

Contribution à l'étude du cycle de reproduction de *Gammarus marmouchensis* Fadil, 2006 (Crustacés, Amphipodes) dans la source Tataw (Moyen Atlas, Maroc)

Imane NECHAD*, Khalid FADIL et Fatima FADIL

Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc

*Correspondance, courriel : imanenechad5@hotmail.com

Résumé

Gammarus marmouchensis Fadil, 2006, une espèce endémique du Maroc qui vit exclusivement dans la source Tataw près d'Imouzzer Marmoucha au Maroc, la bibliographie, ne nous fournit qu'une indication concernant cette espèce patrimoniale, et on ne dispose pas de données concernant son écologie et son cycle de développement. C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail de recherche qui consiste à étudier les paramètres régissant le cycle de reproduction. Pour cela, un relevé mensuel de la faune benthique a été effectué durant un an, toutes les 4 semaines, soit un total de 12 mois d'échantillonnage, permettant de couvrir un cycle annuel. Parallèlement à ces relevés biologiques, des prélèvements des échantillons d'eau destinés aux analyses physicochimiques et bactériologiques ont été faits durant l'année de l'étude aux mêmes endroits d'échantillonnage afin d'avoir précisément l'évolution de ces paramètres dans le temps et de contrôler leur synchronisme avec le cycle biologique *G. marmouchensis*

De diverses indications analytiques, on peut déduire que les paramètres biologiques étudiés évoluent indépendamment des caractéristiques physicochimiques et bactériologiques du milieu mis à part la température, aussi, l'examen des courbes obtenues montre que différentes générations de *G. marmouchensis* se chevauchent dans la source Tataw à Imouzzer Marmoucha. Cette espèce présente une activité reproductrice continue, la sex-ratio est à égalité, la taille moyenne est minimale au hiver et maximale en été, l'évolution de la structure d'âge et de la taille semble être régie par les mêmes causes ; l'activité sexuelle est intense en été, le maximum est atteint au printemps. Etant donné les faibles écarts de température, les facteurs déterminant le cycle de reproduction de *G. marmouchensis* ne pourront être que, soit le changement de la photopériode avec ses conséquences, soit les variations du débit alimentaire, soit les deux ensembles.

Mots-clés : *Gammarus marmouchensis*, cycle biologique, Imouzzer marmoucha, Maroc.

Abstract

Contribution to the study of the reproductive cycle of *Gammarus marmouchensis* Fadil, 2006 (Crustacea, Amphipoda) at the Tataw spring (Middle Atlas, Morocco)

Gammarus marmouchensis Fadil, 2006, is an endemic specie of Morocco and lives exclusively in the source Tataw near Imouzzer Marmoucha, bibliography, provides us with an indication of this heritage species, and there has no data on its ecology and development cycle. It is in this perspective that fits our research to study the parameters governing the reproductive cycle.

For this, a monthly survey of benthic fauna was made for one year, every 4 weeks for a total of 12 months of sampling. Alongside these biological surveys, samples of water samples for physico-chemical and bacteriological analyzes were made during the year of the study sample in order to the same places have precisely the changes in these parameters over time and monitor their synchronism with the biological cycle *G. marmouchensis*. Various analytical information, we can deduce that the biological parameters studied evolve independently of the physicochemical and biological characteristics of the environment apart from the temperature, also examining the curves shows that different generations of *G. marmouchensis* overlap in the source Tataw to Immouzer Marmoucha. This species has a reproductive activity continues, the sex ratio is equal, the average size is minimum in winter and maximum in summer, the changing age structure and size seems to be governed by the same causes; sexual activity is intense in the summer, the maximum is reached in the spring. Given the small temperature differences, the factors determining the reproductive cycle of *G. marmouchensis* can be the changing photoperiod and its consequences, or changes in the food flow, or both together.

Keywords : *Gammarus marmouchensis*, biological cycle, Immouzer marmoucha, Morocco.

1. Introduction

Les amphipodes gammaridae sont des hôtes communs des eaux de surface, ils servent de nourriture à de nombreux poissons, oiseaux et autres prédateurs tels les planaires et les sangsues. Ils occupent ainsi, une place importante dans la chaîne alimentaire, ce sont des candidats intéressants pour suivre la contamination des milieux aquatiques grâce à leur cycle de vie sédentaire. Ces ingénieurs d'écosystème participent à la dégradation des matières végétales et animales et jouent de ce fait, un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes [1,2]. Chacune de ces espèces de crustacés amphipodes a un centre de dispersion géographique et des exigences biologiques propres. Bien plus, on sait actuellement que les gammares présentent des sous-espèces ou des formes locales multiples dans toute l'Europe centrale [3 - 10].

Des recherches très détaillées ont été réalisées depuis plusieurs années dans un grand nombre de pays, notamment en Russie, dans les Balkans, pour approfondir la connaissance des gammares et de leur cycle de développement, mais aucune ne s'appliquent strictement aux espèces marocaines. Une étude plus approfondie s'avère particulièrement importante, en effet ces formes locales peuvent correspondre à des habitats différents et présenter des exigences particulières. Le travail de [11] a constitué la première contribution à l'étude du cycle biologique des gammares au Maroc. Il s'est intéressé à l'espèce *Gammarus gauthieri* colonisant deux grandes sources du moyen atlas (d'Arhbalou Aberchane et Ain Vitel). Il a prouvé que le cycle de reproduction des gammares ne peut être lié à des variations saisonnières de la température. Le débit alimentaire et les changements de la photopériode sont très probablement les plus déterminants. Il est donc certain que ces résultats démontrent la nécessité de réviser les données analogues pour le Maroc et d'en multiplier le nombre.

2. Matériel et méthodes

2-1. Présentation générale de la zone d'étude

Située à 1710 m d'altitude, Immouzer Marmoucha est une zone charnière entre le Moyen atlas et le Maroc oriental (**Figure 1**). La commune appartient à la nappe du Moyen Atlas plissé, qui est caractérisée par l'affleurement des calcaires et des dolomies du Jurassique permettant un emmagasinement des eaux souterraines, d'où jailli les émergences de Tataw.

Les eaux de la source mère (débit 430 L/s) ainsi que ceux des résurgences secondaires qui se trouvent disséminées sur une surface d'environ 700 m² s'écoulent vers l'oued Sebou et régularisent ainsi son régime d'écoulement [13]. Nos prélèvements ont été effectués au niveau de la source principale, cette résurgence limnocrène ne dépasse pas 50 cm profondeur, avec des vitesses d'écoulement faibles; *G. marmouchensis* est la seule espèce de Gammaridés présente dans cette station.

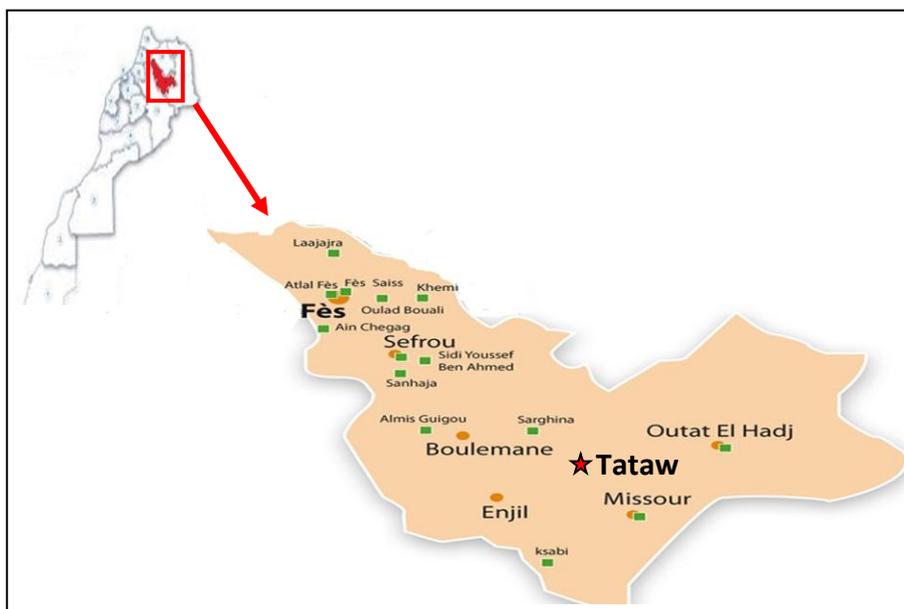


Figure 1: Localisation de la source Tataw (Imouzzermarmoucha)

2-2. Échantillonnage des macro invertébrés

Un relevé mensuel de la faune benthique est effectué durant un an toutes les 4 semaines, soit un total de 12 mois d'échantillonnage, permettant de couvrir un cycle annuel. Le premier relevé a été effectué le 16 juillet 2012. Tous les macro invertébrés, sont récoltés, déterminés au genre et comptés, mais l'étude de dynamique des populations est plus spécifiquement axée sur *G. marmouchensis* l'espèce la plus dominante en termes de densité et de biomasse. Le moyen de récolte est un filet de Surber de 0,1 m² de surface et environ trois mailles par mm. L'échantillon prélevé est mis directement dans l'alcool, le tri est effectué au laboratoire, en vue de séparer les récoltes en ♀_R: Femelles reproductrices, elles ont des soies oostégites et sont considérées comme sexuellement mûres et en activités sexuelle. ♀_{NR}: Femelles au repos sexuel, elles sont de taille supérieure ou égale à 7 mm et n'ayant pas de soies sur leur oostégites. ♂: Mâles de taille supérieure ou égale à 7 mm. J: Les juvéniles de taille inférieure à 7 mm.

Ces tries et mesures permettent de déterminer les paramètres suivants :

- L'activité sexuelle : pourcentage de femelles sexuellement mures (♀_R) sur le total des femelles.

$$\frac{\text{♀}_R * 100}{(\text{♀}_R + \text{♀}_{NR})}$$
- La sex-ratio : total des femelles * 100/total des adultes.

$$\frac{(\text{♀}_R + \text{♀}_{NR}) * 100}{\text{♀}_R + \text{♀}_{NR} + \text{♂}}$$

Elle peut varier entre zéro, absence totale de femelles, et 100, il n'y a que des femelles exclusivement.

- La taille moyenne de la population adulte.
- La structure d'âge de la population.

Au cours de toutes les sorties, nous avons essayé de récolter, un nombre suffisant de gammares permettant d'obtenir des résultats statistiquement valables au niveau de la source. Le total des effectifs étudiés s'élève à 2169 mâles, 2391 femelles dont 1870 reproductrices et 521 non reproductrices et 1606 juvéniles (**Tableau 1**)

Tableau 1 : Nombre de Gammares par critère d'âge, de sexe et la maturité sexuelle des femelles

	Mâles	Femelles reproductrices	Femelles non-reproductrices	Juvéniles	Nombre d'individus
Juil.12	208	235	39	58	540
Aout.12	201	170	57	105	533
Sep.12	177	139	49	121	486
Oct.12	169	150	52	156	527
Nov.12	172	129	50	81	432
Déc.12	102	99	39	91	331
Janv.13	90	86	37	106	319
Fév.13	117	91	37	126	371
Mars.13	203	158	40	163	564
Avr.13	239	163	38	246	686
Mai.13	216	179	44	196	635
Jui.13	275	271	39	157	742
Total	2169	1870	521	1606	6166

Parallèlement à ces relevés biologiques, des prélèvements des échantillons d'eau destinés aux analyses physicochimiques et bactériologique ont été faits durant l'année de l'étude aux mêmes endroits d'échantillonnage afin d'avoir précisément l'évolution de ces paramètres dans le temps locale et de contrôler leur synchronisme avec le cycle biologique *G. marmouchensis*.

2-3. Analyses microbiologiques

L'étude de la microbiologie lors de la caractérisation d'un cours d'eau fait partie des analyses couramment pratiquées. En effet, le but d'une étude bactériologique est d'identifier la présence d'une pollution consécutive aux activités humaines (agricoles, domestiques et urbaines, etc.), mais pouvant avoir un lien de cause à effet avec le cycle biologique de *Gammarus marmouchensis* quoi qu'aucun travail ultérieur n'a été fait à cet égard. La campagne de prélèvements d'eau a été réalisée in situ le matin. Les filtrations et ensemencements en boîte de pétri ont été réalisés l'après-midi de la même journée. Les méthodes utilisées lors de ce suivi respectent les normes marocaines d'eau potable. L'ensemble des méthodes suivies ainsi que les milieux de culture préconisés pour chaque type de bactérie sont indiqués sur le **Tableau 2**

Tableau 2 : Méthode de prélèvement et de dénombrement des bactéries

	Technique	Volume de prélèvement	Milieu de culture	Température d'incubation
Microorganismes revivifiabiles	Incorporation en milieu solide	1 mL	Gélose à l'extrait de levure	20°C et 37°C
Coliformes totaux	Filtration	100 mL	Gélose lactosée au TTC	37°C
Coliformes fécaux	Filtration	100 mL	Gélose lactosée au TTC	44°C
Stréptocoques fécaux	Filtration	100 mL	Gélose Slanetz	37°C

Après incubation, les Unités Formant Colonies (UFC) ont été dénombrées macroscopiquement dans chaque boîte de pétrie.

2-4. Échantillonnage et mesure des paramètres physico-chimiques

Un relevé mensuel des échantillons d'eau est effectué durant un an toutes les 4 semaines, soit un total de 12 mois d'échantillonnage, entre février 2013 et janvier 2014. Selon les recommandations de l'OMS, on prélève chaque mois dans des flacons en polyéthylène, un volume de 1, 5 litres destinés aux analyses physicochimiques, à partir de la résurgence principale. Ils ont été ensuite conservés à 4°C pendant le transport au laboratoire, puis ont été analysés dans les 24 heures qui suivent. Les méthodes d'analyses sont celles préconisées par les normes (AFNOR., 1997 ; RODIER et al., 1996). Les mesures de la température, le pH, et la conductivité électrique ont été réalisées sur le terrain à l'aide d'un analyseur multi-paramètres pH/conductivité / température CyberScan PC10. Les méthodes utilisées sont : la volumétrie pour l'oxygène dissous, les bicarbonates, les chlorures, le calcium et le magnésium et la spectrophotométrie d'absorption moléculaire pour les sulfates et les ortho phosphates.

3. Résultats

3-1. Habitat

La source est large de 3-5 m, le substrat est formé de gravier et de sable recouverts à 90% de phanérogames. Les invertébrés dominants, en plus des gammares, sont les larves d'éphémères du genre *Baetis* sp. et *Ecdyonurus* sp., de Trichoptères *Xythiera* sp., en plus des planaires, rencontrés en petit nombre, et sur toute l'année. La **Figure 2** donne un aperçu de l'évolution de certains paramètres physicochimiques des eaux de la source durant l'année d'étude. Pour plusieurs variables l'action de l'influence de la saisonnalité est très nette. En effet, les résultats montrent une répartition en deux groupements de relevés : Un groupement formé de relevés estivaux et un autre groupement de relevés hivernaux et dont les caractéristiques physicochimiques sont opposées.

Le premier est caractérisé par des valeurs élevées d'alcalinité et de Calcium, tandis que second est marqué par des concentrations élevées en Oxygène dissous. Pour les valeurs de pH et de température l'influence du facteur « saison » n'est pas notable. Une légère dégradation de la qualité de l'eau s'est enregistrée à partir du mois de mai 2013, en effet les valeurs moyennes de l'indice permanganate varient entre 0,98 mg/L en avril 2013 et 4,6 en septembre 2013, ceci peut être expliqué par un accroissement considérable de la charge organique suite à la mise en place d'un système de captage au niveau des résurgences secondaires au mois de mai 2013 ce qui a mené à une augmentation de la pression anthropique au niveau de la source. Par ailleurs, la lithologie de la région qui est principalement calcaire semble être à l'origine des teneurs élevées en Ca_2^+ .

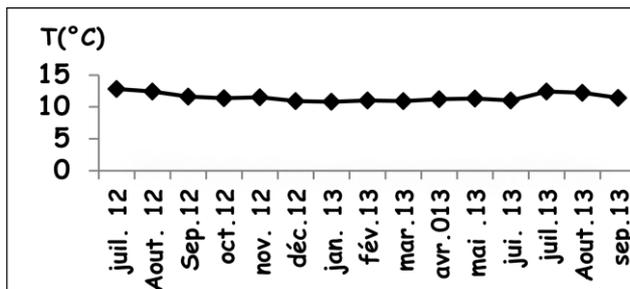


Figure 2.1 : profil temporel de la température

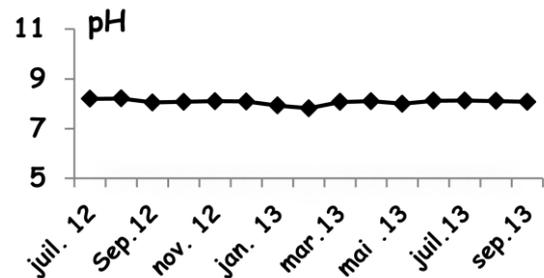


Figure 2.2 : profil temporel du pH

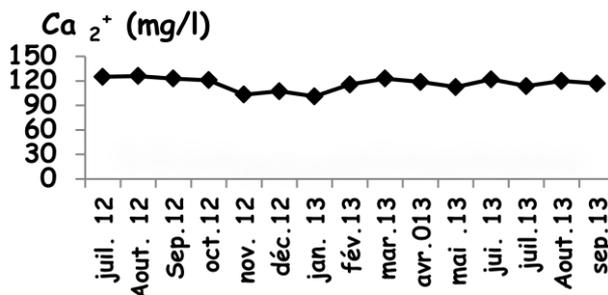
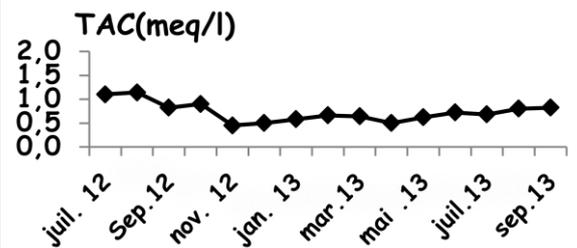
Figure 2.3 : profil temporel de Ca₂⁺

Figure 2.4 : profil temporel l'alcalinité

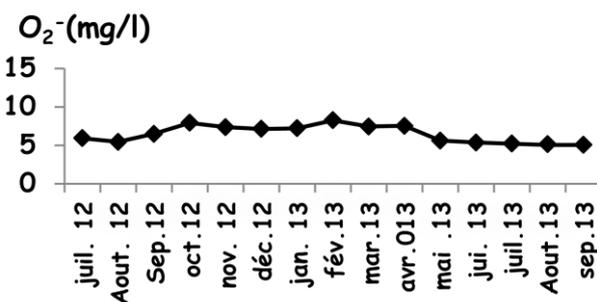


Figure 2.5 : profil temporel de l'oxygène dissous

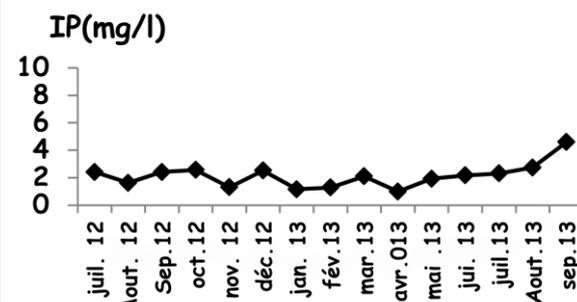


Figure 2.6 : profil temporel de l'IP

Figure 2 : Variation temporelle de certains paramètres physicochimiques des eaux de la source Tataw

3-2. Analyse bactériologique

Tableau 3 : Nombre de colonie de bactéries indicatrices de la pollution fécale dans les échantillons d'eau de la source Tataw d' Imouzza Marmoucha

	Tataw	Normes Marocaines
Coliformes fécaux	50	20
Coliformes totaux	80	50
Stréptocoques fécaux	60	20
Bactérie revivifiables à 37°C	52	-
Bactérie revivifiables à 22°C	48	-

Les résultats suivants obtenus sont présentés en UFC pour 100 ml d'eau, afin de pouvoir les comparer avec les normes concernant les eaux destinées à la consommation humaine.

3.2 L'activité sexuelle

L'activité sexuelle de *G. marmouchensis* est continue (**Figure 3**). Le taux des femelles gravides est élevé, il est toujours supérieur à 69 %. Il subit des variations et passe de 69,9 % en janvier 2013 à 87,4 % en août 2013, ces variations des pourcentages prennent une forme convexe dont les minima se placent dans la période hivernale et le maxima en période estivale. Le taux moyen de l'activité sexuelle dans l'ensemble des récoltes est de 76,9% (soit 1870 femelles reproductrices pour l'ensemble des femelles). Il convient de noter que la proportion des femelles reproductrices est maximale lorsque les gammarès sont abondants. En Europe, Lors de leurs recherches sur le cycle biologique des *G. pulex* et *G. fossarium*, [4, 5, 14, 15] ont énoncé que l'activité sexuelle des gammarès présentent des phases de repos que l'arrêt de la reproduction serait déterminé, en premier lieu, par l'abaissement de la température et que la reprise serait conditionnée par le changement de la photopériode. Au Liban, [8, 9] a montré que l'activité sexuelle de *G. syriacus* et *G. laticoxalis* n'atteint pas le stade de repos et que le rythme observé semble dépendre des précipitations atmosphériques, des pluies, des rétentions nivales, et de la photopériode tandis que la température, n'a pas ici un rôle inhibiteur. Au Maroc, les travaux de [11] ont montré que l'activité sexuelle de *G. gauthieri* est également continue dans les sources du moyen atlas, avec un premier pic sexuel en août et un deuxième en janvier.

Le débit alimentaire et les changements de la photopériode sont très probablement les plus déterminants. Cette hypothèse pourrait être appliquée au cycle de reproduction de *G. marmouchensis*, qui subit une baisse remarquable durant la période hivernale connue par les crues qui charrient les éléments nutritifs de la source induisant ainsi une baisse du débit alimentaire.

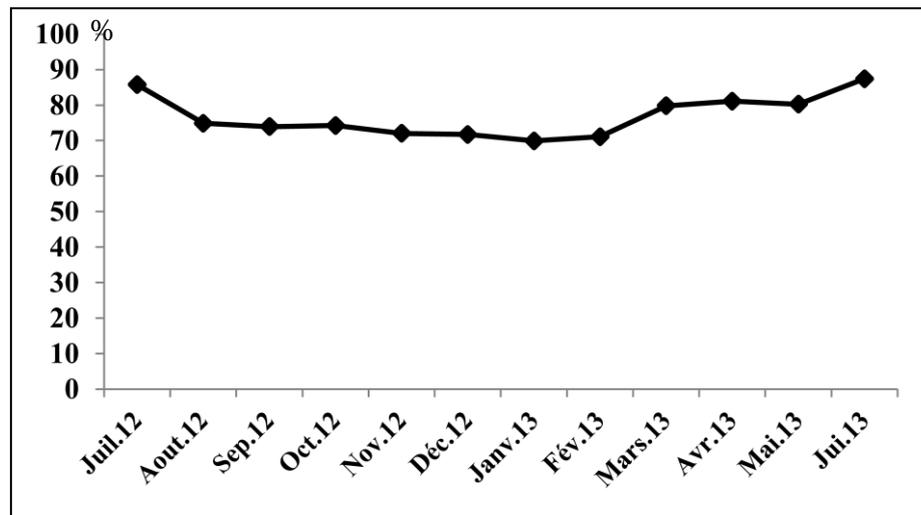


Figure 3 : Évolution mensuelle de l'activité sexuelle de *G. marmouchensis*

3-3. La sex-ratio

Les effectifs des deux sexes sont pratiquement égaux avec une légère dominance des femelles (**Figure 4**), la moyenne des sex-ratio est de 52,43 %. Les valeurs mensuelles évoluent en dents de scie, elles sont inférieures à cette moyenne au printemps et supérieures tout au long de l'année, le maximum étant enregistré en juillet 2012 (56,85 %), tandis que le minimum est signalé en avril 2013 (45,68%).

Il est possible d'attribuer cette baisse de féminité à la crue qu'a subit la source aux mois de février et mars et qui a probablement emporté un bon nombre de femelles (phénomène de la dérive), ces légères fluctuations peuvent être aussi attribuées au mode de calcul qui ne tient pas compte des différences d'âge ou de la maturation des deux sexes.

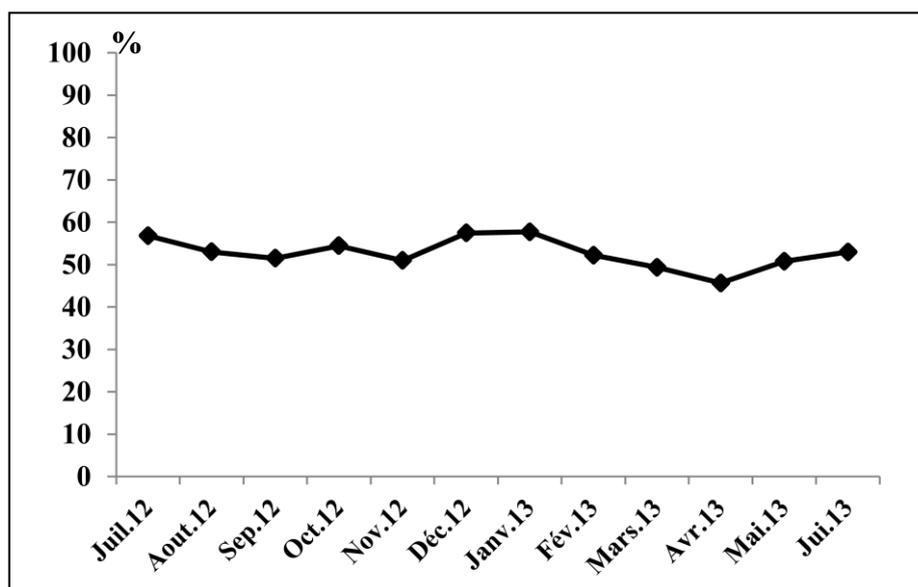


Figure 4 : Évolution mensuelle de la sex-ratio de *G. marmouchensis*

3-4. La structure d'âge de la population

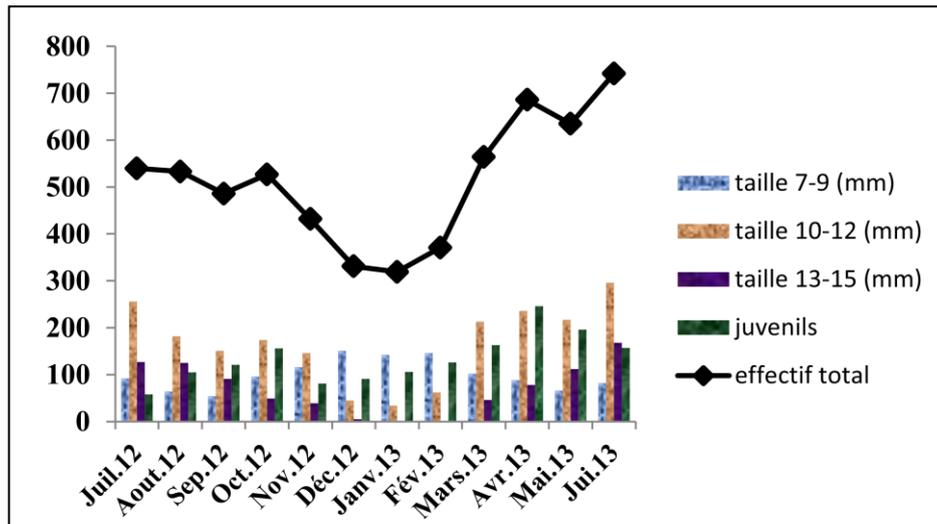


Figure 5 : Evolution de l'effectif et de la structure d'âge de *G. marmouchensis* dans la source Tataw durant la période juillet 2012 - juin 2013

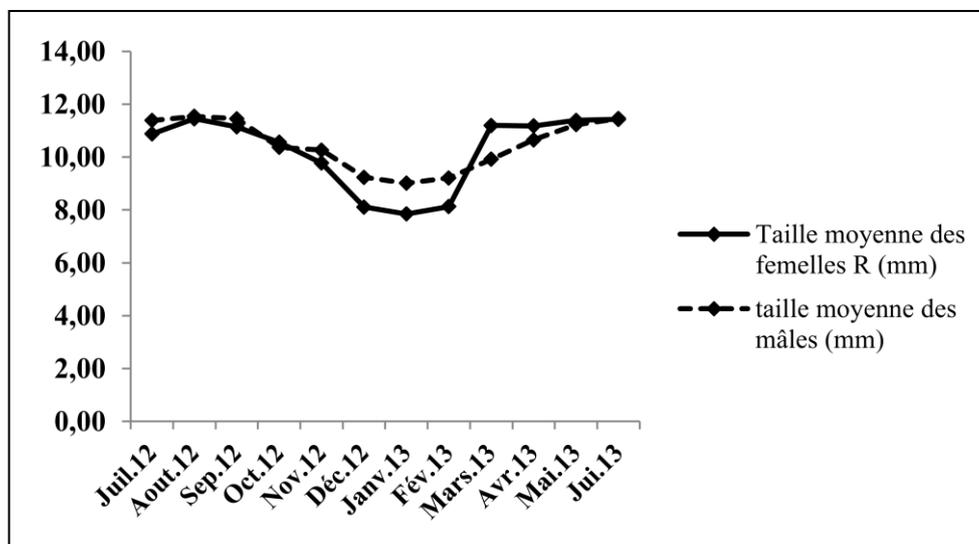
L'abondance de *G. marmouchensis* est maximale au printemps avec une moyenne de 616 individus par échantillon, une diminution s'amorce à la fin de l'été (Figure 5), pour atteindre un minimum de 319 en janvier 2013. Le profil temporel de l'effectif global et de la structure d'âge de la population montre une présence constante de tous les stades de développement, les individus jeunes sont présents durant tout le cycle à une moyenne de 27%. On ne relève qu'un léger fléchissement de ce pourcentage à la fin de l'été alors que de janvier à mai, la proportion des juvéniles ne descend pas au-dessous de la barre de 31%, ce qui indique la présence de plusieurs période d'éclosion par année. Tout comme dans les stations Vitel et Aghbalou abrchane [11], on remarque un accroissement simultané de l'abondance des individus, correspondant essentiellement à l'éclosion d'une première génération, au printemps-été (mai-juillet) et d'une deuxième au début d'hiver (décembre-janvier).

3-5. La taille

La longueur d'un amphipode se mesure du bord antérieur de la tête à l'extrémité du telson, sans tenir compte des antennes et des uropodes, l'évolution de la taille est basée sur la moyenne des femelles sexuellement mures [8]. Le **Tableau 4** synthétise les données concernant les différentes classes de tailles des adultes recueillis au cours du suivi annuel. La **Figure 6** illustre l'évolution annuelle de la taille moyenne des deux sexes. Les classes de 10 -12 mm sont plus importantes numériquement que les classes de 7-9 mm et 13-15. La taille moyenne des femelles est de $10,26 \pm 1,06$ mm, le minimum de $8,11 \pm 1,21$ mm s'observe en décembre 2012 et le maximum de $11,45 \pm 0,97$ mm en août 2012. La taille moyenne des mâles est de $10,48 \pm 0,83$ mm, le minimum de $9,01 \pm 1,14$ mm s'observe en janvier 2013 et le maximum de $11,54 \pm 0,91$ mm en août 2012, les adultes de petite taille sont récoltés en hiver et les plus grands sont observés en fin d'été. Le profil temporel de la taille des adultes nous fournit une courbe tout à fait comparable à celle obtenue pour la densité. [16] a trouvé que, dans les pays nordiques, la reproduction et la taille moyenne de *G. pulex* augmentaient au printemps et diminuaient au début de l'automne.

Tableau 4 : Nombre de femelles reproductrices et de mâles par classe de taille ainsi que la taille moyenne des deux sexes

	7-9 (mm)		10-12 (mm)		13-15 (mm)		Taille moyenne \pm écartype	
	♀R	♂	♀R	♂	♀R	♂	♀R	♂
Juil.12	56	36	152	104	59	68	10,88 \pm 1,00	11,38 \pm 0,82
Aout.12	31	33	84	98	55	70	11,45 \pm 0,97	11,54 \pm 0,91
Sep.12	24	30	60	91	35	56	11,14 \pm 0,94	11,45 \pm 0,91
Oct.12	40	56	86	88	24	25	10,56 \pm 1,00	10,37 \pm 0,68
Nov.12	51	65	67	79	11	28	9,78 \pm 0,86	10,27 \pm 0,59
Déc.12	89	62	10	35	0	5	8,11 \pm 1,21	9,24 \pm 0,73
Janv.13	79	63	7	27	0	0	7,85 \pm 1,24	9,01 \pm 1,14
Fév.13	71	75	20	42	0	0	8,13 \pm 1,19	9,21 \pm 1,00
Mars.13	15	87	114	99	29	17	11,20 \pm 1,16	9,92 \pm 0,76
Avr.13	20	68	109	127	34	44	11,18 \pm 1,15	10,65 \pm 0,73
Mai.13	27	39	97	120	55	57	11,39 \pm 1,09	11,23 \pm 0,85
Jui.13	38	44	150	146	83	85	11,43 \pm 0,92	11,46 \pm 0,83

**Figure 6 : Evolution de la taille moyenne mensuelle des adultes de *G. marmouchensis* dans la source Tataw**

4. Discussion

L'examen des courbes obtenues montre que différentes générations de *G.marmouchensis* se chevauchent dans la source Tataw à Immouzer Marmoucha. Cette espèce présente une activité reproductrice continue, toutefois, cette activité est sujette à des variations saisonnières relativement nettes, avec un taux maximal au printemps-été et minimal en hiver.

S'il est évident que certaines propriétés physicochimiques de l'eau peuvent s'avérer déterminantes dans l'écologie des gammarès, comme la teneur en Ca_2^+ [3], il est toutefois important de signaler que cet élément, ne constitue pas un facteur déterminant dans le cycle de reproduction de *G. marmouchensis*. De diverses indications analytiques, on peut conclure que les paramètres biologiques étudiés évoluent indépendamment des caractéristiques physicochimiques et bactériologiques du milieu mis à part la température. La sex-ratio est à égalité, la moyenne de température de l'eau à Tataw est de $11,4^\circ\text{C}$. Ces conditions seraient responsables de cette équité. L'importance du facteur thermique dans le déterminisme du sexe a été soulignée par [17] chez les gammarès et par [18] chez les isopodes et comme le supposent [17] et [19], les femelles prédominent dans les conditions tempérées, alors que les eaux froides sont marquées par une élévation du taux de masculinité.

L'évolution de la structure d'âge et de la taille semble régie par les mêmes causes ; leurs maxima sont synchrones; les phases descendantes s'amorcent en même temps. Cette évolution est due soit à ce que la crue entraîne les petits, vivant dans les karsts, plus que les grands ; soit à ce qu'elle charrie les matières nutritives permettant de nourrir un plus grand nombre de Gammarès majoritairement adultes et de provoquer ainsi, un rajeunissement de la population, ou bien, les deux possibilités ensemble. L'activité sexuelle est intense en été, le maximum est atteint au printemps; le ralentissement s'amorce en automne et continue en hiver jusqu'à ce qu'elle atteigne son minimum en janvier. Bien que l'influence respective des facteurs température et photopériode soit difficile à dissocier, considérons tout d'abord le facteur température. Avec la baisse de l'activité sexuelle, on ne relève pas une grande baisse de la température, dans la source Tataw, l'amplitude thermique annuelle est très faible et ne dépasse pas 1°C . L'intervention du facteur température ne peut donc être invoquée pour ce fléchissement hivernal.

Par contre, si l'on met en parallèle les taux de reproduction et les variations saisonnières de la photopériode, il apparaît alors que les plus faibles taux correspondent aux périodes d'éclairement les plus courtes, janvier 2013 (67%). De même l'augmentation de l'activité sexuelle correspond à l'accroissement de la longueur du jour. Il existe aussi un certain rapport entre la réduction de la longueur du jour et l'abaissement du taux de reproduction à la fin de l'été. Par ailleurs, il est possible que l'action de ces facteurs soit indirecte plutôt que directe. L'accroissement de la période d'éclairement pourrait par exemple favoriser la croissance des algues et des mousses servant de nourriture aux Gammarès, ou encore favoriser l'apparition ou le développement de leurs proies. Étant donné les faibles écarts de température, les facteurs déterminant le cycle de reproduction de *G. marmouchensis* ne pourront être que, soit le changement de la photopériode avec ses conséquences, soit les variations du débit alimentaire, soit les deux ensembles, quoique tout relatif, de l'activité sexuelle.

5. Conclusion

Pour conclure, le rythme de la reproduction de *Gammarus marmouchensis* à Imouzzer Marmoucha semble être régi par les mêmes facteurs gouvernants le cycle de développement de *Gammarus gauthieri* vivant dans les sources Vitel et Aghbalou Ahrchane précédemment étudié au Maroc.

Références

- [1] - A. GEFFARD., H. QUÉAU, O. DEDOURGE, S. BIAGIANTI-RISBOUG, O. GEFFARD: « *Influence of biotic and abiotic factors on metallothionein level in Gammarus pulex. Comparative Biochemistry and Physiology Part C Toxicology & Pharmacology* 145 (2007) 145

- [2] - Y. SCHALLER, C. CHABOT, H. WATSON : «*Seasonal movements of American horseshoe crabs Limulus polyphemus in the Great Bay Estuary, New Hampshire (USA)*» Current Zoology 56 (5) (2010): 587–598
- [3] - K. BERG «*Biological studies on the river Susa*» Folia Limnol. Scand. 4 (1948) P 318
- [4] - A. L. ROUX «*Lecycle de reproduction de deux espèces étroitement parentes de Crustacés Amphipodes : Gammaruspulex et G. fossarum.*» Annlslimnol, 6 (1970): 2746.
- [5] - D.H. STEELE, V.J. STEELE.«*The biology of Gammarus (Crustacea, Amphipoda) in the North-Western Atlantic, XI. Comparison and discussion*» Can. J. Zool. 53, (1975)1116-1126.
- [6] - J. S. WELTON «*Life-history and production of the Amphipod Gammaruspulex in a dorset chalk stream*» Freshwat.Biol.9 (1979) : 263-275 .
- [7] - A. M. GOEDMAKERS «*Population dynamics of three Gammarid species (Crustacea, Amphipoda) in a French chalk stream, 2*». Standing crop .Bijdr. Dierk (1981), 51 : 31-69.
- [8] - N. J. ALOUF. «*Cycle de reproduction de deux especesparentres de Gammarus de Liban (Crutacés, Amphipodes)*» Ann. Limnol(1979). 14 : 181-195.
- [9] - N. J. ALOUF. «*Ecologie, biologie et cycle de reproduction des Gammars du 'Assi (=Oronte, Liban) (Crustaces, Amphipodes)*». Ann .Limnol (1980). 16 : 119-134.
- [10] - N. J. ALOUF «*Cycle de vie de Gammarus laticoxalis ssp.dans l'exurgence Shtaure (Liban). Note sur Gammarus syriacus de Shamsinæ*». Hydrobiologia .107(1983) : 169-181
- [11] - F. FADIL, M. DAKKI «*Dynamique et cycle de reproduction de deux populations de Gammarusgauthieri Karaman (Crustacés, Amphipodes) du Moyen Atlas (Maroc)*» Bull. Ins. Sci. Rabat n°31 (1) (2009), 27-32.
- [12] - F. FADIL, M. DAKKI «*Deux espèces nouvelles du genre Gammarus (Crustacés, Amphipodes) du Maroc*» Bull. Ins. Sci. Rabatn°28 (2006)
- [13] - I. NECHAD, E. ELHARCHLI, F. FADIL «*Caractérisation physico-chimique des eaux de la source Tataw à Imouzzermarmoucha (Maroc)*» SciencelibEditions Mersenne: Volume 6, N °140103 (2014).
- [14] - S. PINKSTER., H. SMIT, J. BRNDSE-DE.«*The introduction of alian Amphipod Gammarus tigrinus Sexton, 1939, in the Netherlands and its competition with indigenous species*».Crustaceana, 4 (1977), 91-105.
- [15] - D.H. STEELE, V.J. STEELE.«*The influence of photoperiod intiming of reproductive cycles in Gammarus species (Crustacea, Amphipoda)*» Am. Zool. 26 (1986), 459-467
- [16] - A PACAUD «*les amphipodes de la faune nutritive des eaux douces françaises*» Bull. Fran. Pisc.Fran. N°138 (1945).
- [17] - H. JANSSEN, M.V. SCHEPMAHER, S. PINKSTER «*Biology anddistribution of Gammarus aequicauda and G. insensibilis (Crustacea, Amphipoda) in the lagoon system of Bages-Sigean (France)*». Bijdr.Dierk. 49, (1979), 42-70.
- [18] - J. KOUWENBERG, S. PINKSTER «*Population dynamics of three brackich water Isopodes species (Crustacea) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). II. Life cycles, sexualactivity and fecundity*». Vie & Milieu (1985), 35, 2, 79-92.
- [19] - B. Brun «*Quelques aspects des cycles biologiques de deux gammars (Crustacés, Amphipodes) des eaux saumâtres du littoral méditerranéen français*». Arch. Zool. Exp. Gén. 116. (1971), 343-358.