases at the same time. Similar growth was observed for females and males of *G. affinis* (Table 2) in the Yangtze river in China (Yu Cheng et al., 2018), in Dalaman, and Ortaca in the Western Mediterranean region of Turkey (Öztürk & İkiz, 2004). Additionally, in northeastern Algeria, positive growth for both sexes has been noted

(Bounaceur, 1997), while in lake Adana in Turkey (Sibel & Deniz, 2008) and lake Marmara, Anatolia in Turkey (İlhan & Sarı, 2015) negative growth for both sexes has been noted.

The b parameter may vary depending on temperature and seasons, habitat characteristics such as salinity, availability of food resources and gonad maturity (Gonçalves et al., 1997; Taskavak & Bilecenoglu, 2001; Özeydin et al., 2007).

The  $L_{\infty}$  values (Table 1) obtained for the females and males of Biskra, Timimoune, Tiaret and Bechar indicate that the females have a higher asymptotic length than the males. The growth parameters ( $L_{\infty}$ ,  $t_0$  and  $k$ ) have been compared with other studies (Table 3), and the asymptotic length ( $L_{\infty}$ ) is thereabouts similar to the studies carried out in the regions of Spain, Fluvia and Ebro areas (Carmona-catot et al., 2014). However, the  $L_{\infty}$  values are lower than those reported from Vistre, Orb and Bordigou in France (Carmona-catot et al., 2014), and Ter, Algar, Segura in Spain (Carmona-catot et al., 2014), for  $L_{\infty}$  of males, the lowest values in Kay and Twin areas in Hawaii (Stearns, 1983). According to Da Silva et al. (2020), the parameters ( $L_{\infty}$  and  $k$ ) apply to the assessment of growth, dynamic characteristics of populations and biomass. Furthermore, the performance index  $\Phi'$  (Table 1) shows a strong similarity between the two sexes, as these values are similar to those observed in France and Spain (Carmona-catot et al., 2014) and in Hawaii (Stearns, 1983).

## CONCLUSIONS

This study is the first data on the biological characteristics such as length-weight relationships and growth parameters of the exotic fish species *G. affinis* in the western mainland of Algeria (Tiaret) and southwestern (Timimoune and Bechar) and north-eastern Sahara (Biskra).

The length-weight relationship of *G. affinis* in these areas shows a difference in growth between the sexes indicating the isometric growth, positive and negative allometric growth. Von Bertalanffy's growth parameters differed significantly between sexes and by regional characteristics.

Growth parameters and the length-weight relationship remain very important for any estimate of fish biomass.

## REFERENCES

- Alcaraz C. & García-Berthou E., 2007. Life history variation of invasive mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) along a salinity gradient. *Biological Conservation*, 139: 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.06.006>
- Arab A., 1989. Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse de Magister, Université Alger, 139 pp.
- Bounaceur F., 1997. Contribution à écologie de *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) dans trois sites humides du parc national d'El Kala. These de magister, Ecole National Supérieur d'Agronomie, Algérie, 128 pp.
- Cai X., Li G., Li F., Wang H., Zhang Y., Gu D. & Shen Z., 2019. Length-weight relationships of three freshwater fish species from the Nandu River and Changhua River in Hainan Island, China. *Journal of Applied Ichthyology*, 35: 580–581. <https://doi.org/10.1111/jai.13801>
- Carmona-Catot G., Santos A.F.G.N., Tedesco P.A. & Garcia-Berthou E., 2014. Quantifying seasonality along a latitudinal gradient: from stream temperature to growth of invasive mosquitofish. *Ecosphere*, 5: 1–23. <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00163.1>
- Cech J.J., Massingill M.J., Vondracek B. & Linden A.L., 1985. Respiratory metabolism of mosquitofish, *Gambusia affinis*: effects of temperature, dissolved oxygen, and sex difference. *Environmental Biology of Fishes*, 13: 297–307.
- Da Silva R.S., Virgilio L.R., Corrêa F., Vieira L.J.S., 2020. Length-weight relationships of fish species from oxbow lakes on the floodplain of the middle Purus River in western Brazilian Amazon. *Journal of Applied Ichthyology*, 36: 256–258. <https://doi.org/10.1111/jai.14013>
- Dodge Y., 2006. *The Oxford Dictionary of Statistical Terms*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Eltaeab E. & Elbaraasi H., 2019. Populations structure of mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) in four different lakes in Benghazi, Libya. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 20: 103–110. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2019.20.556041.0109>
- Fernandez-Delgado C., 1989. Life history patterns of the mosquitofish, *Gambusia affinis* in the estuary of the Guadalquivir river of south-west Spain. *Freshwater Biology*, 19: 395–404. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1989.tb01113.x>
- Fernandez Delgado C. & Rossomanno S., 1997. Reproductive biology of mosquitofish in a permanent lagoon in south-west Spain: two tactics for one species. *Journal of Fish Biology*, 51: 80–92.
- Froese R., 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal compilation*, 22: 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Gongalves J.M.S., Bentes L., Lino P.G., Ribeiro J., Carkrio A.V.M. & Erzini K., 1997. Weight-length relationships for selected fish species of the small scale demersal fisheries of the south and southwest coast of Portugal. *Fisheries Research*, 30: 253–256.
- Green M.V. & Imber C.F., 1977. Applicability of *Gambusia affinis* to urban mosquito problems in Burlington County, New Jersey. *Mosquito News*, 37: 383–385.
- İlhan & Sari H.M., 2015. Length-weight relationships of fishes in west Anatolia. *Croatian Journal of Fisheries*, 73: 30–32. <http://dx.doi.org/10.14798/73.1.784>
- Kartas F. & Quignard J.P., 1984. La fécondité des poissons téléostéens. *Collection de Biologie des Milieux Marins*, 5e Ed., Masson, 121 pp.
- Kirkwood G.P., Auckland R. & Zara J.S., 2001. *Length frequency distribution analysis (LFDA)*, Version 5.0. MRAG Ltd., London, UK
- Krumholtz L.A., 1948. Reproduction in the western mosquitofish *Gambusia affinis*. (Baird & Girard, 1853) and its use in mosquito control. *Ecological Monographs*, 18: 1–43. <https://doi.org/10.2307/1948627>
- Le Cren E.D., 1951. The length-relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20: 201–218.
- Nelson S.M. & Keenan L.C., 1992. Use of an indigenous fish species, *Fundulus zebrinus*, in a mosquito abatement program: A field comparison with the

- mosquitofish *Gambusia affinis*. Journal of the American Mosquito Control Association, 8: 301–304.
- Offill Y.A. & Walton W.E., 1999. Comparative efficacy of the three spine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) and the mosquitofish (*Gambusia affinis*) for mosquito control. Journal of the American Mosquito Control Association, 15: 380–390.
- Öztürk S. & İkiz R., 2004. Some biological properties of mosquitofish populations (*Gambusia affinis*) living in inland waters of the western mediterranean region of Turkey. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 28: 355–361.
- Özaydn O., Uçkun D., Akalın S., Leblebici S. & Tosunoğlu Z., 2007. Length-weight relationships of fishes captured from Izmir Bay, Central Aegean Sea. Journal of Applied Ichthyology, 23: 695–696. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00853.x>
- Pauly D. & Munro J.L., 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. Fishbyte, 2: 21–21.
- Pyke G.H., 2005. A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 15: 339–365. <https://doi.org/10.1007/s11160-006-6394-x>
- Pyke G.H., 2008. Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 39: 171–191. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173451>
- Schwartz D., 1983. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 3ème Ed, Flammarion, 318 pp.
- Sibel A.E. & Deniz E., 2008. A preliminary research on growth features of the mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) determined in Seyhan dam lake (Adana-Turkey). Journal of Fisheries Sciences, 2: 312–320. <https://doi.org/10.3153/jfscm.mug.200718>
- Stearns S.C. & Sage R.D., 1980. Maladaptation in a marginal population of the mosquito fish *Gambusia affinis*. Evolution, 34: 65–75. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1980.tb04789.x>
- Stearns S.C., 1983. The genetic basis of differences in life-history traits among six populations of mosquitofish (*Gambusia affinis*) that shared ancestors in 1905. Evolution, 37: 618–627.
- Taskavak E. & Bilecenoglu M., 2001. Length-weight relationships for 18 Lessepsian (Red Sea) immigrant fish species from the eastern Mediterranean coast of Turkey. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 81: 895–896. <https://doi.org/10.1017/S0025315401004805>
- Yu Cheng., Wen Xiong., Juan Tao., Dekui He., Kang Chen & Yifeng Chen., 2018. Life-history traits of the invasive mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) in the central Yangtze River China. BioInvasions Records, 7: 309–318. <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.3.13>
- Vargas M.J. & de Sostoa A., 1996. Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian Peninsula). Hydrobiologia, 341: 215–224. <https://doi.org/10.1007/BF00014686>
- Von Bertalanffy L., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquires on growth laws II). Human Biology, 10: 181–213.
- Vondracek B., Wayne A. & Cech J., 1988. Growth and reproduction of the mosquitofish, *Gambusia affinis*, in relation to temperature and ration level. Environmental Biology of Fishes, 21: 45–57.
- Walton W.E., 2007. Larvivorous fish including *Gambusia*. Journal of the American Mosquito Control Association, 23: 184–220. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2007\)23\[184:LFIG\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2007)23[184:LFIG]2.0.CO;2)
- Wootton R.J., 1990. Ecology of Teleost Fishes. 1st Ed., London Chapman & Hall, 343 pp.

