

Dynamique et cycle de reproduction de deux populations de *Gammarus gauthieri* Karaman (Crustacés, Amphipodes) du Moyen Atlas (Maroc)

Fatima FADIL¹ & Mohamed DAKKI²

1. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 2202, Fès-Saïss, Maroc. e-mail : fatimafadil66@gmail.com

2. Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Département de Zoologie et Ecologie animale, av. Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, Rabat, Maroc. e-mail : dakki@israbat.ac.ma

Résumé. Cette étude concerne la dynamique et le cycle biologique de deux populations de *Gammarus* du Moyen Atlas (Aïn Vitel et Arhbalou Aberchane) durant l'année 1997-1998. L'activité reproductrice des gammarés est continue durant toute l'année avec un maximum au printemps-été et un minimum en automne. La taille moyenne est minimale au printemps et en été et maximale en automne et en hiver. Le taux de fécondité est en faveur des femelles dans la source Vitel et proche de 1 dans Arhbalou aberchane. La fécondité évolue parallèlement avec l'activité sexuelle. Il existe une corrélation entre le nombre d'œufs et la taille des femelles. Ces variations sont induites par le débit alimentaire et par la photopériode.

Mots clés : *Gammarus gauthieri*, cycle biologique, Moyen Atlas, Maroc.

Dynamics and reproduction cycle of two populations of *Gammarus gauthieri* Karaman (Crustacea, Amphipoda) of the Middle Atlas (Morocco).

Abstract. This study concerns dynamics and biological cycle of two *Gammarus* populations in the Middle Atlas (Aïn Vitel and Arhbalou Aberchane) during the year 1997-1998. The reproductive activity is continuous, with a maximum in the spring-summer and a minimum in autumn. The average body length is lower in spring and summer than in autumn and winter. The sex distribution is equal in Vitel spring, and there are more females than males in Arhbalou aberchane. The fecundity follows the sexual activity. A positive linear correlation exists between the mean number of eggs and mean body length of females. These variations are regulated both by food and photoperiod.

Key words: *Gammarus gauthieri*, biological cycle, Middle Atlas, Morocco.

INTRODUCTION

En Afrique du Nord en général et au Maroc en particulier, la biologie et le cycle de vie des gammarés n'ont pas été étudiées d'une manière approfondie à l'exception des travaux de Maârouf (1993) et Fadil (1994). Les principaux travaux consacrés à ce groupe de Crustacés au Maroc consistent en des notes systématiques (Pinkster 1971, Pinkster & Goedmakers 1975, Fadil & Dakki 2001, 2003, 2006).

Le présent travail constitue une première contribution à l'étude du cycle biologique des gammarés au Maroc. Ces Crustacés sont dominants en termes de densité et de biomasse dans les peuplements d'invertébrés des régions calcaires du Moyen Atlas et de la plaine de Saïss. *Gammarus gauthieri* est l'espèce la plus fréquente et la plus dominante.

MATERIEL ET METHODES

Deux populations ont été choisies pour cette étude : Aïn Vitel et Arhbalou Aberchane (Fig. 1) ; le choix des stations a été fait de manière à permettre un suivi régulier : accessibilité à tout moment de l'année et abondance du matériel biologique.

– **Aïn Vitel** correspond à une résurgence située 4 km au nord-est de la ville d'Ifrane à 1570 m d'altitude. Elle jaillit à 50 m de la rive droite de l'oued Tizguit. Elle est formée

d'une source principale totalement aménagée ; les eaux débouchent dans un chenal puis s'acheminent vers l'oued Tizguit, et d'une source secondaire restée plus ou moins naturelle. Nos prélèvements ont été effectués dans cette deuxième source. Cette petite résurgence limnocrène ne dépasse pas 50 cm de largeur et 30 cm en profondeur, avec des vitesses d'écoulement faibles ; son substrat est formé de gravier et de sable recouverts à 90% de phanérogames. Les températures extrêmes de l'eau mesurées pendant l'étude, varient entre 12 °C (décembre) et 16 °C (juillet) (Fig. 2). *Gammarus gauthieri* est la seule espèce de Gammaridés présente dans cette station.

– **Arhbalou Aberchane** est une grande résurgence aménagée, située à 15 km au sud de Timahdit sur la rive droite de l'Oued Guigou à Fom Khnag (1915 m d'altitude). Ses eaux jaillissent à la base d'une coulée basaltique ; son débit moyen annuel est d'environ 0,6 m³/s ; elle constitue ainsi la source principale de l'Oued Guigou (Dakki 1987). Le substrat est formé de cailloux et de blocs basaltiques couverts de mousses ; l'eau y est relativement froide (9 à 11 °C). Cette source est peuplée exclusivement par *G. gauthieri*.

Les deux stations ont été prospectées mensuellement de mars 1997 à juillet 1998. Au cours de chaque campagne, six prélèvements par station sont réalisés à l'aide d'un filet surber de 250 cm² de surface et de 0,33 mm de vide de maille. Les prélèvements sont réalisés à différentes vitesses



Figure 1. Localisation des deux sources du Moyen Atlas. AV : Ain Vitel ; AA, Arhbalou Aberchane.

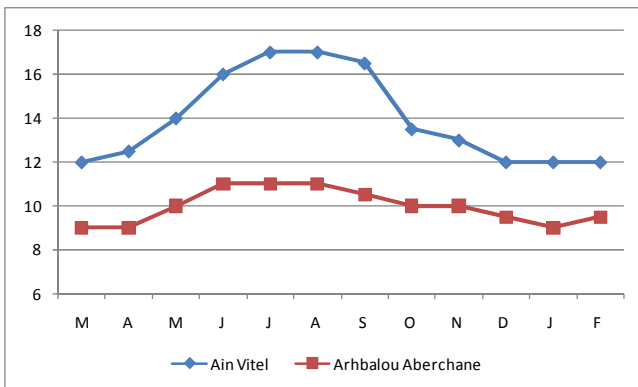


Figure 2. Variation des températures des eaux des deux sources étudiées durant l'année 1997-1998.

du courant et sur des substrats plus ou moins différents. Les spécimens de gammarus sont conservés dans de l'eau formolée à 5 %, le tri est effectué au laboratoire.

Le critère d'âge choisi pour l'étude du cycle biologique est la taille (longueur mesurée entre la base de l'antenne 1 et l'extrémité du telson). Ce critère permet de distinguer les trois stades de développement :

- le stade infantile (les petits), de taille inférieure ou égale à 3 mm ;
- le stade juvénile, de taille comprise entre celle des petits et des adultes (4-7 mm) ;
- le stade adulte, de taille supérieure à 7 mm ; nous y distinguons trois catégories :
 - + les femelles reproductrices, montrant des oostégites sétifères ; pour cette catégorie, le nombre d'œufs par femelle ovigère est compté ;
 - + les femelles non reproductrices, de taille égale ou supérieure à celle de la plus petite femelle en état de reproduction mais à oostégites non sétifères ; elles sont considérées comme en état de repos sexuel ;
 - + les mâles, de taille supérieure ou égale à la taille moyenne des femelles reproductrices.

Ces données permettent de déterminer : la taille moyenne des adultes ; la structure d'âge de la population ; le taux de féminité (pourcentage des femelles par rapport à l'ensemble des adultes) ; l'activité sexuelle (pourcentage des femelles reproductrices par rapport à la totalité des femelles adultes) et la fécondité (nombre moyen d'œufs par femelle ovigère et par portée).

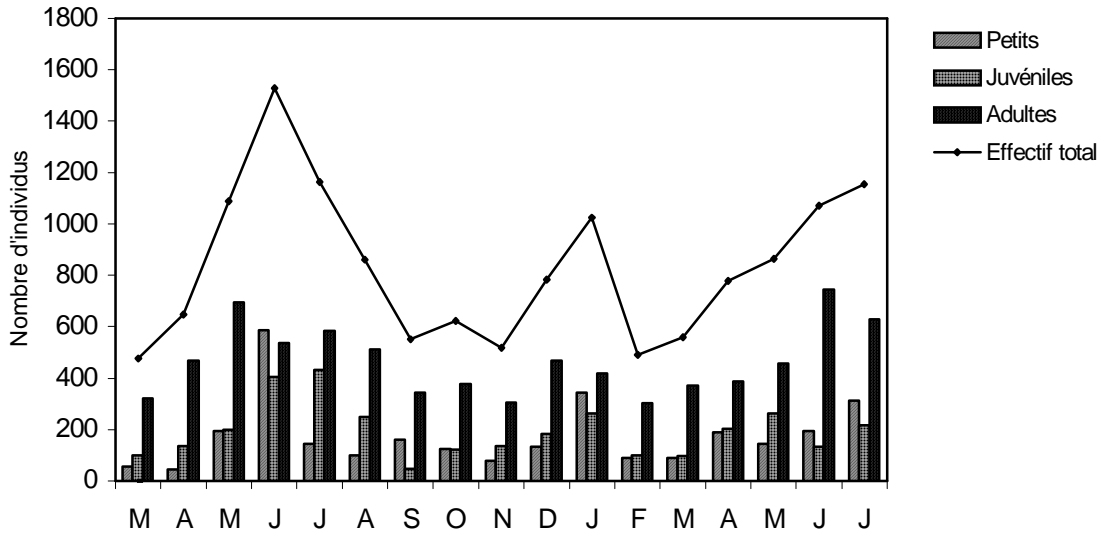


Figure 3. Evolution de l'effectif et de la structure d'âge de *Gammarus gauthieri* dans la source Vitel durant la période mars 1997 - juillet 1998.

RESULTATS

Population d'Aïn Vitel

Elle est très abondante et représente 90% des macroinvertébrés (en abondance relative). La figure 3 présente l'évolution temporelle de l'effectif global et de la structure d'âge de la population. Elle montre une présence constante de tous les stades de développement. Toutefois, un accroissement simultané de l'abondance des individus, correspondant à l'éclosion d'une génération, est noté au printemps-été (mai-juillet) et en hiver (décembre-janvier).

L'activité de reproduction des gammars a lieu toute l'année, mais elle est intense au printemps et en été (Fig. 4). La proportion des femelles ovigères par rapport au total des femelles atteint 85,41% en juillet; elle baisse en automne pour atteindre son minimum (44,56%) au mois de novembre, puis s'élève en hiver (72,88% en janvier). Il est important de noter que la proportion des femelles reproductrices est maximale lorsque les gammars sont abondants.

Le taux moyen de féminité dans l'ensemble des récoltes est de 53% (soit 4211 femelles pour 3711 mâles). Les valeurs mensuelles varient très peu autour de ce chiffre (Fig. 4), le maximum (60,3) étant observé en novembre et le minimum (46%) en mars. Cette dernière période coïncide avec la diminution du nombre des individus âgés, les femelles mourant probablement avant les mâles.

L'étude de la fécondité (nombre d'œufs par femelle et par portée), paramètre démographique déterminant, montre que les œufs de *G. gauthieri* ont une taille comprise entre 0,5 et 0,8 mm, croissant en fonction de l'étape embryonnaire, mais les œufs de la même portée ont la même taille. La fécondité observée varie entre 1 et 30 œufs; elle augmente avec la taille des femelles. Il faut noter aussi que les femelles ovigères produisent plus d'œufs au printemps et en été qu'en automne et en hiver (Fig. 4), ceci rappelle l'évolution saisonnière de l'activité sexuelle de la population étudiée.

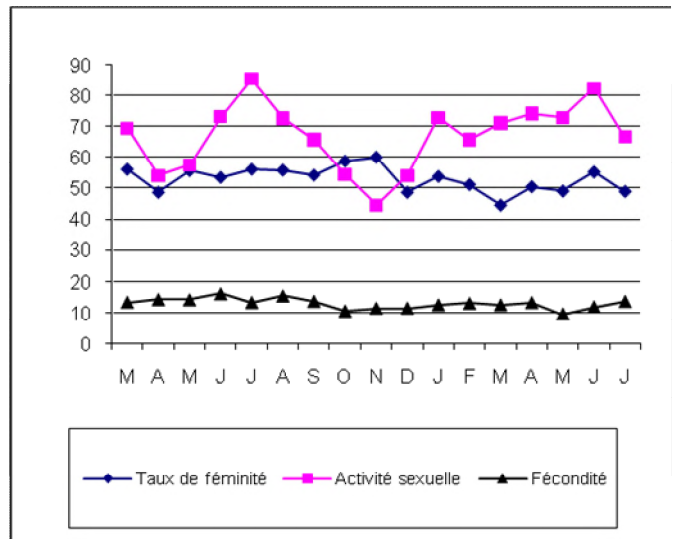


Figure 4. Evolution mensuelle de l'activité sexuelle, du taux de féminité et de la fécondité de *G. gauthieri* dans la source Vitel.

La taille moyenne des mâles est de $13,43 \pm 0,85$ mm et celle des femelles est de $12,39 \pm 0,83$ mm; chez les deux sexes, elle est maximale en automne et en hiver (Fig. 5) et subit une légère diminution au printemps; le plus grand individu mâle (17 mm) a été récolté en septembre, alors que la plus grande femelle (15 mm) a été observée en décembre.

Population d'Arhbalou Aberchane

L'abondance de *G. gauthieri* est maximale au printemps et en été (en moyenne 1300 individus par échantillon en mai-juin); une diminution s'amorce à la fin de l'été, pour atteindre la moitié de ce chiffre (642 individus en octobre). Ces fluctuations (Fig. 6) dépendent de la proportion des individus jeunes, lesquels représentent environ 50% de la population en été, alors qu'ils occupent 20% et 29% en automne et en hiver.

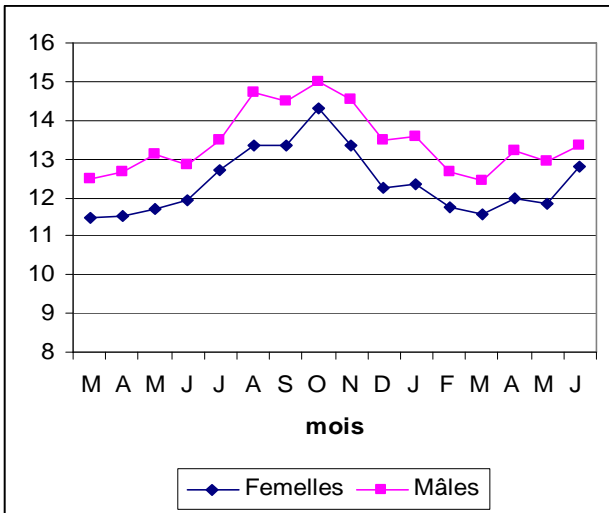


Fig. 5. Evolution de la taille moyenne mensuelle (en mm) des adultes de *G. gauthieri* dans la source Vitel.

L'activité reproductrice de l'espèce est également continue dans cette source ; la proportion des femelles en état de reproduction (par rapport à l'ensemble des femelles) ne descend pas au dessous de 50% (Fig. 7). Elle est minimale pendant l'automne et intense au printemps et en été avec un pic d'activité sexuelle en août et un deuxième en janvier.

Le taux moyen de féminité est de 48,9% ; les valeurs enregistrées au printemps et en été sont très proches de cette moyenne, alors que le minimum est observé en septembre (40,7%) et le maximum en janvier (66%) (Fig. 7). Le taux de féminité et l'activité sexuelle évoluent donc parallèlement.

La fécondité moyenne est de $13,5 \pm 1,5$ par portée ; elle atteint sa valeur maximale (16,26 œufs par femelle en juin) et sa valeur minimale (10,64 œufs par femelle) en octobre (Fig. 7).

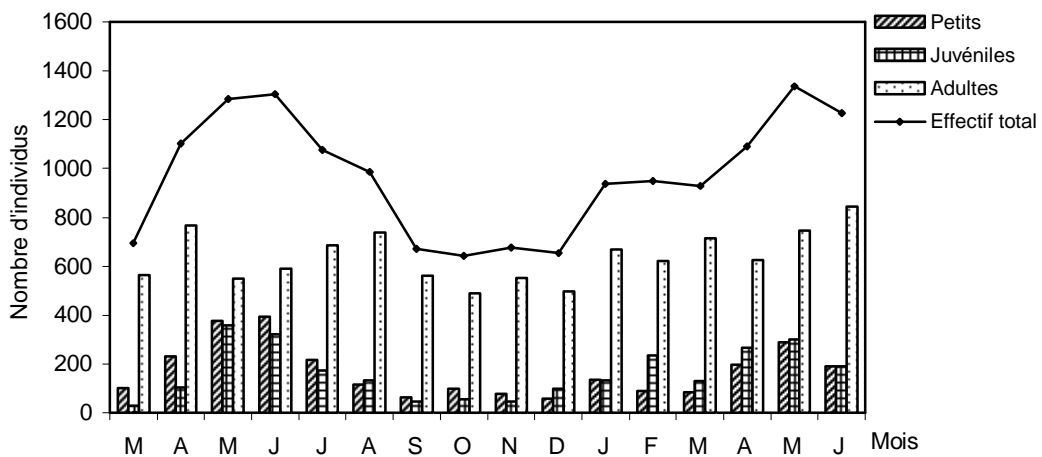


Figure 6. Evolution de l'effectif et de la structure d'âge de la population de *G. gauthieri* dans Arhbalou Aberchane durant la période d'étude (mars 1997-juillet 1998).

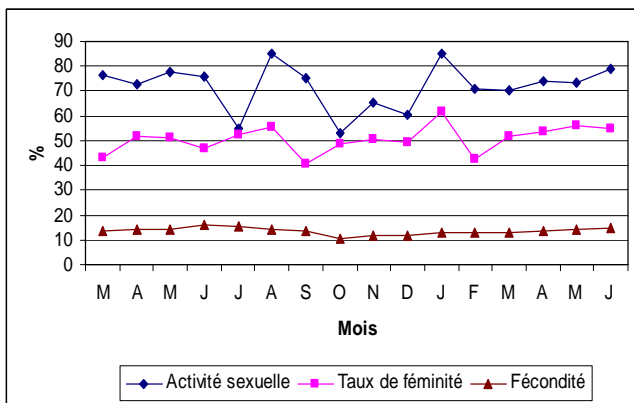


Figure 7. Evolution mensuelle de l'activité sexuelle, du taux de féminité et de la fécondité de *G. gauthieri* à Arhbalou Aberchane.

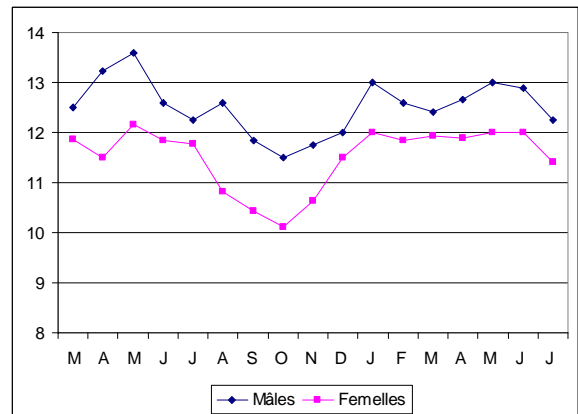


Figure 8. Evolution de la taille moyenne mensuelle des adultes *G. gauthieri* à Arhbalou Aberchane.

La taille moyenne des gammares est de $12,5 \pm 0,56$ mm chez les mâles et de $11,51 \pm 0,6$ mm chez les femelles ; les adultes de petite taille sont récoltés à la fin de l'été et en automne et les plus grands sont observés au printemps (Fig. 8).

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

G. gauthieri présente une activité reproductrice continue au niveau des deux sources du Moyen Atlas ; cependant, cette activité subit des variations saisonnières relativement nettes, avec un taux maximal au printemps-été et minimal en automne, ce qui a permis de déduire deux périodes d'éclosion par année, une pendant la saison humide (automne-hiver) et l'autre pendant la saison chaude (printemps-été). Des résultats analogues ont été trouvés par Maârouf (1993) en étudiant les variations saisonnières des matières organiques et minérales chez les gammares de la même région.

Les facteurs classiques pouvant intervenir dans l'évolution du cycle de reproduction des gammares au Maroc comme ailleurs, sont la température, la photopériode, la nourriture et probablement les précipitations (Alouf 1979, 1983). Dans les sources du Moyen Atlas, l'amplitude thermique annuelle est très faible (2°C à Arhbalou Aberchane et 4°C dans la source Vitel) ; le cycle de reproduction ne peut donc être lié à des variations saisonnières de la température. Le débit alimentaire et les changements de la photopériode sont très probablement les plus déterminants. L'absence de repos sexuel dans la zone des sources s'explique en partie par la permanence des ressources alimentaires abondantes.

Le rythme de la reproduction annuel chez *G. gauthieri* du Moyen Atlas rappelle ceux de *G. laticoxalis* et *G. syriacus* dans les sources libanaises d'altitude (Alouf 1979, 1980). Cet auteur a montré que l'activité sexuelle n'atteint pas le stade de repos et lie le rythme observé aux variations du débit alimentaire, lequel se trouve étroitement lié au régime des précipitations atmosphériques.

En Europe, les travaux de Roux (1970), de Steele & Steele (1975, 1986), de Pinkster *et al.* (1977) et de Janssen *et al.* (1979), ont montré que les cycles de reproduction des gammares présentent des phases de repos. L'arrêt de la reproduction est déterminé par l'abaissement de la température au-dessous de 5°C alors que la reprise est conditionnée par le changement de la photopériode (Roux 1970, Pinkster *et al.* 1977).

Comme le supposent Brun (1971) et Janssen *et al.* (1979), les femelles prédominent dans les conditions tempérées, ce qui est confirmé par nos observations puisque la proportion des femelles est relativement élevée par rapport à celle des mâles dans la source Vitel alors que dans la source de Guigou, les mâles sont les plus abondants. La température de l'eau dans cette station ne dépasse pas 10°C . Ces conditions seraient responsables de cette élévation du taux de masculinité. L'importance du facteur thermique dans le déterminisme du sexe a été soulignée par Janssen *et al.* (1979) chez les gammares et par Kouwenberg & Pinkster (1985) chez les isopodes. En effet, le sexe est déterminé par un mécanisme complexe, contrôlé par un

système multifactoriel de gènes sexuels, qui, peut être modifié par les facteurs abiotiques tels que la photopériode et la température (Brun 1971, Bulnheim 1978).

La fécondité moyenne chez *G. gauthieri* est de 13 œufs par femelle par portée à Arhbalou Aberchane et de 15 œufs par femelle dans la source Vitel. La fécondité augmente avec la taille des femelles des gammares ; en effet, une relation linéaire a été mise en évidence chez les individus en élevage (Fadil 1994). D'autre part, la fécondité semble être également fonction de la saison, le printemps et l'été paraissant plus productifs en œufs que l'automne et l'hiver.

Remerciements

Les auteurs remercient N.J. Alouf (Faculté des Sciences, Zahlé, Liban) pour sa collaboration.

Références

- Alouf N.J. 1979. Cycles de reproduction de deux formes parentes de *Gammarus* du Liban (Crustacés, Amphipodes). *Ann. Limnol.*, 181-195.
- Alouf N.J. 1980. Ecologie, biologie et cycle de reproduction des gammares d'Assi (Orente, Liban) (Crustacés, Amphipodes). *Ann. Limnol.*, 16, 2, 119-134.
- Alouf N.J. 1983. Cycle de vie de *Gammarus laticoxalis* ssp. dans l'exurgence Shtaure (Liban). Note sur *Gammarus syriacus* de Shamsine. *Hydrobiologia*, 107, 169-181.
- Brun B. 1971. Quelques aspects des cycles biologiques de deux gammares (Crustacés, Amphipodes) des eaux saumâtres du littoral méditerranéen français. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 116, 343-358.
- Bulnheim H.P. 1978. Interaction between genetic, external and parasitic factors in sex determination of Crustacean Amphipod *Gammarus duebini*. *Helgoländer Wiss. Meeresunters*, 31, 1-33.
- Dakki M., 1987. Ecosystèmes d'eau courante du haut Sebou (Moyen Atlas): études typologiques et analyses écologiques et biogéographiques des principaux peuplements entomologiques. *Trav. Inst. Sci., Rabat*, sér. Zool., 42, 99 p.
- Fadil F. 1994. Etude de la toxicité des sédiments et des métaux lourds chez *Gammarus gauthieri* (Crustacés, Amphipodes). Optimisation des conditions d'élevage et du test de toxicité. Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Moulay Ismail, Fac. Sci. Meknès, 119 p.
- Fadil F. 2002. Les Gammaridés épigés des eaux continentales du Maroc (Crustacés, Amphipodes): systématique, écologie, Biologie et intérêt écotoxicologique. Thèse d'Etat, Univ. Moulay Ismail, Fac. Sci. Meknès, 148 p.
- Fadil F. & Dakki M. 2001. Remarques sur la présence du genre *Gammarus* (Crustacés, Amphipodes) au Maroc avec description d'une nouvelle espèce. *Beaufortia*, 51, 153-162.
- Fadil & Dakki 2003. A new species of *Echinogammarus* Stebbing, 1899 (Crustacea, Amphipoda) from Moroccan freshwaters. *Beaufortia*, 53, 53-59.
- Fadil F. & Dakki M., 2006. Deux espèces nouvelles du genre *Gammarus* (Crustacés, Amphipodes) du Maroc. *Bull. Inst. Sci.*, Rabat, 28,
- Janssen H., Schepmaher M.V. & Pinkster S. 1979. Biology and distribution of *Gammarus aequicauda* and *G. insensibilis* (Crustacea, Amphipoda) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). *Bijdr. Dierk.*, 49, 1, 42-70.
- Kouwenberg J. & Pinkster S. 1985. Population dynamics of three brackish water Isopodes species (Crustacea) in the lagoon system of Bages-Sigean (France). II. Life cycles, sexual activity and fecundity. *Vie & Milieu*, 35, 2, 79-92.
- Maârouf A. 1993. Toxicité létale et bioaccumulation du zinc respectivement chez deux macroinvertebrés d'eau douce :

- G. gauthieri* (Crustacé, Amphipode) et *Dreissena polymorpha* (Bivalve). Thèse d'Etat, Univ. Moulay Ismail, Fac. Sci. Meknès, 294 p.
- Pinkster S. 1971. Members of the *Gammarus pulex*-group (Crustacea, Amphipoda) from North Africa and Spain, with description of a new species from Morocco. *Bull. Zool. Mus. Univ. Amsterdam*, 2, 7, 45-61.
- Pinkster S. & Goedmakers A. 1975. On two new freshwater species of the genus *Gammarus* from North Africa (Crustacea, Amphipoda). *Beaufortia*, 23, 301, 93-103.
- Pinkster S., Smit H. & Brndse-de J. 1977. The introduction of alian Amphipod *Gammrus tigrinus* Sexton, 1939, in the Netherlands and its competition with indigenous species. *Crustaceana*, 4, 91-105.
- Roux A.L. 1970. Le cycle de reproduction de deux espèces étroitement parentes de Crustacés, Amphipodes: *Gammarus pulex* et *G. fossarum*. *Ann. Limnol.*, 6, 1, 27-49.
- Steele D.H. & Steele V.J., 1975. The biology of *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda) in the North-Western Atlantic, XI. Comparison and discussion. *Can. J. Zool.*, 53, 1116-1126.
- Steele D.H. & Steele V.J., 1986. The influence of photoperiod in timing of reproductive cycles in *Gammarus species* (Crustacea, Amphipoda). *Am. Zool.* 26, 459-467.

Manuscrit reçu le 16 mars 2007

Version définitive acceptée le 16 janvier 2009