

# Premières investigations sur les populations de *Galba truncatula* (Mollusca Gastropoda : Lymnaeidae), le mollusque hôte de *Fasciola hepatica*, dans le secteur irrigué des Doukkala (nord-ouest du Maroc)

M. BELFAIZA<sup>1</sup>, M. MONCEF<sup>1\*</sup> et D. RONDELAUD<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Hydrobiologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, BP 20, 24000 El Jadida, Maroc.

<sup>2</sup> UPRES EA n° 3174 / USC INRA, Facultés de Médecine et de Pharmacie, 87025 Limoges, France.

\* Auteur chargé de la correspondance : Pr. M. MONCEF, Laboratoire d'Hydrobiologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, BP 20, 24000 El Jadida, Maroc.

\* Fax : 212.23.34.21.87. E-mail : mdmoncef@yahoo.fr

## RÉSUMÉ

Comme des cas de fasciolose sont détectés régulièrement chez les bovins et les moutons pâturant dans le secteur irrigué des Doukkala (nord-ouest du Maroc), des investigations sur les populations locales de *Galba truncatula* ont été réalisées pendant 27 mois pour déterminer les caractéristiques de leurs habitats et suivre la dynamique de leurs générations annuelles. Treize populations de *G. truncatula* ont été trouvées le long des canaux tertiaires du système d'irrigation ou dans des zones marécageuses proches de celui-ci. Les superficies de ces gîtes se distribuent de 0,3 à 3 m<sup>2</sup> tandis que les densités des mollusques varient de 2 à 1100 / m<sup>2</sup>. La prévalence de l'infestation naturelle avec *Fasciola hepatica* chez les limnées est faible (0,46 %). Des mesures mensuelles de plusieurs paramètres physico-chimiques dans l'eau circulant dans les gîtes des limnées montrent un accroissement significatif de la conductivité électrique, des concentrations en calcium et magnésium en septembre-octobre, tandis que celles de l'oxygène dissous sont significativement plus élevées de décembre à février. Deux périodes de reproduction, correspondant à deux générations annuelles pour *G. truncatula*, ont été observées : la première de mars à mai et la seconde en novembre et décembre. D'août à octobre, aucune jeune limnée (< 2 mm) n'a été trouvée à la surface du sol. Par contre, au cours des autres mois de l'année 2002, ces juvéniles sont présents, même au cours des mois d'hiver, leurs pourcentages présentant des pics en juin et en novembre. Dans le district des Doukkala, les habitats de *G. truncatula* ne seraient que des gîtes temporaires, caractérisés par une repopulation rapide des limnées lors de chaque phase d'irrigation. Le faible nombre de ces habitats et la faible prévalence de leur infestation naturelle avec *F. hepatica* imposent de faire des infestations expérimentales de mollusques afin de déterminer leur sensibilité à l'infestation fasciolienne et de connaître le mécanisme de la contamination du bétail local par ces métacercariae.

**Mots-clés :** *Galba truncatula* - distribution - Doukkala - générations annuelles - habitats - irrigation - Mollusca - Maroc - paramètres physico-chimiques.

## SUMMARY

**First investigations on the populations of *Galba truncatula* (Mollusca Gastropoda : Lymnaeidae), the snail host of *Fasciola hepatica*, in the irrigated district of Doukkala (northwestern Morocco). By M. BELFAIZA, M. MONCEF and D. RONDELAUD.**

As natural infections of cattle and sheep with *Fasciola hepatica* were regularly detected in the livestock grazing in the Doukkala irrigated district (northwestern Morocco), field investigations on the local populations of *Galba truncatula* were carried out for 27 months to determine the characteristics of their habitats and to follow the dynamics of their annual generations over time. Thirteen populations of *G. truncatula* were found along the tertiary canals of the irrigation scheme or in swampy areas close to it. The surfaces of their habitats ranged from 0.3 to 3 m<sup>2</sup> and snail densities from 2 to 1100/m<sup>2</sup>. The prevalence of natural infections with *F. hepatica* in snails was low (0.46%). Monthly measurements of several physicochemical parameters in the water, which ran into snail habitats, demonstrated significant increases of electric conductivity, calcium, and magnesium in September and October, whereas dissolved oxygen concentrations were significantly greater from December to February. Two periods of reproduction, corresponding to two annual generations of snails, were noted, the first from March to May and the second in November and December. From August to October, no juvenile snails (<2 mm in height) were recovered from the surface of the soil. In contrast, during the other months of 2002, they were present, even during winter months, and their percentages peaked in June and in November. In the district of Doukkala, the habitats of *G. truncatula* would only be temporary and would be quickly repopulated by snails when a new irrigation cycle began. The low number of snail habitats and the low prevalence of natural infections with *F. hepatica* in *G. truncatula* necessitate to realize experimental infections of snails to determine their susceptibility to *Fasciola* infection and to understand the way by which the metacercariae infect local livestock.

**Keywords :** *Galba truncatula* - annual generations - distribution - Doukkala - habitats - irrigation - Mollusca - Morocco - physicochemical parameters.

## Introduction

La distomatose à *Fasciola hepatica* (Linnaeus 1758) est connue depuis longtemps dans plusieurs régions du Maroc. Dans la province des Doukkala par exemple, la fréquence des foies saisis pour fasciolose était de 13,3 % chez les bovins (sur 33.362 animaux abattus) et de 36 % chez les ovins (sur 132.123 moutons) entre 1993 et 2000 [10].

Comme un mollusque d'eau douce : *Galba truncatula* (O.F. Müller 1774) intervient en tant qu'hôte intermédiaire dans le développement larvaire de ce parasite, plusieurs travaux sur la distribution de cette limnée au Maroc [2] et les prévalences de ses infestations naturelles avec *F. hepatica* dans deux zones irriguées : celle du Gharb [7] et la vallée de l'Oued Massa [12] ont déjà été réalisées.

Malgré les travaux précités, il y a encore peu d'informations sur la présence de *G. truncatula* dans d'autres zones irriguées comme celle des Doukkala et il n'y a pas de rapport sur l'infestation naturelle de cette limnée avec *F. hepatica*. Etant donné l'importance du secteur des Doukkala (80000 ha) qui représente 29 % des zones irriguées du Maroc, il était intéressant d'étudier la biologie des populations locales de *G. truncatula* en répondant aux trois questions suivantes : combien de populations de *G. truncatula* vivent dans cette province ? Quelles sont les caractéristiques de leurs habitats ? Combien de générations annuelles peut avoir cette limnée dans ce secteur irrigué ? Pour répondre à ces trois questions, des investigations de terrain ont été réalisées pen-

dant 27 mois (d'octobre 2000 à décembre 2002) dans quatre sous-secteurs des Doukkala.

## Matériel et méthodes

La zone irriguée des Doukkala (Fig. 1) est située à 50 m au-dessus du niveau de la mer avec des sols constitués d'alluvions quaternaires. Un réseau d'irrigation, composé de conduits en ciment, habituellement surélevés par rapport au niveau du sol, parcourt le district et transporte de l'eau fournie par l'Oued Oum Er Rbia. Les deux premiers sous-secteurs étudiés : Had Ouled Frej et Sidi Bennour, représentent

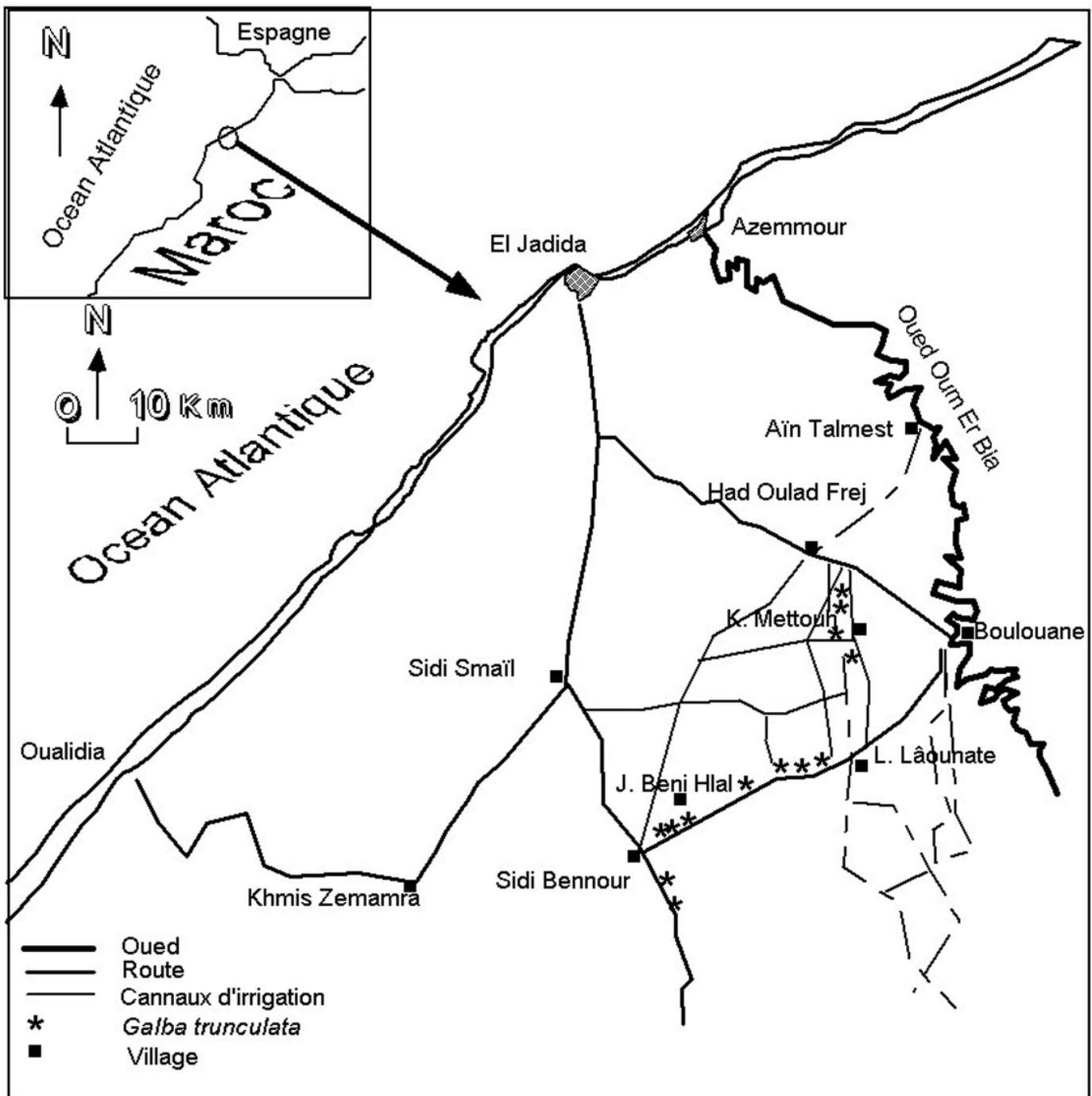


FIGURE 1. — Les zones d'irrigation étudiées dans le district des Doukkala (nord-ouest du Maroc) et la localisation des habitats de *Galba truncatula*.

26.200 ha irrigués par gravité. Les deux autres, ceux de Boulaouane et de Khmis Zemamra, comprennent 33.500 ha irrigués par aspersion. La pluviométrie moyenne annuelle est de 534 mm alors que les températures moyennes minimale et maximale sont respectivement de 7° et de 25,5° C, ce qui permet de classer la province des Doukkala dans l'étage bioclimatique semi-aride.

La première série d'investigations a été réalisée en 2000 et 2001 pour localiser les habitats de *G. truncatula*. Dans les sous-secteurs de Had Ouled Frej et de Sidi Bennour, près de 62 km de canaux d'irrigation ont été prospectés en octobre et en novembre 2000 tous les 100 m et souvent à une plus faible distance lorsqu'un site (un puisard par exemple) est intéressant pour l'étude des mollusques. Dans les sous-secteurs de Boulaouane et de Khmis Zemamra, 125 ha au total ont été prospectés en décembre 2000 et en janvier 2001 dans le même objectif. Deux autres prospections ont été également réalisées en janvier-février 2001 et janvier-février 2002 pour trouver des gîtes à limnées qui n'auraient pas été détectés lors de la première série d'investigations. Lorsqu'une population de *G. truncatula* est trouvée, la superficie de l'habitat colonisé, le nombre total de limnées et la densité correspondante des mollusques sont déterminés. Des limnées mesurant 4 mm au minimum en hauteur ont été prélevées dans chaque habitat lors de la première série d'investigations et ensuite disséquées sous loupe binoculaire à la recherche de formes larvaires de *F. hepatica*.

Comme les habitats de *G. truncatula* sont parcourus par de l'eau courante lors de chaque cycle d'irrigation (toutes les 3 ou 4 semaines et parfois moins selon la température et l'utilisation de l'eau par les exploitants), d'autres investigations bimensuelles ont également été réalisées de juin 2001 à mai 2002 afin de mesurer chaque mois la température et déterminer les valeurs de sept paramètres physico-chimiques dans l'eau qui circule dans tous les habitats de *G. truncatula*. Ainsi la conductivité et la température ont été directement mesurées in situ, à 9 heures du matin et à 5 cm de profondeur. Trois échantillons d'eau ont été prélevés dans chaque gîte afin de réaliser au laboratoire les analyses suivantes : matières en suspension, oxygène dissous, calcium, magnésium et chlorures [14]. Les valeurs individuelles enregistrées pour chaque paramètre sont ramenées à une moyenne, encadrée d'un écart type, en tenant compte de l'habitat de *G. truncatula* et de la date de l'échantillonnage. Une analyse de variance à deux facteurs [18] a été utilisée pour déterminer les niveaux de signification statistique.

Une dernière série d'investigations a été réalisée en 2002 dans deux habitats de *G. truncatula* choisis pour leur superficie assez importante et la présence de limnées tout au long de l'année. Chaque mois, trois quadrats de 1 m<sup>2</sup> chacun sont choisis au hasard dans chaque habitat et un décompte des pontes est réalisé. Les limnées présentes sur ces quadrats sont aussi comptées et la hauteur de leur coquille mesurée sous loupe binoculaire. Les tailles individuelles obtenues chaque mois ont été ensuite regroupées selon les classes suivantes : juvéniles (< 2 mm), préadultes (2,1 - 4 mm) et adultes (> 4 mm) et le nombre de mollusques obtenus dans chaque groupe a été exprimé sous forme de pourcentage.

## Résultats

### HABITATS DE *G. TRUNCATULA*

Malgré trois séries de prospections sur le terrain et 1250 sites inventoriés dans les sous-secteurs de Boulaouane et de Khmis Zemamra, la détection des habitats de *G. truncatula* a été négative. Par contre, parmi les 1050 sites prospectés dans les sous-secteurs de Had Ouled Frej et de Sidi Bennour, 13 populations de *G. truncatula* (Fig. 1) ont été trouvées dans des puisards situés le long de canaux tertiaires (6 habitats), à l'intérieur même des canaux tertiaires lorsque du sédiment est présent (2), autour de la base des poteaux supportant ces canaux (3) et dans des zones marécageuses proches du réseau d'irrigation (2). Chaque habitat a une superficie moyenne de 1,6 m<sup>2</sup> (limites : 0,3 - 3 m<sup>2</sup>) et est colonisé par un effectif total de 243 limnées (limites : 1-730) si bien que la densité correspondante est de 183,4 / m<sup>2</sup> (limites : 2 - 1,1 ind. / m<sup>2</sup>). Aucun autre mollusque d'eau douce n'a été trouvé dans ces gîtes. Sur les 216 adultes récoltés dans les 13 sites, un seul présentait des formes larvaires de *F. hepatica* (prévalence de l'infestation : 0,46 %).

La caractérisation physico-chimique de l'eau courante a montré l'existence de variations saisonnières. Les valeurs de conductivité (Fig. 2a) sont significativement plus importantes ( $F = 3,99$  ;  $P < 0,1$  %) en septembre et en octobre par rapport aux autres mois de l'année. Des remarques similaires ont été notées pour les concentrations en calcium ( $F = 8,41$  ;  $P < 0,1$  %), en magnésium ( $F = 3,18$  ;  $P < 1$  %) et en chlorures ( $F = 7,40$  ;  $P < 0,1$  %) (Fig. 2b). Par contre, les concentrations en oxygène dissous (Fig. 2c) sont significativement plus élevées ( $F = 8,57$  ;  $P < 0,1$  %) de décembre à février. La localisation de l'habitat et sa nature (puisard, ...) n'ont pas d'effets significatifs sur ces valeurs. A l'exception des températures notées en août qui sont plus élevées (27°-28° C), celles enregistrées durant les autres mois se situent entre 17° à 23° C. La concentration des matières en suspension est toujours inférieure à 0,25 mg/L et ne présente pas de variation significative en fonction des mois de l'année et des habitats des limnées.

### LES GÉNÉRATIONS ANNUELLES DE *G. TRUNCATULA*

Deux périodes de reproduction (Fig. 3a) ont été observées, la première de mars à mai et la seconde en novembre et décembre. L'activité reproductrice la plus importante a été notée en avril et en novembre, comme l'indique le nombre des pontes au cours de ces deux mois (40,6 et 21,3 pontes / m<sup>2</sup>). Ces deux périodes de reproduction indiquent donc l'existence de deux générations annuelles pour *G. truncatula* dans la zone irriguée des Doukkala.

Des variations ont également été enregistrées pour les trois classes de taille (Fig. 3b). Ainsi, d'août à octobre, aucune jeune limnée n'a été retrouvée à la surface du sol. Par contre, au cours des autres mois, les jeunes sont présents, même au cours des mois d'hiver et leur nombre est maximal en juin (43,7 %) et surtout en novembre (69,7 %). Dans le cas des

préadultes, un premier pic se situe en janvier (43,8 %), le second en mai (41,4 %) et un troisième estival, légèrement plus important en août (56 %). Les pourcentages des adultes montrent également l'existence de deux pics, le premier en mars (58,4 %) et le second en septembre (81,3 %).

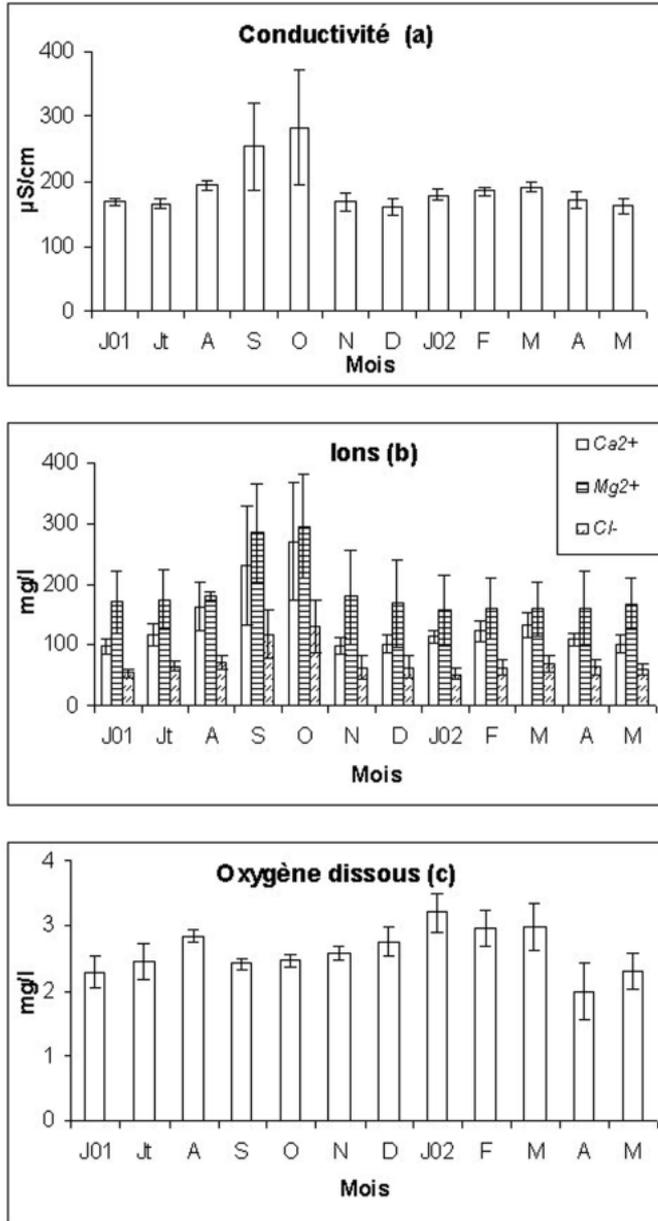


FIGURE 2. — Valeurs moyennes et écarts types pour cinq paramètres physico-chimiques mesurés dans l'eau courante circulant dans les habitats de *Galba truncatula* dans le district des Doukkala : conductivité électrique (2a), concentrations en calcium, en magnésium et en chlorures (2b), et oxygène dissous (2c).

## Discussion

Dans le district des Doukkala, les habitats de *G. truncatula* n'ont été recensés que dans les deux sous-secteurs irrigués par gravité et ce résultat concorde avec les observations faites dans d'autres régions du Maroc [7, 12]. Cependant, le nombre de populations recensées est assez faible (13 seulement), malgré les trois séries d'investigations sur le terrain,

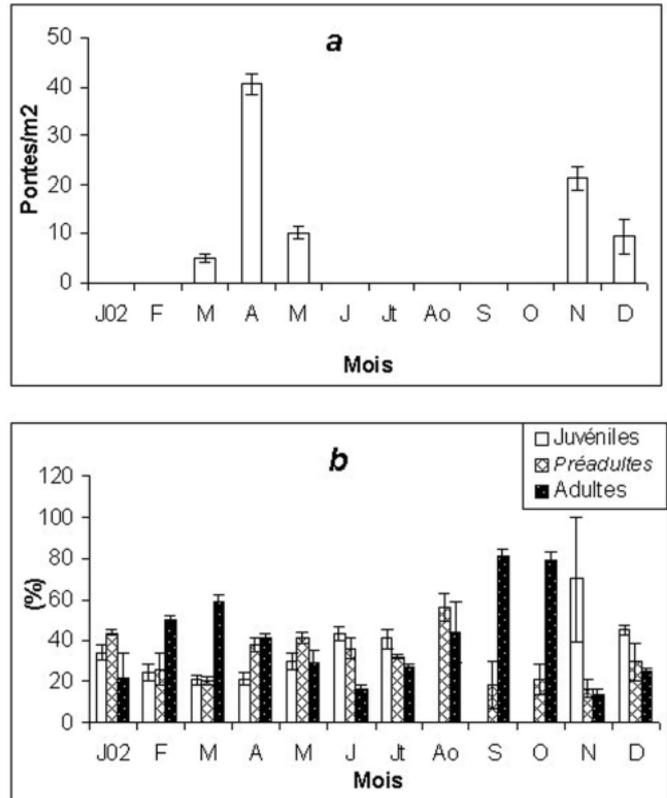


FIGURE 3. — Les générations annuelles de *Galba truncatula* dans le district des Doukkala : la densité des pontes par m<sup>2</sup> d'habitat (3a), et les pourcentages des juvéniles, des préadultes et des adultes (3b) par rapport aux dates de prospection sur le terrain durant l'année 2002. Nombre total de mollusques mesurés en 2002 : 5132.

ce qui permet de s'interroger sur les raisons d'un aussi faible nombre d'habitats. L'une des explications est la morphologie même de ce district, étant donné que ce secteur n'a pas de rivières ou de sources et n'est traversé que par le réseau d'irrigation. Mais, comme les gîtes de ces limnées se situent essentiellement le long de deux canaux d'irrigation, on peut formuler l'hypothèse d'un apport de ces mollusques par l'eau courante à partir de populations situées sur les berges du barrage si bien que les habitats trouvés dans la présente étude ne seraient que des gîtes temporaires [19] caractérisés par une repopulation rapide des limnées à chaque cycle d'irrigation. Un argument en faveur de cette hypothèse est la variabilité que l'on peut constater dans la densité des *G. truncatula* (de 2 à 1100 / m<sup>2</sup>) alors que les superficies des gîtes sont faibles.

Les valeurs trouvées pour la superficie des habitats (< 5 m<sup>2</sup>) sont en accord avec celles que d'autres auteurs ont rapportées dans le Moyen Atlas (Maroc central) [3], dans le nord-est de l'Algérie [9] ou en France [22]. Les deux générations annuelles de *G. truncatula* déterminées dans la présente étude concordent avec les observations effectuées au Maroc [2, 3, 7, 12] ou encore dans des pays de l'Europe de l'ouest [6, 11, 16]. Cependant, deux points méritent d'être soulignés :

- Le premier concerne les pontes printanières déposées de mars à mai dans le périmètre irrigué des Doukkala. Comme des durées identiques (2,5 mois) ont déjà été notées pour des populations de *G. truncatula* dans les régions de Fès et

d'Ifrane [4], on peut en déduire que la nature des habitats (sur un réseau d'irrigation dans la présente étude, sur des berges d'oueds et dans des zones marécageuses dans les zones de Fès et d'Ifrane) n'a aucune influence sur la durée des pontes printanières et que seules les conditions climatiques locales sont responsables de ces longues durées, comme cela a été démontré en Grande-Bretagne [17].

- Le second point porte sur l'absence de juvéniles entre août et octobre dans les habitats des deux populations étudiées. Comme les effectifs des juvéniles sont importants en novembre (69,7 %), on peut se demander si des juvéniles nés au printemps n'auraient pas estivé en étant enfouis dans le sol, notamment dans les zones marécageuses, pour reprendre leur activité lors de la survenue des premières pluies automnales. Cette hypothèse s'appuie sur deux arguments : a) *G. truncatula* peut s'enfouir dans un sédiment lors d'un assèchement expérimental sous les conditions d'un climat aride [13] alors que cette aptitude à l'enfouissement n'existe pas dans les pays tempérés [19], du moins pour les populations vivant dans les plaines à faible altitude ; b) des juvéniles et des préadultes ont été retrouvés en vie lors d'une ré-immersion expérimentale dans l'eau de plusieurs échantillons de sol prélevés dans des habitats des Doukkala en septembre et octobre (données non publiées). D'autres observations sur les habitats à limnées dans les Doukkala sont donc encore nécessaires pour déterminer l'importance de ce processus dans les zones irriguées par gravité et évaluer l'importance que les limnées enfouies dans le sol lors des mois d'été ont dans la recolonisation des habitats en automne.

Les variations saisonnières de plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau au niveau des habitats de *G. truncatula* ne permettent pas de caractériser ces derniers en fonction de leur nature (puisards, zones marécageuses, ...) car il n'y a pas de différence significative entre les différents types d'habitats. Les valeurs rapportées dans la présente étude concordent en partie avec ce que l'on connaît des fluctuations physico-chimiques des eaux continentales situées sous climat aride [1]. Cependant, il existe une discordance avec les données rapportées par KHALLAAYOUNE *et al.* [8] pour l'eau stagnante qui reste dans les puisards d'un autre système d'irrigation marocain (Tessaout-Amont) car la conductivité et la concentration en oxygène ne présentent pas de variation saisonnière tranchée. Une première explication serait de rapporter cette différence aux conditions climatiques qui sont différentes entre la région des Doukkala et celle de Marrakech (moins de 300 mm de pluviométrie annuelle). Cependant, on ne peut exclure un problème d'échantillonnage lors des mesures car les valeurs relevées dans la présente étude ont été mesurées dans l'eau circulant dans les habitats de *G. truncatula* lors de chaque cycle d'irrigation alors que celles réalisées par KHALLAAYOUNE *et al.* [8] ont été déterminées directement dans l'eau des puisards, qu'elle soit courante ou stagnante.

Le faible nombre de populations de *G. truncatula* trouvées au cours de la présente étude et la faible prévalence de l'infestation naturelle par *F. hepatica* (0,46 %) posent un problème sur le plan épidémiologique car l'infestation des bovins et des moutons provenant des Doukkala est assez élevée (13,3 et 36 %) [10]. Même s'il n'existe pas de relation

entre les taux d'infestation chez l'hôte définitif et ceux que l'on trouve chez les mollusques hôtes [20], on peut se demander pourquoi une prévalence aussi faible a été trouvée chez les *G. truncatula* locales. Un élément de réponse est fourni par la date des prélèvements lors de la première série d'investigations (octobre-novembre 2000) car la prévalence de l'infestation naturelle chez les limnées transhivernantes, récoltées dans le centre de la France, est significativement plus faible que celles notées chez les mollusques des générations de printemps ou d'été [15]. Mais ce n'est pas la seule raison et il est nécessaire de proposer une autre explication. Devant de telles prévalences chez l'hôte définitif, on peut se demander si l'infestation du bétail ne serait pas due à l'ingestion de métacercaires flottantes [5] car ce type de larves peut représenter jusqu'à 50 % des métacercaires formées chez certaines populations françaises de *G. truncatula* [21]. D'autres études sont encore nécessaires pour apporter des réponses sur ce dernier point en effectuant un suivi mensuel des deux populations de limnées qui vivent dans des prairies marécageuses pour déterminer la prévalence de leur infestation naturelle par *F. hepatica* et en soumettant les autres colonies de mollusques à des infestations expérimentales dans les conditions du laboratoire.

## Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements à M. le Dr. M.D. GOUMGHAR, de l'Université de Fès (Maroc), pour son assistance technique dans la détection des habitats de *G. truncatula* et à M. le Dr. P. VIGNOLES, de l'Université de Limoges (France) pour son aide dans l'interprétation statistique des résultats.

## Références

1. — BROWN D.S. : Freshwater snails of Africa and their medical importance. 2<sup>nd</sup> edit. Taylor and Francis Ltd. 608 p., London.
2. — GHAMIZI M. : Les Mollusques des eaux continentales du Maroc : systématique et bioécologie. Doctorate Thesis, Parasitology, Marrakech, 1998, 555 p.
3. — GOUMGHAR M.D., RONDELAUD D., BENLEMLIH M. : Les gîtes de *Lymnaea truncatula* Müller au Maroc. Premières observations dans deux vallées d'altitude situées dans la province d'Ifrane (Moyen Atlas). *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, 1996, **15**, 33-40.
4. — GOUMGHAR M.D., VIGNOLES P., RONDELAUD D., DREYFUSS G., BENLEMLIH M. : Relations entre les générations annuelles de *Lymnaea truncatula* (Mollusca Gastropoda : Lymnaeidae), l'altitude et la nature de ses habitats dans le centre du Maroc. *Revue Méd. Vét. (Toulouse)*, 2001, **152**, 457-462.
5. — ESCLAIRE F., AUDOUSSET J.C., RONDELAUD D., DREYFUSS G. : Les méta-cercaires "flottantes" de *Fasciola hepatica* L. A propos de quelques observations sur leur structure et leurs variations numériques au cours d'une infestation expérimentale chez *Lymnaea truncatula* Müller. *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, 1989, **7**, 225-228.
6. — HEPPELSTON P.B. : Life history and population fluctuations of *Lymnaea truncatula*, the snail vector of fascioliasis. *J. Appl. Ecol.*, 1972, **9**, 235-248.
7. — KHALLAAYOUNE K. : Sheep fascioliasis in Morocco : epidemiology and serodiagnostic. Ph.D. Thesis, Univ. Minnesota, 1989, 196 p.
8. — KHALLAAYOUNE K., MADSEN H., LAAMRANI H. : Evaluation of three methods to control *Bulinus truncatus*, the intermediate host of *Schistosoma haematobium* in an irrigation scheme, Tessaout-Amont, Morocco. *Acta Tropica*, 1998, **69**, 51-63.
9. — MEKROUD A., BENAKHLA A., BENLATRECHE C., RONDELAUD D., DREYFUSS G. : First studies on the habitats of *Galba truncatula* (Mollusca Gastropoda : Lymnaeidae), the snail host of *Fasciola hepatica*, and the dynamics of snail populations in northeastern Algeria. *Revue Méd. Vét. (Toulouse)*, 2002, **153**, 181-188.

10. — MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU MAROC : Statistiques à l'abattoir d'El Jadida, Maroc. Direction de la Production Animale, El Jadida, 2000, 2 p.
11. — MOREL-VAREILLE C.- Contribution à l'étude du cycle biologique de *Lymnaea truncatula* dans le nord-ouest du Limousin. *Revue Méd. Vét. (Toulouse)*, 1973, **123**, 1447-1457.
12. — MOUKRIM A., RONDELAUD D. : Premières données épidémiologiques sur un foyer de distomatose animale à *Fasciola hepatica* L. dans la vallée de l'Oued Massa (Maroc). *Revue Méd. Vét. (Toulouse)*, 1991, **142**, 839-843.
13. — MOUKRIM A., RONDELAUD D. : Vertical spatial behaviour patterns of *Lymnaea truncatula* in relation with origin of snails, infection with *Fasciola hepatica*, and experimental environment. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 1992, **67**, 174-179.
14. — RODIER J. : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8<sup>th</sup> edit. Dunod, 1996, 1336 p., Paris.
15. — RONDELAUD D., DREYFUSS G. : Variability of *Fasciola* infection in *Lymnaea truncatula* as a function of snail generation and snail activity. *J. Helminthol.*, 1997, **71**, 161-166.
16. — SMITH G. : A three-year study of *Lymnaea truncatula* habitats, disease foci of fascioliasis. *Br. Vet. J.*, 1981, **137**, 398-410.
17. — SMITH G., WILSON R.A. : Seasonal variations in the microclimate of *Lymnaea truncatula* habitats. *J. Appl. Ecol.*, 1985, **17**, 329-342.
18. — STAT-ITCF : Manuel d'utilisation. Institut technique des céréales et des fourrages, Service des études statistiques, 1988, 210 p., Boigneville.
19. — TAYLOR E.L. : Fascioliasis and the liver-fluke. FAO Agricultural Studies, 1965, n° 64, 235 p., Roma.
20. — TORGERSON P., CLAXTON J. : Epidemiology and control. Chapter 4. In : Fasciolosis, by Dalton J.P., ed. CABI Publishing, 1999, 113-149, Oxon.
21. — VAREILLE-MOREL C., RONDELAUD D. : Les métacercaires flottantes de *Fasciola hepatica* L. Etude expérimentale de facteurs sur leur formation. *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, 1991, **9**, 81-85.
22. — VAREILLE-MOREL C., DREYFUSS G., RONDELAUD D. : The characteristics of habitats colonized by three species of *Lymnaea* (Mollusca) in swampy meadows on acid soil : their interest for control of fasciolosis. *Ann. Limnol.*, 1999, **35**, 173-178.