

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE DES POPULATIONS ET DES ORGANISMES



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En science de la nature et de la vie

Filière : Sciences Biologiques

Option: Parasitologie

Laboratoire de Biotechnologies, Environnement et Santé

THEME



**Contribution à l'étude des mollusques aquatiques
vecteurs de trématodes parasites de l'homme et des
animaux**

Présenté par :

Soutenu le : 16/09/2018

Mr : Hadj Ahmed Yassine

Devant le jury :

Mme Makhlouf C.

MAA

USDB1

Président

Mr. Saidani K.

MCB

USDB1

Examineur

Mme Tail G.

Pr

USDB1

Promotrice

Mr. Ziam H.

MCA/ISV

USDB1

Co-promoteur

2017-2018

Dédicaces

*Au nom de Dieu le clément et le miséricordieux.
Louange à dieu qui m'a aidé durant des années,
éclairé et ouvert les portes du savoir.*

*C'est avec une profonde émotion que je dédie ce
mémoire :*

*A mes chers parents à qui je dois tant et qui n'ont
pas cessé de me témoigner affection, pour leurs
amour, soutient, et leurs encouragement, en
espérant les rendre fières.*

Mes frères

A tous les membres de ma Famille

Mes professeurs :

*De La Faculté Des Sciences De La Nature Et De La
Vie, Département De Biologie Et Physiologie Des
Organismes*

En fin je dédie tous ceux connu moi de près ou de loin.

Remerciements

Avant tout je remercie dieu tout puissant de m'avoir donné le privilège, la chance d'étudier et de m'avoir donné force, courage, et patience pour accomplir ce travail. Je remercie mes chers parents et tous les membres de ma Famille à qui je dois tant et qui n'ont pas cessé de me témoigner affection, pour leurs amour, soutient, et leurs encouragement, en espérant les rendre fières.

Je remercie naturellement nos encadreurs, **Mme TAIL G.** et **Mr Ziam H.** Et pour leur orientation éclairée, et leur aide dans l'élaboration de ce travail.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, m'a encouragé à réaliser ce travail.

Mes remerciements vont également à tous mes amis, enseignants et chercheurs de La Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie, Département De Biologie Et Physiologie Des Organismes, qui m'ont soutenu moralement le long de ce travail Je remercie aussi les membres du groupe de parasitologie pour leurs soutient pendant cette période.

Enfin, je remercie les membres du jury de m'avoir honoré en acceptant de juger ce travail.

Liste des abréviations

HI : hôte intermédiaire.

EDTA : éthylènediaminetétraacétique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

Résumé

L'objectif de cette étude est de faire un inventaire des mollusques aquatiques, probablement vecteurs de trématodes pathogènes pour l'homme et les animaux domestiques, dans 3 cours d'eau de la région de Mitidja dans la wilaya de Blida. L'étude a été conduite de mars à juillet 2018, à raison d'une visite par mois pour le site de Soumâa, de Koubania et de Nhaoua. Quatre échantillons d'eau, de plantes et de mollusques ont été fait sur un tronçon de 20 m. L'échantillonnage a été fait au hasard, sur une superficie de 1 m², à partir d'un point de départ ensuite à des distances de 0 m, 5 m, 10 m et 20 m. Il a été réalisé 93 prélèvements de mars à juillet 2018. Un total de 849 mollusques a été collecté, dans la boue et sur les végétaux. Le nombre total de mollusques est plus élevée dans la boue par rapport aux végétaux ($p < 0,001$). Nous avons identifié 8 mollusques par ordre décroissant *Physa* sp, *Galba*, *Ferrissia* sp, *Paludine* commune, *Acroloxus* sp, *Planorbis* sp, *Planorbarius* sp et *Stagnicola* sp. Dans les 3 sites d'études *Physa* sp est significativement plus élevée par rapport à *Galba* sp et *Acroluxus* sp ($p < 0,01$). Le nombre de mollusques *Galba* sp collecté est plus élevée par aux autres mollusques ($p < 0,001$). Il a été répertorié 10 espèces de végétaux aquatiques. Les algues, *Stachys ocymastrum*, *Rubus fruticosus*, *Marrubium vulgare*, *Plantago lagopus*, *Anagallis arvensis* son commune aux 3 sites d'étude. En revanche, *Saccharum officinarum* et *Juncus effusus* sont commune à Koubania et Nhaoua. *Crepis vesicaria*, *Anagallis arvensis* et *Nasturtium officinale* ont été collecté à Soumâa et Koubania. *Portulaca oleracea* et *Scorpiurus vermiculatus* sont cepcifique à Nhaoua et *Rumex crispus* et *Borago officinalis* à Soumâa. Les nitrites et les orthophospates sont inférieurs à 0,01. *Physa* sp, *Galba*, *Planorbis* sp, *Planorbarius* sp et *Stagnicola* sont des hôtes intermédiaires de trématodes. Il serait souhaitable d'élargir cette étude sur une année.

Mots clés : mollusques aquatiques, hôtes intermédiaires, trématodes, wilaya de Blida.

Abstract

The objective of this study is to make an inventory of aquatic molluscs, probably vectors of pathogenic trematodes for humans and domestic animals, in 3 rivers of the region of Mitidja in the wilaya of Blida.

The study was conducted from March to July 2018, with a monthly visit for the Soumâa, Koubania and Nhaoua sites. Four samples of water, plants and molluscs were made on a 20 m section. Sampling was done randomly over an area of 1 m² from a starting point at distances of 0 m, 5 m, 10 m and 20 m. Ninety-three samples were taken from March to July 2018. A total of 849 molluscs were collected, in mud and on plants. The total number of molluscs is higher in mud compared to plants ($p < 0.001$). We identified 8 molluscs in descending order *Physa sp*, *Galba*, *Ferrissia sp*, *Common Paludine*, *Acroloxus sp*, *Planorbis sp*, *Planorbarius sp* and *Stagnicola sp*. In the 3 study sites *Physa sp* is significantly higher compared to *Galba sp* and *Acroloxus sp* ($p < 0.01$). The number of *Galba sp* collected molluscs is higher by the other molluscs ($p < 0.001$). It has been listed 10 species of aquatic plants. Algae, *Stachys ocymastrum*, *Rubus fruticosus*, *Marrubium vulgare*, *Plantago lagopus*, *Anagallis arvensis* are common to all 3 study sites. On the other hand, *Saccharum officinarum* and *Juncus effusus* are common in Koubania and Nhaoua. *Crepis vesicaria*, *Anagallis arvensis* and *Nasturtium officinale* were collected in Soumâa and Koubania. *Portulaca oleracea* and *Scorpiurus vermiculatus* are present in Nhaoua and *Rumex crispus* and *Borago officinalis* in Soumâa. Nitrite and orthophosphate are less than 0.01. *Physa sp*, *Galba*, *Planorbis sp*, *Planorbarius sp* and *Stagnicola* are intermediate hosts of trematodes. It would be desirable to extend this study over one year.

Key words: aquatic molluscs, intermediate hosts, trematodes, wilaya of Blida.

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو إجراء جرد للرخويات المائية ، على الأرجح نواقل لتريمتودا المسببة للأمراض للإنسان والحيوانات الأليفة ، في 3 أنهار من منطقة متيجة في ولاية البليدة.

قمنا بهذه الدراسة في الفترة الممتدة من شهر مارس إلى شهر جويلية 2018، بزيارة واحدة في الشهر إلى مواقع الصومعة و الكبانية و النحاوة. أخذنا أربع عينات من المياه والنباتات والرخويات في قسم 20 م. تم أخذ العينات بطريقة عشوائية على مساحة 1 م 2 من نقطة البداية على مسافات 0 م، 5 م، 10 م و 20 م. تم أخذ 93 عينة من مارس إلى يوليو 2018. تم جمع ما مجموعه 849 من الرخويات ، في الطين والنباتات. العدد الإجمالي للرخويات أعلى في الطين مقارنة بالنباتات ($p > 0.001$). حددنا 8 رخويات بالترتيب التنازلي *Physa sp*، *Planorbis sp*، *Planorbis sp*، *Acroluxus sp*، *Common Paludine*، *Ferrissia sp*، *Galba and Stagnicola sp*. في مواقع الدراسة 3، *Physa sp* أعلى بشكل ملحوظ مقارنة مع *Galba sp* و *Acroluxus sp* ($p > 0.01$). عدد *Galba sp* التي تم جمعها من الرخويات أعلى من الرخويات الأخرى ($P > 0.001$). وقد أدرجت 10 أنواع من النباتات المائية. الطحالب، *Stachys ocymastrum*، *Rubus fruticosus*، *Marrubium vulgare*، *Plantago lagopus*، *Anagallis arvensis* شائعة في جميع مواقع الدراسة الثلاثة. ومن ناحية أخرى، فأن نبات *Saccharum officinarum* و *Juncus effusus* شائعان في الكبانية و النحاوة. تم جمع *Crepis vesicaria* و *Anagallis arvensis* و *Nasturtium officinale* في الصومعة و الكبانية. ويوجد كل من *Portulaca oleracea* و *Scorpiurus vermiculatus* في النحاوة و *Rumex crispus* و *Borago officinalis* في الصومعة. النتريت و orthophosphate أقل من 0.01. *Physa sp* و *Galba* و *Planorbis sp* و *Planorbis sp* و *Stagnicola* هي مستضيفات وسيطة للتريمتودا. سيكون من المرغوب فيه تمديد هذه الدراسة على مدى عام واحد.

الكلمات الدالة. الرخويات المائية،المضيفات الوسيطة، التريمتودا ، ولاية البليدة.

Table des matières

Résumé.

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des abréviations.

Introduction.....1

1ère Partie : Synthèse bibliographique

1. Etudes des mollusques aquatiques

1.1. Définition des mollusques.....3

1.2. Mollusques d'eau douce.....4

1.3. Classification générale des mollusques.....5

1.4. Classification des mollusques vecteurs (ou hôtes intermédiaires) de parasites...5

1.4.1. Classe des Gastéropodes.....5

1.4.2. Principales familles de Gastéropodes.....6

2. Généralités sur l'anatomie des gastéropodes

2.1. Coquille.....7

2.2. Pied.....9

2.3. Tête.....9

2.4. Masse viscérale.....9

2.5. Respiration.....10

3. Ecologie des mollusques

3.1. Habitat.....10

3.2. Facteurs favorisant le peuplement des mollusques.....10

3.3. Facteurs défavorables au peuplement des mollusques.....11

3.4. Cycle biologique des mollusques.....11

3.5. Reproduction des mollusques.....12

3.6. Alimentation des mollusques.....13

3.7. Résistance des mollusques.....13

4. Parasites et les mollusques

4.1. Développement larvaire des digènes chez le mollusque.....16

4.1.1. Œufs et miracidium.....16

4.1.2. Sporocyste et rédies.....	17
4.1.3. Cercaire.....	17
4.2. Devenir de la cercaire dans le milieu extérieur.....	18
4.3. Relation entre les mollusques et les Digènes.....	19
4.3.1. Spécificité entre le mollusque et son parasite.....	19
4.3.2. Infestation du mollusque par le miracidium.....	20
4.3.3. Réussite d'une infestation.....	20
4.3.4. Réussite de la pénétration du miracidium.....	20
5. Facteurs du milieu	
5.1. Température.....	20
5.2. Assèchement du milieu.....	21
5.3. Pollution du milieu.....	21
6. Facteurs propres aux mollusques.....	21
7. Facteurs propres aux parasites.....	21
7.1. Emission cercarienne.....	22
7.2. Température.....	22
7.3. Lumière.....	22
7.4. Nourriture.....	22
7.5. Assèchement du milieu de vie.....	23
8. Rythme d'émission cercarienne.....	23
9. Devenir des cercaires dans le milieu de vie.....	24
10. Prévalence de l'infestation naturelle chez les mollusques.....	24
11. Conséquences du parasitisme sur les mollusques	
11.1. Effets indirects.....	24
11.2. Effets directs.....	25
12. Lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires	
12.1. Lutte biologique.....	25
12.1.2. Mollusques compétiteurs.....	25
12.1.3. Larve de diptères.....	25
12.1.4. Poissons prédateurs.....	26
12.1.5. Mollusques prédateurs.....	26
12.1.6. Digènes utilisant les mêmes hôtes intermédiaires.....	26
12.2. Lutte écologique.....	26

12.3. Lutte chimique.....	27
12.3.1. Molluscicides synthétiques.....	27
12.3.2. Sulfate de calcium.....	27
12.3.3. N-trityl morpholine (Frescon).....	27
12.3.4. Niclosamide (Bayluscide ou Moulutox).....	27
12.3.5. Benzamido-2-nitro-5-thiazole (BNT).....	27
12.3.6. Plantes à activité molluscicide.....	27

2ème Partie : Partie Expérimentale

Matériel et méthodes

1. Présentation des stations d'étude

1.1. Station de Soumaa (Ferroukha).....	29
1.1.1. Climat.....	29
1.2. Station de Koubania (Mouzaïa).....	29
1.2.1. Climat.....	30
1.3. Station de Nhaoua (Aïn Romana).....	30
1.3.1. Climat.....	30

2. Conduite de l'étude.....

3. Echantillonnage.....

4. Collecte de l'eau.....

4.1. Alcalinité.....	32
4.2. Chlorures.....	32
4.3. Pression Hydrogène.....	33
4.4. Conductivité.....	33
4.5. Nitrates.....	33
4.6. Nitrites.....	33
4.7. Orthophosphate.....	33
4.8. Calcium.....	33

5. Collecte de végétaux.....	34
6. Collecte de mollusques.....	34
7. Identification morpho-anatomique des mollusques.....	34

3^{ème} Partie : Résultats et Discussion

Résultats

1. Site de Soumâa

1.1. Identification de mollusques.....	38
1.2. Cinétique des mollusques au cours des mois d'étude.....	39
1.3. Paramètres physicochimique de l'eau.....	40
1.4. Végétaux aquatiques.....	40

2. Site de Koubania

2.1. Identification de mollusques.....	41
2.2. Cinétique des mollusques au cours des mois d'étude.....	42
2.3. Paramètres physicochimique de l'eau.....	43
2.4. Végétaux aquatiques.....	43

3. Site de Nhaoua

3.1. Identification de mollusques.....	43
3.2. Cinétique des mollusques au cours des mois d'étude.....	44
3.3. Paramètres physicochimique de l'eau.....	44
3.4. Végétaux aquatiques.....	45

Discussion.....	46
------------------------	-----------

Conclusion générale et perspectives.....	50
---	-----------

Références bibliographiques.

Annexes.

Listes des figures

Figure 01 : Schémas montrant les structures internes et externes d'un Mollusque

Figure 02 : Gastéropode d'eau douce *Bithynia tentaculata*

Figure 03 : Gastéropodes vecteurs de parasites

Figure 04 : Coquille des Gastéropodes; les différentes formes de celle-ci et l'aspect de l'opercule

Figure 05 : Principales parties d'une coquille chez un, *Lymnaeidae*, Gastéropode Pulmoné

Figure 06 : La masse viscérale d'un Gastéropode

Figure 07 : Succession des stades larvaires de Digènes chez l'hôte intermédiaire

Figure 08 : Succession des stades larvaires de digènes à sporocyste et furcocercaire

Figure 09 : Succession des stades larvaires de digènes à sporocyste, rédies, cercaires et métacercaire

Figure 10 : Fréquences des différents mollusques collectés à Soumâa

Figure 11 : Chronologie de distribution des mollusques au cours des mois d'étude à Soumâa

Figure 12 : Fréquences des différents mollusques collectés à Koubania

Figure 13 : Fréquences des différents mollusques collectés à Nhaoua

Figure 14 : *Physa sp*

Figure 15 : *Paludine commune*

Figure 16 : *Planorbis carinatus*

Figure 17 : *Galba sp*

Figure 18 : *Stagnicola sp*

Figure 19 : *Acroloxus sp*

Figure 20 : *Planorbarius corneus*

Figure 21 : *Ferrissia sp*

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les trématodes et nématodes qui se développent chez les mollusques

Tableau 02 : Caractères permettant de déterminer quelques familles de mollusques d'eau douce et d'eau saumâtre

Tableau 03 : Mollusques hôtes intermédiaires dans le cycle des principales trématodoses des mammifères

Tableau 04 : Températures moyennes et précipitations durant les 6 mois d'études à Ferroukha.

Tableau 05 : Températures moyennes et précipitations durant les mois d'études à Mouzaïa

Tableau 06 : Températures moyennes et précipitations durant les mois d'études à Nhaoua

Tableau 07 : Protocol de collecte des différents échantillons au niveau des 3 sites

Tableau 08 : Identification des mollusques aquatiques, famille, genres et espèces

Tableau 09 : Identification des mollusques aquatiques, familles, genres et espèces

Tableau 10 : Paramètres physicochimiques de l'eau au niveau du cours d'eau de Soumâa

Tableau 11 : Végétaux collectés dans le cours d'eau de Soumâa au cours des mois d'étude

Tableau 12 : Fréquence de distribution chronologique des mollusques en mars et juillet à Koubania

Tableau 13 : Végétaux collectés au niveau du cours d'eau de Koubania au cours des mois d'étude

Tableau 14 : Fréquence de distribution chronologique des mollusques au cours de mars et juillet à Nhaoua

Tableau 15 : Végétaux collectés au niveau du cours d'eau de Nhaoua au cours des mois d'étude

Introduction

Les Mollusques sont des animaux non segmentés, à symétrie bilatérale quelquefois altérée. Ils appartiennent au super embranchement des Lophotrochozoaires. Il s'agit d'un groupe d'animaux qui se développent en formant une larve trochophore qui porte des rangées de cils autour de son axe (Rondelaud *et al.*, 2003). Les mollusques ont un corps formé généralement d'une tête, d'une masse viscérale et d'un pied. La masse viscérale est recouverte en tout ou partie par un manteau, qui sécrète une coquille calcaire (Rondelaud *et al.*, 2003). L'embranchement des mollusques est composé de 5 classes. Les classes Amphineura, Scaphopoda et Cephalopoda sont des mollusques marins. La classe des Bivalva qui sont aquatiques et/ou marins. Seule la classe des gastéropodes qui vivent dans l'eau douce a un intérêt médico-vétérinaire (Rondelaud *et al.*, 2003). Cette dernière joue toujours le rôle de premier hôte intermédiaire pour les trématodes Digenea (Rondelaud *et al.*, 2003).

Les gastéropodes sont en générale à sexe séparé. Après accouplement, 7 à 8 œufs sont pondus dans l'eau. Après une période d'incubation variable de 10 à 20 jours en fonction des espèces et des conditions du milieu, sort une larve trochophore qui porte des rangées de cils autour de son axe (Gaud, 1958). Les gastéropodes sont caractérisés par la présence d'une coquille calcaire enroulée en spirale (Fraga De Azvedo et De Medeiros, 1959). L'enroulement s'effectue autour d'un axe central appelé columelle, qui est parfois creux et montre dans ce cas au milieu de sa base un petit orifice appelé ombilic. Les tours de spire sont séparés l'un de l'autre par un sillon appelé suture. Pour déterminer si une coquille est dextre ou senestre on la place verticalement avec le sommet étroit ou apex vers le haut et la base large vers le bas, l'orifice étant tourné vers soi. Si l'orifice s'ouvre à droite de l'axe la coquille est dextre, s'il s'ouvre à gauche de l'axe elle est senestre. Le bord de l'orifice est appelé péristome. Certains Mollusques présentent à leur pied une plaque chitineuse ou calcaire, appelé opercule, qui ferme l'orifice lorsque le corps du Mollusque est complètement rentré dans sa coquille (Fraga De Azvedo et De Medeiros, 1959). La majorité des Mollusques sont végétariens. Leur langue porte une membrane chitineuse hérissée de petites dents ou radula, qui fonctionne comme une râpe (Fraga De Azvedo et De Medeiros, 1959). La principale glande digestive du Mollusque est l'hépatopancréas, qui joue un rôle important dans le développement larvaire des trématodes (Fain, 1995, Rondelaud *et al.*, 2003).

Actuellement, on comptabilise près de 100 000 espèces de mollusques d'eau douce. Un petit nombre d'espèces intervient comme vecteurs de parasites, principalement les trématodes (Fain, 1995). Les mollusques vecteurs sont capables d'héberger dans le corps les formes larvaires de grandes variétés de trématodes notamment : *Schistosoma* sp, *Fasciolopsis Fasciola* *Clonochis* sp, *Heterophyes* sp *Metagonimus* sp, *Paragonimus* sp, *Opisthorchis* sp (Kumar, 1998). Le miracidium libéré de l'œuf cherche activement le mollusque hôte intermédiaire et pénètre par voie per cutanée et perd sa ciliature et se transforme en sporocyste. Ce dernier donne naissance à des rédies qui gagnent l'hépatopancréas du mollusque et donne naissance à des cercaires. En fonction des parasites, l'hôte vertébré s'infeste par ingestion de végétaux

contenant des métacercaires, des pleurolophocercaires ou par voie per cutané par les furcocercaires (Bowman, 2014).

La connaissance des mollusques aquatiques est d'un intérêt certain dans la lutte contre les trématodes ayant une importance médico-vétérinaire (Rondelaud *et al.*, 2003). L'organisation de cette lutte aussi bien contre les formes larvaires des trématodes (métacercaire et furcocercaire) que contre les mollusques vecteurs (Mc Culloch 1992, Rondelaud *et al.*, 2003) est tributaire de la connaissance des différents genres et espèces de mollusques, la connaissance du biotope, la distribution géographique, la cinétique et la capacité vectorielle de chaque espèce (Mc Culloch 1992, Rondelaud *et al.*, 2003). La lutte contre les mollusques aquatiques vecteurs de trématodes s'articule autour de 3 principaux axes : 1) l'utilisation de prédateurs qui se nourrissent de mollusques tels que les canards, les grenouilles, les crabes, les poissons (Cichlidae). 2) Modification de biotope qui consiste à drainer et à assécher les gîtes naturels stagnants. 3) l'utilisation de molluscicides notamment le sulfate de cuivre, le pentachlorophénate de sodium, le bayluscide (Mc Culloch 1992, Mott 1987).

L'objectif de cette étude est de faire un inventaire des mollusques aquatiques, probablement vecteurs de trématodes pathogènes pour l'homme et les animaux domestiques, dans 3 cours d'eau de la région de Mitidja dans la wilaya de Blida.

1ère Partie :
Synthèse
bibliographique

1. Etudes des mollusques aquatiques

1.1. Définition des mollusques

La définition du mot mollusque admet plusieurs explications en fonction des auteurs. Le mot mollusque vient du latin *mollis*, qui veut dire mou, qui n'est pas dur. La connaissance ou la science des Mollusques, s'appelle Malacologie, mot formé du grec *Malakos*, qui signifie mou et logie qui signifie étude (Provancher, 1938). Le corps du mollusque est composé de 2 parties bien distinctes; Le corps mou enveloppé dans une coquille, qui protège cet être sensible contre les dangers. Les études relatives à la coquille relève de la Conchyliologie, du grec *conchylè*, coquille et logie qui veut dire études, est cette partie de la science malacologique qui s'occupe spécialement des études de l'enveloppe extérieure du mollusque, de la coquille. Donc la Conchyliologie n'est qu'une partie de la Malacologie, et ces deux parties, ou plutôt cette partie ne peut se séparer dans l'étude de ces animaux (Provancher, 1938).

Les Mollusques sont des invertébrés à corps mou, massif, non métamérisé, sans squelette interne présentant une seule unité (Mouthon, 1982). L'embranchement des Mollusques contient plus de 110 000 espèces, ce qui en fait le deuxième embranchement le plus diversifié d'animaux après les Arthropodes (Houseman, 2000). Ce phylum est l'un des plus vastes et des mieux réussis parmi les groupes d'invertébrés (Adam, 1961).

Les mollusques sont des métazoaires coelomates, prostomiens, hyponeuriens, dont la symétrie bilatérale fondamentale n'est altérée que chez les Gastéropodes (figure 1). Ils ont un corps mou, non segmenté qui comprend trois régions distinctes : la tête qui porte la bouche et la plupart des organes sensoriels, le pied qui est l'organe de locomotion et la masse viscérale dorsale généralement enveloppée par une tunique ou manteau qui sécrète une coquille calcaire (Houseman, 2000).

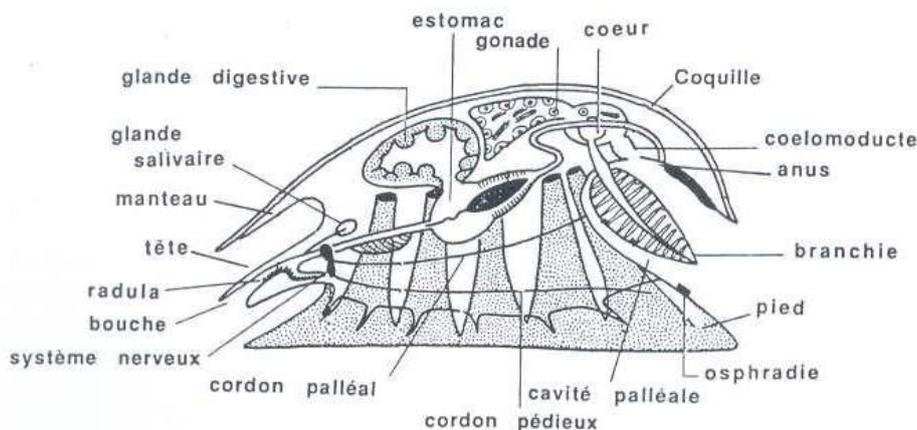


Figure 1 : Schémas montrant les structures internes et externes d'un Mollusque (Houseman, 2000).

1.2. Mollusques d'eau douce

Mouthon (1982) stipule qu'une partie des mollusques ont quitté le milieu marin et se sont adaptés à l'eau douce; sont les mollusques dulcicoles. On en trouve dans presque toutes les eaux douces, y compris dans des mares isolées et des lacs de haute montagne, et des milieux nouveaux créés par l'homme, ce qui montre, pour certaines espèces au moins, une bonne capacité de dispersion (figure 2). Ils sont tous conchylières. Dans ce sous-embranchement qui comprend 5 classes, seules deux sont présentes en eaux douces. On les classe généralement en deux catégories, selon la nature de leur coquille: les gastéropodes et les bivalves. Tout en jouant un rôle écologique essentiel (ayant aussi valeur de services éco-systémiques) (Mouthon, 1982). Ils sont aussi connus comme vecteurs ou hôte intermédiaire de plusieurs parasites (nématodes, trématodes) d'importance épidémiologique ou éco-épidémiologique majeure ex : *Schistosoma* spp., *Paragonimus* spp., *Protostrongylus* spp. (Rondelaud *et al.*, 2010).



Figure 2 : Gastéropode d'eau douce *Bithynia tentaculata* (Walravens, 2008)

Les espèces qui jouent le rôle de vecteur ou d'hôte intermédiaire de parasites se développent surtout en eau douce, parfois en eau saumâtre. La majorité est strictement aquatiques, mais quelques espèces de Lymnaeidae sont amphibies et fréquentent la terre humide (Rondelaud *et al.*, 2010). Le tableau 1 montre quelques trématodes et nématodes qui se développent chez les mollusques aquatiques et terrestres.

Tableau 1: Les trématodes et nématodes qui se développent chez les mollusques

Hôtes définitifs	Trématodoses	Nématodoses
Homme + animal	<i>Schistosoma</i> spp, <i>Fasciola</i> spp, <i>Echinostoma</i> spp	*****
Homme	<i>Schistosoma haematobium</i>	*****
Animal	<i>Paramphistomum</i> sp <i>Dicrocoelium</i> sp	<i>Protostrongylus</i> spp

1.3. Classification générale des mollusques

L'embranchement des mollusques a été créé par Cuvier (1795). Il comprend essentiellement 5 classes. Trois classes comportent que des espèces marines à savoir les Polyplacophores (les chitons), les Scaphopodes (les dentales) et les Céphalopodes (seiches et poulpes). Les 2 autres classes, notamment les Gastéropodes et les Pélécy-podes (ou Bivalves), regroupent des mollusques marins, d'eau douce et terrestres (Rondelaud *et al.*, 2003).

1.4. Classification des mollusques vecteurs (ou hôtes intermédiaires) de parasites

Les mollusques appartiennent à l'embranchement des animalia, à la classe des Gasteropoda avec deux sous classes les Prosobranchia et Pulmonata. Les Prosobranchiata possèdent 4 familles (*Truncatellidae*, *Thiaridae*, *Bithyniidae*, *Potamididae*). Les Pulmonata possèdent 2 familles (*Lymnaeidae*, *Planorbidae*). Chacune de ces familles possèdent plusieurs genres et espèces vecteurs de trématodes et de nématodes (John et Watson, 1965).

1.4.1. Classe des Gastéropodes

Les Gastéropodes d'intérêt médical et vétérinaire sont protégés par une coquille dont la morphologie sert encore de base pour la spéciation (Figure 3). La classe des Gastéropodes comporte deux sous-classes incluant des espèces vecteurs ou hôtes intermédiaires de parasites (Rondelaud *et al.*, 2010).

***Sous classes des Prosobranches**

Ils sont caractérisés par une respiration branchiale, la coquille est bien développée et comprend souvent un opercule. Ils résistent assez bien à la dessiccation du milieu ou au transport passif (Rondelaud *et al.*, 2010).

*** Sous classes des Pulmonés**

Qui respirent par une chambre pulmonaire, ce qui leur impose un contact fréquent avec l'air atmosphérique. La coquille est variable et se réduit parfois à des granules calcaires. Ils sont sensibles au dessèchement (Rondelaud *et al.*, 2010).



Biomphalaria glabrata *Radix balthica*

Figure 3: Gastéropodes vecteurs de parasites (Dreyfuss et Rondelaud, 2011).

1.4.2. Principales familles de Gastéropodes

Les espèces appartenant aux Prosobranches et aux Pulmonés font partie d'un certain nombre de familles. Selon leur nature, ces dernières regroupent des mollusques d'eau douce (dulçaquicoles) ou bien d'eau saumâtre (Rondelaud *et al.*, 2003). Le tableau 2 indique les caractères permettant de reconnaître les principales familles. Dans un but didactique, seuls les principaux groupes connus pour être des hôtes intermédiaires d'agents de parasitoses continentales sont cités (Rondelaud *et al.*, 2003). L'identification des cinq familles de Pulmonés d'eau douce (tableau 1) ne pose pas de problème particulier. En revanche, celle des Prosobranches est nettement plus ardue, car certaines familles ne sont constituées que par des mollusques d'eau saumâtre (*Potamididae*, par exemple) tandis que d'autres ont des représentants en eau douce comme en eau saumâtre (*Thiaridae*). C'est la morphologie de l'opercule qui constitue le principal critère de détermination pour séparer les différentes familles (Rondelaud *et al.*, 2003).

Tableau 2 : Caractères permettant de déterminer quelques familles de mollusques d'eau douce et d'eau saumâtre (Malek, 1962, Brown, 1994).

1	Coquille avec un opercule: Prosobranches	2
	Coquille sans opercule : Pulmonés	10
2	Opercule à striation concentrique	3
	Opercule à striation spirale	4
3	Coquille très volumineuse (30-50 mm de la hauteur)	
	Tête allongée avec deux pseudo tentacules courts	<i>Ampullariidae (Pilidae)</i>
	Coquille haute de 25 à 30 mm, tentacules longs et minces	Viviparidae
4	Partie basale du péristome avec une encoche	5
	Partie basale du péristome sans encoche	6
5	Opercule avec un plus de 3 tours de spire. Dans les eaux saumâtres, surtout côtières	<i>Potamididae</i>
	Opercule avec moins de 3 tours de spire	<i>Melanopsidae</i>
6	Opercule avec plus de 3 tours de spire. Coquille circulaire, plus large que haute (hauteur: 4-6 mm)	<i>Valvatidae</i>
	Opercule avec moins de 3 tours de spire, parfois avec quelques stries concentriques	7
7	Coquille épaisse, haute de 15mm et plus à l'état adulte	8
	Coquille mince et légère, haute de 5 à 10mm	9
8	Coquille haute de 2 cm et plus. Souvent hérissée de reliefs divers (cotes, tubercules)	Thiaridae
	Coquille haute de 15 mm et plus. Sculpture de la coquille réduite ou absente	<i>Pleuroceridae</i>
9	Opercule souvent fin et corné	<i>Hydrobidae</i> et <i>Pomatiopsidae</i> *
	Opercule souvent épais et calcaire	Bythinidae
10	Coquille en forme de capuchon	Ancylidae
	Opercule avec un spire	11
11	Coquille spiralée dans un plan	Planorbidae (Planorbes)
	Coquille plus ou moins conique	12
12	Coquille dextre	Lymnaeidae
	Coquille sinistre	13
13	Pied large et ovale. Une pseudobranchie. Sang rouge	<i>Planorbidae (Bulins)</i>
	Pied long et étroit. Pas de pseudobranchie. Sang incolore	Physidae
* L'identification de ces 2 familles nécessite une dissection des mollusques et l'étude des organes génitaux		

2. Généralités sur l'anatomie des gastéropodes

2.1. Coquille

Elle est généralement spiralée (figure 4), sauf chez les Ancyles et Néritines dont la coquille a la forme d'un capuchon. La spiralisation s'effectue : 1) dans un plan en

donnant des coquilles aplaties comme celles des planorbes; ou 2) dans l'espace, ce qui aboutit à des coquilles coniques ou subglobuleuses (Rondelaud *et al.*, 2003).

Le sens d'enroulement de la spire permet de différencier les coquilles dextres et senestres. Si l'on tient la coquille verticalement avec la pointe (apex) en haut, la coquille est dite dextre si son ouverture est à droite. C'est l'inverse pour les formes senestres: l'ouverture est alors à gauche (Rondelaud *et al.*, 2003) (figure 4).

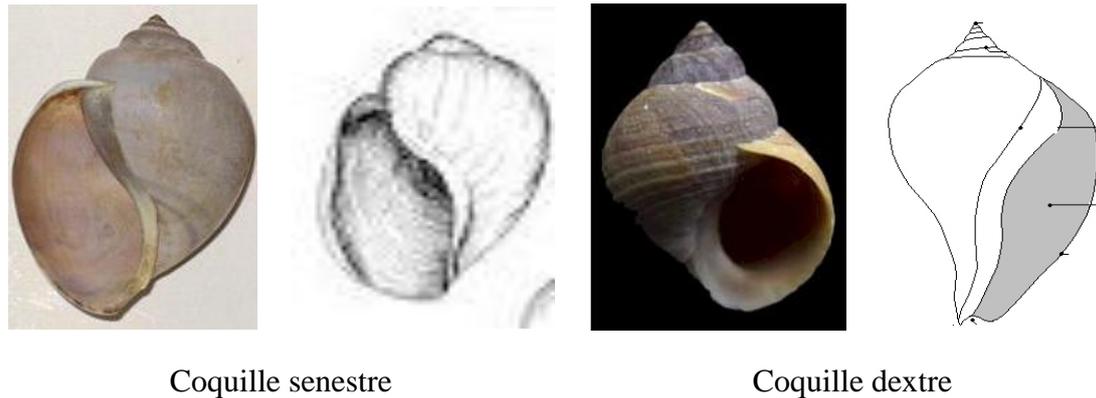


Figure 4 : Coquille des Gastéropodes; les différentes formes de celle-ci et l'aspect de l'opercule (Brown, 1994).

La coquille s'enroule autour d'un axe creux, la columelle (figure 4). Cette dernière montre souvent une ouverture (l'ombilic) à sa base. Les différents tours constituant la coquille (la spire) sont séparés les uns des autres par des sutures. L'ouverture externe varie selon les espèces et son pourtour est appelé péristome. La partie basale de celui-ci forme, chez certains Gastéropodes Prosobranches, un tube ou un canal dans lequel se loge le siphon, lequel permet à l'animal de respirer. 1) Chez les Prosobranches, l'ouverture est obturée par un opercule corné, parfois imprégné de calcaire. Cet opercule est fixé à la face dorsale du pied. La forme de l'opercule épouse exactement celle du péristome. Un noyau central, le nucleus, est entouré de stries, soit concentriques, soit spiralées. La disposition de ces stries et leur nombre (dans les opercules spiralés) sont des clés essentielles pour différencier les membres de cette sous-classe. 2) Chez les Pulmonés, un épiphragme (couche de mucus séchée) obture l'entrée lorsque l'habitat des mollusques se dessèche au cours des mois d'été (zones tempérées) ou des saisons sèches (zones tropicales). Chez certaines espèces, cet épiphragme se forme aussi au cours des mois d'hiver lorsque l'animal est en état de vie ralentie.

Trois paramètres sont intéressants pour la diagnose chez les mollusques à coquille conique ou subglobuleuse confère la figure 5. **A** : La hauteur totale de la coquille, depuis le sommet (apex) jusqu'à la base du péristome. **B** : La largeur du dernier tour de spire (le plus volumineux) et **C** : La hauteur de l'ouverture

Chez les espèces à coquille située dans un plan, on tient compte du diamètre externe et de la plus grande hauteur (Rondelaud *et al.*, 2003).

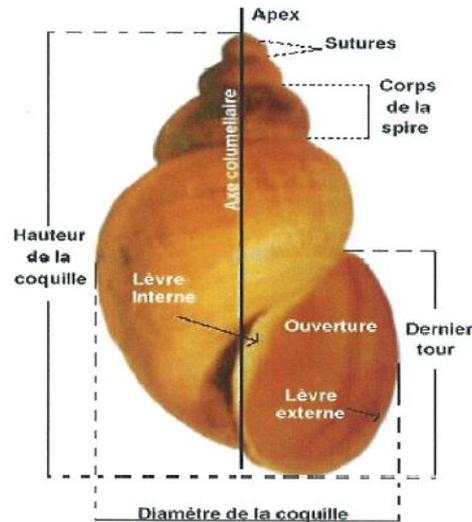


Figure 5 : Principales parties d'une coquille chez un, *Lymnaeidae*, Gastéropode Pulmoné (Rondelaud *et al.*, 2003).

2.2. Pied

Le pied correspond à la partie visible, il est en dehors de la coquille. Il permet la reptation du mollusque grâce à ses muscles rétracteurs et columellaires, ses glandes muqueuses unicellulaires et ses glandes pédieuses. Respectivement, ces dernières antérieures et médiane jouent un rôle de lubrification et ainsi forment le diaphragme ou épiphragme qui obture la coquille en cas de conditions défavorables (Rondelaud *et al.*, 2003).

2.3. Tête

La tête est bien individualisée. Elle porte une ou deux paires de tentacules rétractiles et deux yeux qui sont soit situés au sommet des tentacules ou soit à leur base. La bouche comprend une mâchoire et donne accès à un bulbe buccal muni d'une radula (Rondelaud *et al.*, 2003).

2.4. Masse viscérale

La figure 6 mis en exergue la disposition des organes constituant la masse viscérale d'un Gastéropode (Planorbe) (Euzeby, 1971). La masse viscérale est comprise dans la coquille, elle est limitée par un bourrelet nommé bord du manteau. Le cœur, le rein, et l'anus se retrouvent à l'arrière de ce bourrelet. Dans les premiers tours de la coquille se situent l'intestin, la glande digestive et les gonades (Rondelaud *et al.*, 2003).

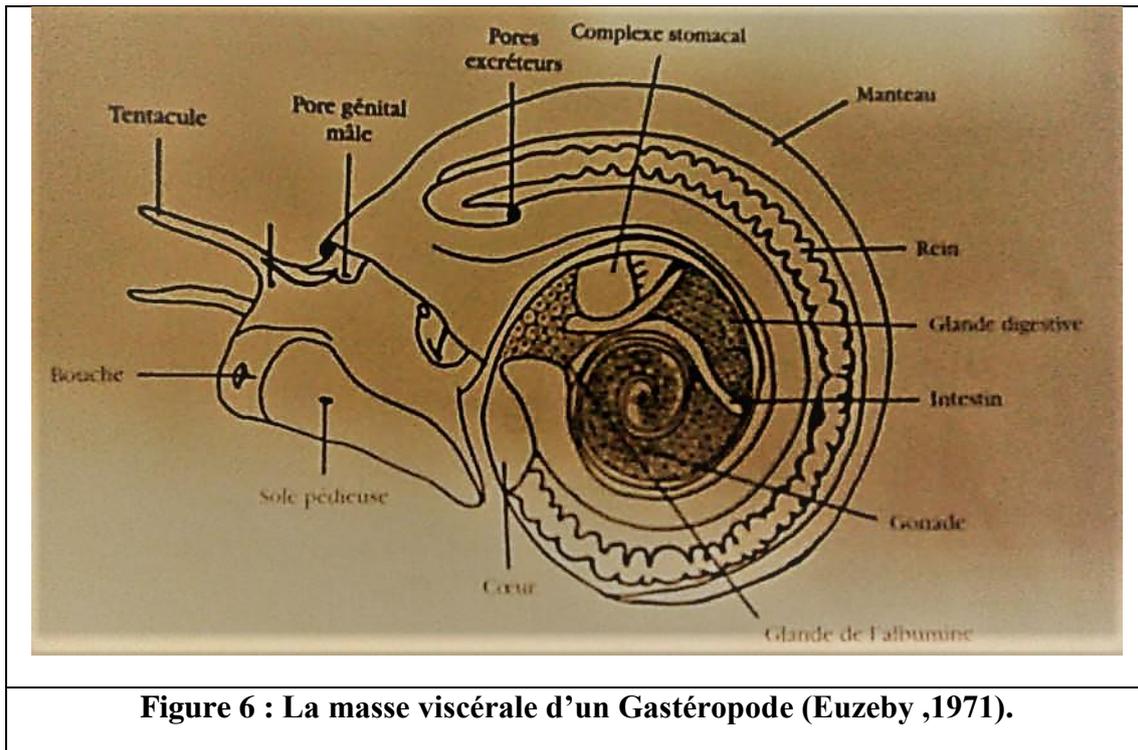


Figure 6 : La masse viscérale d'un Gastéropode (Euzéby, 1971).

2.5. Respiration

La respiration s'effectue à l'aide de branchies (Prosobranches) ou d'un poumon (Pulmonés). Une branchie secondaire, sous la forme d'un lobe contractile para-anal (pseudobranchie) existe dans certaines familles de Pulmonés (*Ancylidae*, *Planorbidae*). Les Pulmonés sont toujours hermaphrodites, alors que les Prosobranches sont généralement dioïques (Rondelaud et *al.*, 2003).

3. Ecologie des mollusques

3.1. Habitat

Les habitats des mollusques sont multiples, pour les mollusques d'eau douce et d'eau saumâtre. Les rivières ne sont pas favorables à leur développement à cause de la rapidité des courants et de leur taux faible en matières organiques en suspension cependant les bords de rivières qui sont denses dans les petits cours d'eau permanents, au courant lent et à la végétation abondante. Elles existent aussi dans les cours d'eau intermittents car parfois il suffit d'un peu d'humidité pour que les mollusques survivent à l'assèchement. Il existe un dernier type d'habitat ; les sources situées dans les zones arides ou semi-arides et les zones d'irrigation qui sont réalisées autour de ces dernières (Rondelaud et *al.*, 2003).

3.2. Facteurs favorisant le peuplement des mollusques

Les Gastéropodes sont aquatiques, amphibies ou terrestres. Par exemple, *Galba truncatula* est amphibie. Il vit dans des sols saturés en humidité (berges, mares peu

profondes, près des abreuvoirs...) sur des terrains argileux, bien éclairés et à pH basique, avec une végétation de préférence composée de renoncule, jonc, vulpin favorisant le développement des algues. La sécheresse n'empêche pas sa survie (Rondelaud et al., 2003). *Radix auricularia* est aquatique d'eau douce et vit dans des mares non polluées riches en végétation aquatique avec une bonne oxygénation. Elle ne vit qu'immergée donc les gîtes temporaires à assèchement saisonnier (en zone tropicale) ne lui sont pas favorables (Rondelaud et al., 2003). Les *Bithynia* vivent en eau douce peu profonde et calme ou avec des faibles courants, de préférence polluée par des matières organiques en décomposition et en particulier les matières fécales humaines ou animales (eaux usées, eaux d'égout) et riche en végétaux aquatiques cas des villages sur pilotis (Rondelaud et al., 2003). Les *Bulins* vivent 6 mois environ dans des eaux bien oxygénées sans pollution chimique ni industrielle (pas dans les eaux usées ni dans les eaux d'égout), calmes, non agitées (pas de flux ni de reflux) tièdes 20 à 25°C et à pH 4,8 à 9,8. Ils vivent dans des mares ou sur les bords peu profonds de rivières dans les zones ombragées ou à faible luminosité (Rondelaud et al., 2003). L'*Oncomelania* est amphibien et vit dans des rizières ou dans les canaux d'irrigation (Rondelaud et al., 2003). Les *Biomphalaria* vivent en zone intertropicale humide dans les eaux permanentes ou à assèchement de très courte durée (Rondelaud et al., 2003). Et les *Neotricula aperta* est aquatique en eau douce et ne vit pas dans les rizières. Il est abondant à la fin de la saison sèche (Rondelaud et al., 2003). Les Pulmonés comme *Helicella*, *Cochicella* et *Zebrina*, sont terrestres et xérophiles. Ils affectionnent les endroits secs et ensoleillés et les substrats crayeux de pH alcalin. Ils logent dans des abris soit naturels (taillis, broussailles), soit artificiels (vieux cartons, planches,...). Les Gastéropodes possèdent une large tolérance aux facteurs physico-chimiques tels que la température, l'illumination, le pH, la teneur en matières organiques (Rondelaud et al., 2003).

3.3. Facteurs défavorables au peuplement des mollusques

Le dessèchement des biotopes est le facteur principal de diminution, voire de disparition, des mollusques aquatiques, bien que certaines espèces aient la propriété de s'enfouir dans le sol pour survivre à la sécheresse (cinq à huit mois sans eau en région tropicale). La mortalité est élevée, mais le nombre de survivants est suffisant pour permettre une recolonisation du biotope au retour de l'eau. Si ce retour est brutal, il peut aussi être fatal par noyade des individus enfouis (Rondelaud et al., 2003). Les espèces amphibies, comme *Galba truncatula* ou *Oncomelania sp.*, résistent mieux en suivant les variations de niveau des collections d'eau (Rondelaud et al., 2003).

3.4. Cycle biologique des mollusques

Le rôle de vecteur, ou hôte intermédiaire, des mollusques est fonction de leur cycle d'activité annuelle, conditionnée par le climat. La chute de la température, ou son élévation importante, entraîne une baisse sensible, voire une disparition, de l'activité

(Rondelaud et al., 2003). Les conditions climatiques jouent aussi sur leur cycle de reproduction, en particulier chez les Pulmonés. Quant elles sont constantes tout au long de l'année (habitats africains équatoriaux), on observe habituellement trois générations de mollusques aquatiques par an. Leur longévité est de quelques mois, alors qu'en région tempérée, elle augmente du fait de la génération trans-hivernante (Rondelaud et al., 2003).

En revanche, dans les collections temporaires, il a été observé quatre rythmes de reproduction (Duncan, 1975). Une seule génération pour *G. truncatula* en Éthiopie. Alors que *Bulinus truncatus* forme deux générations en région méditerranéenne dans les canaux d'irrigation. Par contre *Biomphalaria* et *Bulinus* donnent trois générations en Afrique tropicale (régions à deux saisons des pluies). Lorsque l'habitat se maintient de manière permanente, on observe plusieurs générations annuelles, de succession rapide (Rondelaud et al., 2003).

3.5. Reproduction des mollusques

Le mode de reproduction des mollusques dépend de la sous-classe de Gastéropode concernée. Chez les Prosobranches, excepté les *Valvatidae*, les sexes sont séparés, et les femelles sont généralement ovipares (Rondelaud et al., 2003). Chez les Pulmonés, les individus sont hermaphrodites : la gonade peut produire des ovocytes et du sperme pendant la majeure partie de la vie des adultes. La fécondation croisée est fréquente, mais l'autofécondation est observée chez des *Bulinus* ou des *Ferissia*. Toutes les espèces sont ovipares : les œufs sont déposés séparément chez les espèces terrestres, alors qu'ils sont inclus dans une masse gélatineuse chez les Pulmonés aquatiques. La durée d'incubation des œufs est fonction des conditions climatiques (Rondelaud et al., 2003).

Les *Bulins* sont autofécondables et pondent des œufs collés en amas sur les supports immergés. Leur ponte est plus abondante après diapause quand les gîtes sont à nouveau inondés. Le temps nécessaire à l'éclosion dépend de la température de l'eau (Nozais, 1996). *Galba (ex-Lymnaea) truncatula* est hermaphrodite et autofécondable, elle pond plusieurs fois par un et une ponte donne environ 10 à 20 œufs qui sont collés en masse gélatineuse sur le sol ou la végétation. La durée de l'éclosion varie en fonction de la température de l'eau et de l'oxygénation (Nozais, 1996).

L'incubation et l'éclosion sont plus rapides si la température est élevée aux alentours de 20 à 25°C. L'importance de la ponte totale durant la vie dépend de plusieurs facteurs environnementaux : la quantité de nourriture, l'humidité, la température extérieure. En hivers (Températures inférieure à 15°C) et en été ($\geq 35-40^\circ\text{C}$) les mollusques ne pondent. Le pH du milieu, la température de l'eau joue un rôle déterminant (Nozais, 1996). La distribution spatiale des mollusques dans un gîte donné joue un rôle primordial sur la croissance des jeunes. Dans un gîte donné,

lorsque la densité de population est élevée, la ponte et la croissance des jeunes diminuent et vice-versa (Nozais, 1996).

3.6. Alimentation des mollusques

D'après la nomenclature classique, on distingue chez les Mollusques d'eau douce des espèces à régime végétarien, détritivore, et plus rarement omnivore. Il n'existe pas parmi ces animaux d'espèces véritablement carnivores (Mouthon, 1982). L'alimentation des Gastéropodes est maximale en période de vie active. Selon les espèces, elle s'effectue aux dépens des végétaux ou des algues qui prolifèrent lorsque la température du milieu est favorable (Rondelaud et al., 2003). Certaines espèces s'alimentent des débris organiques, de l'humus dus à la décomposition des plantes ou des animaux. *Galba trunculata* se nourrit d'algues chlorophylliennes et de cyanophycées qui se développent à la lumière et sur des sols sans végétation. En revanche, *Oncomelania* se nourrit aussi d'algues et de diatomées et *Bulinus* s'alimente de substances organiques en suspension dans l'eau. Par contre, *Bythinia* se nourrissent de matières végétales et organiques en décomposition en particulier des matières fécales humaines ou animales, donc ils ingèrent accidentellement les œufs d'Opistorchidés (Nozais, 1996). Certaines espèces sont carnivores et se nourrissent aux dépens d'autres mollusques qui leur servent de proies. Par exemple, le mollusque terrestre *Zonitoides nitidus*, s'alimente de limnées et des succinées en juin-juillet en zone tempérée alors qu'il a un régime herbivore pendant la reste de l'année (Rondelaud et al., 2003).

Un grand nombre d'espèces de Gastéropodes possèdent apparemment des habitats semblables (végétation, vase...) et ingèrent globalement le même type de nourriture ; il est par conséquent permis de penser que les variations de la niche écologique et les possibilités de compétition interspécifique résident essentiellement dans leur inégale capacité d'assimiler les substances dont elles se nourrissent. Ainsi, ce sont seulement les espèces ayant des possibilités enzymatiques digestives semblables qui entreraient en compétition, à condition toutefois que le facteur trophique ne soit pas limitant (Mouthon, 1982).

3.7. Résistance des mollusques

De nombreuses espèces de mollusques dulcicoles sont capables de survivre à un assèchement temporaire du milieu (Mouthon, 1982). Une caractéristique intéressante chez plusieurs mollusques tropicaux et sub-tropicaux est leur capacité de survivre en l'absence d'eau et de réapparaître lorsque les précipitations reprennent (Mouthon, 1982). Cette aptitude existe chez les Prosobranches comme chez les Pulmonés. Des survies de 5 à 8 mois sans eau ont été notées chez plusieurs espèces de Bulins et un record de 2 ans (Mouthon, 1982). Malgré une mortalité importante des mollusques,

l'effectif des survivants sera suffisant pour permettre une recolonisation du milieu après le retour de l'eau (Rondelaud et al., 2003). L'assèchement régulier des habitats temporaires est le facteur essentiel qui provoque les fluctuations dans la densité des gastéropodes. Une forte mortalité survient pendant la période d'assèchement, mais quelques gastéropodes traversent avec succès cette période d'estivation (Diaw et al., 1989).

4. Parasites et les mollusques

La majorité des espèces de parasites de l'homme et de l'animal dont les vecteurs sont des mollusques appartient à la classe des digènes (tableau 3). Dans le cadre des parasitoses humaines et animales, ayant un impact clinique et économique, seules les *Planorbidae* et les *Lymnaeidae* jouent un rôle majeur dans la production des formes infestantes de digènes grâce à leur présence ubiquitaire en milieu aquatique (Rondelaud et al., 2003).

Les schistosomes vivent dans le système circulatoire de leurs hôtes définitifs. Ils comportent des espèces d'intérêt médical et vétérinaire majeur (Pandey et Ziam, 2003). Les mollusques sont les seuls vecteurs de ces parasites. Parmi les espèces de schistosomes parasitant l'homme, seul *S. haematobium* semble ne pas avoir de réservoir animal connu. *S. intercalatum*, *S. japonicum*, *S. mekongi*. *Schistosoma mansoni* possèdent un spectre d'hôtes définitifs restreints ; cas des singes en Afrique tropicale. Les autres espèces se développent chez de nombreux mammifères. L'origine animale des populations parasitaires de schistosomes est souvent associée à un rôle pathogène plus grave pour l'homme, probablement lié à une mauvaise adaptation du parasite (Rondelaud et al., 2003). De plus, il existe plusieurs espèces spécifiques à l'animal cas de *S. bovis* et *S. indicum* (Pandey et Ziam, 2010).

Chez les schistosomes aviaires, parasites ubiquitaires d'oiseaux aquatiques, leur rôle pathogène pour l'homme a été démontré sous l'appellation de dermatite cercarienne. Cette dernière est un phénomène inflammatoire produit par la pénétration percutanée des furcocercaires. Il ne s'agit que d'une nuisance, certes fort désagréable, mais le développement vasculaire des schistosomes adultes chez l'homme n'a pas été démontré. Les douves sont des parasites plus archaïques nécessitant au moins un mollusque hôte intermédiaire et, souvent, un deuxième hôte intermédiaire aquatique, poisson ou crustacé.

Tableau 3 : Mollusques hôtes intermédiaires dans le cycle des principales trématodoses des mammifères (Malek, 1962, Brown, 1994).

Digènes	Hôtes définitifs	Hôtes intermédiaires
Schistosomes		
<i>Orientobilharzia dattai</i>	Bovin	<i>Lymnaea</i> sp.
<i>O. turkestanicum</i>	Bovin, Caprin, Ovin	<i>Bulinus</i> 5 sp.
<i>Schistosoma bovis</i>		
<i>S. indicum</i>	Caprin, Ovin	<i>Indoplanorbis</i> 1 sp.
<i>S. japonicum</i>	Bovin, Caprin, Ovin, Homme	<i>Oncomelania</i> 4 sp.
<i>S. leiperi</i>	Bovin, Caprin, Ovin	<i>Bulinus</i> 2 sp.
<i>S. mattheei</i>		
<i>S. nasale</i>	Bovin	<i>Indoplanorbis</i> 1 sp., <i>Lymnaea</i> 2 sp.
<i>S. spindale</i>		
<i>S. haematobium</i>	Homme	<i>Bulinus</i> 4 sp.
<i>S. mansoni</i>	Homme, Rongeurs, singes	<i>Biomphalaria</i> 2 sp.
<i>S. intercalatum</i>	Homme et Caprins	<i>Bulinus</i>
<i>S. mekongi</i>	Homme et autres mammifères	<i>Oncomelania</i>
Douves hépato-pancréatiques		
<i>Fasciola gigantica</i>	Bovin, Caprin, Ovin	<i>Lymnaea</i> 6 sp.
<i>F. hepatica</i>	Bovin, Caprin, Ovin et Homme	<i>Lymnaea</i> 13 sp.
<i>Clonorchis sinensis</i>	Homme et carnivores	<i>Bithynia</i> , <i>Melania</i> , <i>Parafossalurus</i>
<i>Opistorchis viverrini</i>		
<i>O. felineus</i>		
Douves ruminales		
<i>Calicophoron phillerouxi</i>	Bovin et Ovin	<i>Bulinus</i> 2 sp.
<i>Cotylophoron microbothrium</i>	Bovin, Caprin, Ovin	<i>Bulinus</i> 7 sp.
<i>Paramphistomum cervi</i>		<i>Bulinus</i> 4 sp.
		<i>Lymnaea</i> 3 sp.
		<i>Planorbidae</i> 11 sp.
<i>P. daubneyi</i>	Bovin et Ovin	<i>Lymnaea</i> 2 sp.
<i>P. microbothrioides</i>		
<i>P. sukari</i>	Bovin	<i>Bulinus</i> 1 sp.
<i>P. togolense</i>		
Douves intestinales		
<i>Fasciolopsis buski</i>	Homme	<i>Planorbis</i> , <i>Segmentina</i>
<i>Metagonimus yokogawai</i>		
<i>Heterophyes heterophyes</i>		
<i>Gastrodiscoides hominis</i>		
<i>Watsonius watsoni</i>		
<i>Echinostoma</i> sp.	Homme et oiseaux	<i>Lymnaeidae</i> , <i>Planorbidae</i>
Douves pulmonaires		
<i>Paragonimus</i> sp	Homme et camivores	Prosobranches divers
Echinostomoses	Homme et divers vertébrés	<i>Lymnaeidae</i> , <i>Planorbidae</i> et autres

4.1. Développement larvaire des digènes chez le mollusque

La figure 7 montre le schéma de développement larvaire chez la majorité des digènes dans l'organisme du mollusque hôte intermédiaire. Le digène parasite subi plusieurs métamorphoses dans l'hépatopancréas du mollusque avant de produire des formes infestantes pour l'hôte définitif humain ou animal (Pandey et Ziam *et al.*, 2010).

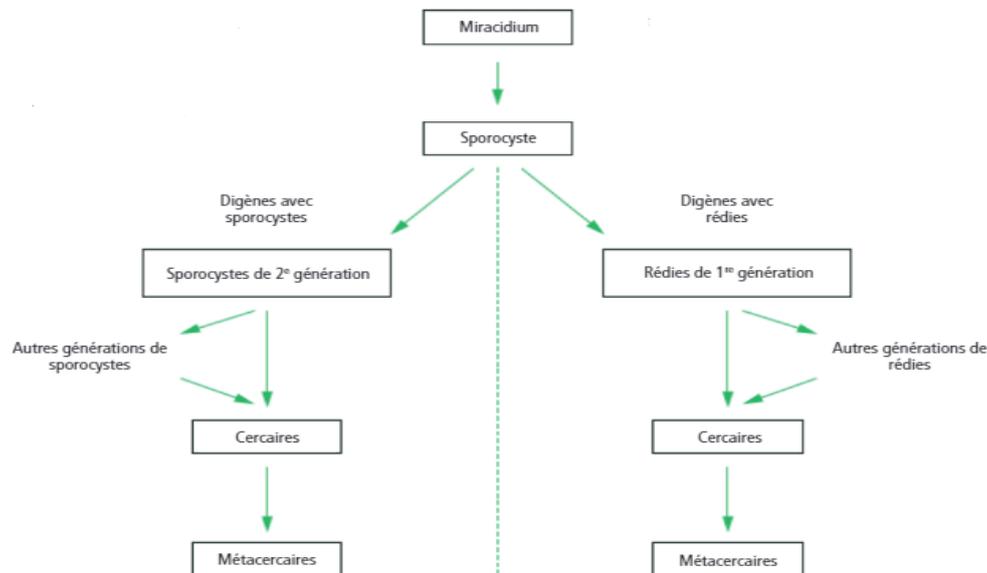


Figure 7. Succession des stades larvaires de Digènes chez l'hôte intermédiaire (Rondelaud *et al.*, 2010).

4.1.1. Œufs et miracidium

Selon les espèces de Digènes, le **miracidium** peut éclore de l'œuf dans le milieu extérieur, avoir une phase de vie libre assez courte et pénétrer dans le mollusque où il se transforme en **sporocyste** (figure 8). Mais il peut aussi éclore dans l'organisme même du Pulmoné ou du prosobranché après que l'œuf ait été ingéré par le mollusque (Rondelaud *et al.*, 2003).

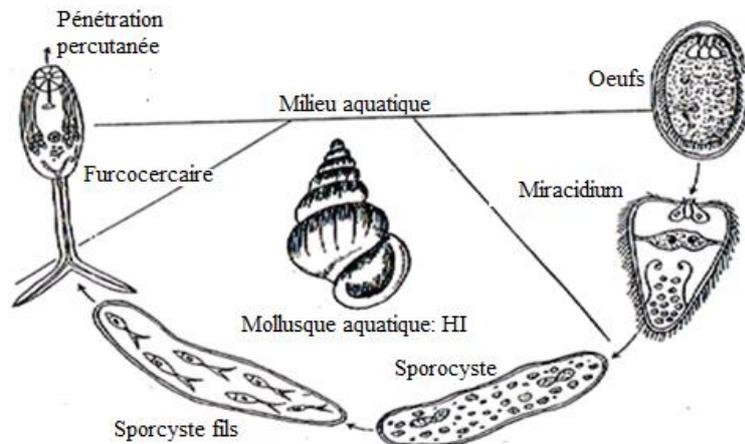


Figure 8. Succession des stades larvaires de digènes à sporocyste et furcocercaire (Pandey et Ziam, 2010).

4.1.2. Sporocyste et rédies

Le sporocyste initial résulte de la transformation du miracidium. Des organes régressent, si bien que le sporocyste ne constitue qu'une sorte de sac, renfermant des cellules germinales. Selon les espèces, les cellules à flamme vibratile (cellules à fonction urinaire) et les taches oculaires du miracidium peuvent persister (figure 8). L'élément le plus important dans le sporocyste est constitué par les cellules germinales qui différencient rapidement en morulas à l'origine des **rédies** de première génération (figure 8). Ces dernières larves migrent généralement vers la glande digestive du mollusque pour s'y installer (Rondelaud et *al.*, 2003).

Les sporocystes de deuxième génération ont généralement la même structure que le sporocyste initial. Les rédies en revanche, possèdent un pharynx s'ouvrant dans un intestin aveugle, un ganglion nerveux et des cellules à flamme vibratile (figure 8). Chez certains Digènes (*Echinostoma paraensei*, *Fasciola sp.*, par exemple), la première rédie issue du sporocyste ne forme que des rédies-filles en nombre important, tandis que les autres rédies de première génération forment quelques rédies-filles et des **cercaires**. Qu'ils s'agissent de sporocystes ou de rédies, on a souvent une ou plusieurs générations successives de ces larves. Les cellules germinales forment des morulas qui vont se différencier en cercaires. La durée de développement larvaire dépend de la température extérieure : elle est de 4 ou 5 semaines si la température est voisine de 25°C et s'allonge lorsque les valeurs deviennent plus basses (Rondelaud et *al.*, 2003).

4.1.3. Cercaire

La structure d'une cercaire correspond, en fait, à l'organisation d'un parasite adulte si l'on fait exception des organes génitaux qui sont encore à l'état d'ébauches. Possédant

un corps et une queue de longueur variable selon les espèces, cette larve a également des glandes de «pénétration» ou des glandes cystogènes (figure 9). Ces dernières lui serviront à sécréter les couches constitutives de son kyste lorsque la cercaire se transformera en **métacercare**. Les cercaires sont libérées par le mollusque selon divers modes (Rondelaud et *al.*, 2003).

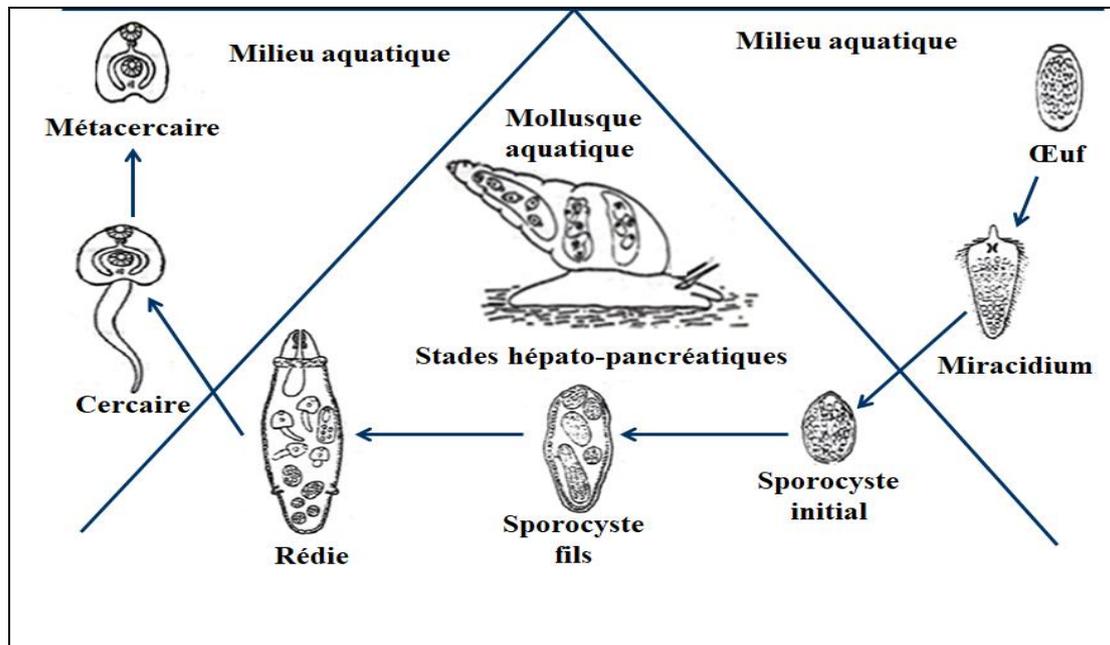


Figure 9. Succession des stades larvaires de digènes à sporocyste, rédies, cercaires et métacercare (Soulsby, 1982).

4.2. Devenir de la cercaire dans le milieu extérieur

La cercaire quitte le mollusque (figure 9) soit par le pneumostome (cas de *Paramphistumum*) soit par effraction des tissus (Cas de *Schistosoma* et *Fasciola*). Les cercaires nagent à la recherche d'un hôte définitif pour pénétrer à travers sa peau (cas des schistosomes), ou d'un deuxième hôte intermédiaire, poisson ou crustacé, à l'intérieur duquel elles s'enkystent (cas des douves Opistorchiidae ou Paragonimidae), ou encore d'un substrat végétal à la surface duquel elles vont s'enkyster (cas de *Fasciola* ou *Fasciolopsis*) (figure 9). L'enkystement est un processus actif qui résulte de la sécrétion d'au moins deux assises autour du corps cercarien. Le kyste ainsi formé (métacercare) est capable de résister aussi bien aux conditions extérieures qu'à celles des tissus du deuxième hôte intermédiaire (Rondelaud et *al.*, 2003).

On peut distinguer deux successions de stades larvaires chez le mollusque, suivant que l'espèce forme ou non des rédies. S'il n'y a pas de rédies, la polyembryonie s'observe au niveau des sporocystes où plusieurs générations peuvent se succéder. Si l'espèce produit des rédies, la polyembryonie a lieu préférentiellement sous forme de générations rédiennes successives (Rondelaud et *al.*, 2003).

4.3. Relation entre les mollusques et les Digènes

4.3.1. Spécificité entre le mollusque et son parasite

La relation mollusque-parasite n'est pas entièrement comprise mais on peut considérer en termes de compatibilité deux notions selon Preston et Southgate, (1994). L'infestivité du miracidium et la susceptibilité du mollusque. L'infestivité est l'aptitude génétique du parasite à pénétrer et à se développer chez un hôte intermédiaire (le mollusque dans notre cas) alors que la susceptibilité fait référence à la faculté qu'un organisme a d'être hôte d'un parasite (Djuikwo Nouboue, 2005).

Chez la plupart des espèces, il existe une spécificité étroite entre les larves et le mollusque dans lequel elles se développeront. Ce caractère a même conduit à définir des populations de parasites à l'intérieur d'une aire géographique donnée (Rondelaud et al., 2003). C'est le cas de la compatibilité des miracidiums de *Schistosoma intercalatum* avec le groupe des *Bulinus africanus* (Preston et Southgate, 1994). Pour démontrer que les mollusques d'un lieu donné interviennent effectivement comme hôtes intermédiaires dans le cycle d'un parasite, il est nécessaire de faire l'expérience avec un isolat local de ce Digène (Rondelaud et al., 2010).

En revanche, si on réalise ces infestations avec des isolats de parasite provenant de pays voisins (cas de *F. hepatica*), la spécificité se manifeste dans la limitation de la charge rédienne (ou sporocyste) et du nombre de cercaires émises. Cependant, cette spécificité n'est pas aussi stricte qu'il le paraît, car le parasite est capable de s'adapter aux exigences du cycle biologique. Cette adaptation peut se manifester de deux façons (Rondelaud et al., 2010).

* Rondelaud et al. (2010) stipule qu'en présence de souche étrangère du mollusque hôte, implanté localement, l'adaptation du parasite à l'hôte intermédiaire se fait par palier, au cours des contacts successifs que le parasite a naturellement avec la population de mollusques. Cette adaptation nécessite généralement plusieurs générations du mollusque pour qu'elle soit optimale.

* En absence de mollusque préférentiel, le parasite est capable d'assurer son cycle biologique en se développant chez un autre Gastéropode, généralement proche de l'hôte intermédiaire. Les modalités de cette adaptation dépendent du Digène en cause et sont souvent difficiles à mettre en évidence. Dans le cas de *F. hepatica*, le développement larvaire est possible chez une autre Limnée (*Lymnaea glabra*) ou chez une planorbe (*Planorbis leucostoma*) si le mollusque est infecté simultanément par un miracidium de ce Digène et celui de *Paramphistomum daubneyi* (Rondelaud et al., 2010). Le taux d'infestation fasciolienne est plus élevé chez les Limnées tronquées jeunes ou adultes que chez les deux autres espèces *L. glabra* et *Radix peregra ovata* (Preveraude-Sindou et al., 1989).

4.3.2. Infestation du mollusque par le miracidium

L'un des mécanismes permettant la rencontre du miracidium avec son mollusque hôte est basé sur le chimiotactisme que ce dernier exerce vis-à-vis du parasite. Le mucus sécrété par les Pulmonés et les Prosobranches est connu depuis longtemps pour son pouvoir attractif grâce aux acides gras à chaîne courte et aux acides aminés qu'il contient (Rondelaud et *al.*, 2003). Le miracidium réagit au produit chimique excrété par le mollusque qui stimule des réactions chimiques Kinases (Shiff, 1994). Cependant, ce mucus n'est pas très sélectif dans la rencontre du mollusque hôte habituel et les miracidiums peuvent pénétrer chez d'autres espèces (mollusques leurres) chez lesquelles ils involuent ou n'ont qu'un développement limité (généralement au stade de sporocyste initial) (Rondelaud et *al.*, 2003).

4.3.3. Réussite d'une infestation

La réussite de l'infestation passe d'abord par la réussite de la pénétration du miracidium dans le mollusque hôte et ensuite la réussite du développement larvaire du parasite dans l'hôte.

Les trois facteurs les plus importants dans cette réussite sont ; l'âge du mollusque lors de son exposition, la température du milieu ambiant dans lequel s'effectue la rencontre et la nourriture dont dispose le mollusque. Pour *F. hepatica*, les fortes prévalences d'infestation sont observées chez des limnées pré-adultes de 4-5 mm soit 4-5 semaines de vie, à une température de 20°C et où la nourriture est abondante.

4.3.4. Réussite de la pénétration du miracidium

La réussite de la pénétration du miracidium dans le mollusque dépend de trois paramètres importants qui sont les facteurs du milieu, les facteurs propres aux mollusques et les facteurs propres aux parasites.

5. Facteurs biotiques

Ils regroupent la température, la luminosité et la présence de nappe d'eau. La température est importante, en effet les miracidiums éclosent entre 10 et 30°C mais la pénétration est optimale à 20°C. De plus, les miracidiums ont un phototropisme positif et donc recherchent les zones les plus lumineuses : donc la pénétration s'effectue dans les heures les plus chaudes. Pour que la rencontre soit possible, il faut la présence de nappe d'eau (Rondelaud et *al.*, 2003).

5.1. Température

La température a une influence sur le développement larvaire: plus elle s'accroît, plus le cycle parasitaire est réduit en durée. Par exemple, pour *F. hepatica* et/ou *P. daubneyi*, les premières cercaires quittent les limnées au 35^{ème} jour à température de 8

à 22°C. Mais si la température est de 5 à 18°C, l'éclosion a lieu au 70^{ème} jour (Dreyfuss *et al.*, 2010).

5.2. Assèchement du milieu

Amazzi *et al.* (1997) stipule que l'assèchement montre un ralentissement de la différenciation des cercaires et des sporocystes. Lorsque le temps d'assèchement augmente, la production de cercaires et de sporocystes diminue mais le nombre de sporocystes dégénérés augmente. Mais le fait d'avoir des sporocystes vivants après l'assèchement suggère que, lorsque les conditions redeviennent normales, les stades parasitaires vont se développer et ainsi recoloniser l'hôte.

5.3. Pollution du milieu

Lorsque le milieu est pollué de façon périodique, on observe un dysfonctionnement du système de défense interne du mollusque et facilite ainsi le développement larvaire du parasite (Dreyfuss *et al.*, 2000). L'intoxication du mollusque par les molluscicides ou un autre produit joue un rôle sur le développement des larves dans le mollusque. Si la rencontre mollusque/miracidium a lieu à la fin de la période d'intoxication, le taux d'infestation et le nombre de larves sont plus faibles. Mais si le mollusque est contaminé plus tardivement, celles-ci sont presque normales (Rondelaud, 1995). Si la colonie est atteinte d'une iridovirose, on observera un impact sur la charge rédienne (Ruellan et Rondelaud, 1993).

6. Facteurs propres aux mollusques

L'espèce du mollusque ne joue pas un rôle important dans la pénétration car on observe souvent la pénétration de miracidium dans des espèces non hôtes (mollusques leurre important dans le contrôle). La densité des mollusques est à double sens et dépend de la quantité de miracidiums ; en effet si les larves sont nombreuses, elles pénètrent dans tous les mollusques mais si elles sont peu nombreuses, tous les mollusques ne seront pas infestés (Rondelaud *et al.*, 2003). Le volume interne du mollusque joue un rôle prépondérant sur la production des sporocystes et des cercaires. En effet, un mollusque dans ces premières semaines de vie grandit rapidement, donc il a plus de place pour le développement des larves. Il dépend aussi de son alimentation : la production des cercaires sera d'autant plus importante que la nourriture des mollusques est abondante en algues (Dreyfuss *et al.*, 2003).

7. Facteurs propres aux parasites

Le rôle des facteurs propres aux parasites n'est pas négligeable. Plus la densité de miracidiums est élevée, plus le taux de l'infestation augmente. Mais si leur nombre est trop important, on observe un nombre de sporocystes limité et un retard larvaire. Il existe un effet pathogène des cercaires sur les mollusques. Lorsque le nombre de miracidium est élevée, l'infestation des mollusques augmente, en revanche, les

mortalités chez les mollusques augmentent (Sindou *et al.*, 1988). Si la pénétration s'effectue par le manteau cela permet une meilleure survie des cercaires; en revanche les voies pédieuses et tentaculaires sont nettement plus néfastes (Sindou *et al.*, 1988). Les caractéristiques de l'infestation fasciolienne sont modifiées lorsque la fréquence de rencontre mollusque/parasite est rare ou exceptionnelle. La période pré patente est en relation directe avec le nombre de miracidium infestant. Cette période est écourtée lors de l'infestation de *Planorbarius metidjensis* par un seul miracidium de *S. haematobium*. En revanche, ladite période est plus longue lorsque l'infestation est faite par 2 ou 5 miracidiums (Moukrim *et al.*, 1996).

7.1. Emission cercarienne

L'émission cercarienne ne se passe pas en une seule vague. Elle s'effectue sur une période plus ou moins longue selon la survie du mollusque et peut présenter une périodicité de type infradien (rythme supérieur à 24h) avec des phases de production intense séparées par des intervalles de production moindre (Rondelaud *et al.*, 2003). Deux facteurs jouent un rôle dans l'émergence des cercaires :

7.2. Température

Il existe un seuil thermique en dessous duquel aucune cercaire n'est émise. Par exemple, pour *F. hepatica*, il faut 9°C au minimum pour une émission de cercaires. Au-dessus du seuil, les émissions cercariennes peuvent se produire à n'importe quelle température. De plus, le passage brusque d'une température légèrement inférieure à une température dépassant ce seuil favorise une sortie en masse des cercaires (ex : schistosome) (Rondelaud *et al.*, 2003).

7.3. Lumière

Son rôle varie selon les espèces : l'émission peut se faire lorsque les mollusques sont exposés à la lumière ou bien au milieu de la nuit ; le passage brusque de l'obscurité à la lumière peut stimuler également ce processus (Rondelaud *et al.*, 2003). L'influence d'autres facteurs a été également étudiée. Les résultats ne peuvent être généralisés et semblent dépendre des espèces étudiées (Rondelaud *et al.*, 2003).

7.4. Nourriture

La nourriture joue un rôle important dans la production des cercaires. Lors d'une infestation sur *G. truncatula* infestée par différents digènes, l'émission de cercaires est maximale si leur alimentation est composée d'algues ou d'aliment modifié de Boray. Au contraire, on peut remarquer que cette émission est moindre avec une alimentation à base de la laitue ou les germes de blé (Rondelaud *et al.*, 2002). Lors d'un jeûne (estivation ou hibernation), on observe une absence d'émission de cercaires mais les cercaires matures s'accumulent dans le corps des mollusques hôtes si l'infestation est déjà évoluée (Michelet, 1997).

7.5. Assèchement du milieu de vie

L'assèchement du milieu agit sur le bon déroulement de l'émission des cercaires. Pour qu'il y ait libération des parasites dans le milieu extérieur, certaines espèces de mollusques comme les Limnées et les Planorbes ont besoin d'un milieu humide ou d'une petite étendue d'eau. L'émission cercarienne de *S. haematobium* est perturbée chez *P. metidjensis* suite à l'assèchement puis une ré-immersion du milieu de vie. Cette perturbation est due à la baisse de production de cercaires, lors de l'assèchement, à partir des sporocystes d'une part. Les cercaires sont mises en attente dans le mollusque et la ré-immersion est suivie d'une sortie massive de cercaires d'autre part (Dreyfuss *et al.*, 2003). Les périodes naturelles d'émissions cercariennes, sont étroitement liées au nombre de cycles parasitaires qui se produisent chez les mollusques et de ce fait, au nombre de générations annuelles chez ces derniers (Rondelaud *et al.*, 2003). Chez *G. truncatula* infesté par *F. hepatica*, on observe une périodicité de 6 à 8 jours dans l'émission cercarienne (Vignoles *et al.*, 2006).

8. Rythme d'émission cercarienne

Selon Djuikwo Nouboue (2005), le rythme d'émission des cercaires dépend du comportement de l'hôte définitif. Le plus fréquent des rythmes est le **rythme circadien** avec un pic d'émission par 24h qui se fait le jour (*S. mansoni*) ou la nuit ou pendant la transition entre le jour et la nuit. Il existe le **rythme ultradien** avec deux pics à l'aube et au crépuscule, mais ce type de rythme est plus observé dans des parasitoses touchant les animaux.

Des kystes internes de métacercaires ont été retrouvés dans le mollusque hôte mort au niveau de l'épithélium externe couvrant les glandes digestives (le plus souvent) ou de l'intestin médian ou sur le post-intestin ou sur le corps d'une rédie et sur la glane à albumine (Dreyfuss *et al.*, 2003). Le nombre de kystes présents est indépendant de la taille *post-mortem* des mollusques. Leur nombre augmente avec la durée de survie du mollusque (supérieur à 70 jours). On suppose que ces métacercaires internes sont formés soit immédiatement avant ou juste après la mort du mollusque, en effet on n'observe pas de kyste interne si on plonge un mollusque vivant dans un fixateur histologique (Dreyfuss *et al.*, 2003).

La formation de ces kystes internes peut être vue comme un procédé assurant la survie des cercaires qui ne peuvent pas être émises dans l'environnement. Toutes les cercaires dans le corps du mollusque ne forment pas de kystes internes. Ces découvertes suggèrent que les cercaires doivent migrer dans le corps du mollusque pendant un période de temps spécifique pour atteindre la pleine maturation avant d'être émises dans l'environnement. Ces cercaires matures donneront ces kystes

internes. Plus le mollusque est infecté longtemps, plus il aura de kystes (Vareille-Morel, 1993).

9. Devenir des cercaires dans le milieu de vie

Après la sortie, les cercaires doivent trouver soit un hôte définitif, soit un seconde hôte intermédiaire d'attente ou bien un substrat pour s'y fixer et s'enkyster. Si la métacercarie s'enkyste, la nage de la cercarie ne dépasse pas quelques minutes en général sauf 24h pour des Schistosomes. Par exemple, le courant peut entrainer les cercaires de *S.mansoni* à une grande distance du lieu où elles sont émises (Rondelaud *et al.*, 2003).

10. Prévalence de l'infestation naturelle chez les mollusques

Les données sont peu nombreuses et spécifiques de parasitoses de pays tropicaux. La prévalence est faible (1 % à 15%) dans le point d'eau isolé où la couche d'eau diminue au fur et à mesure de l'évaporation ce qui entraîne une concentration des mollusques. Il n'y pas de relation directe entre le taux d'infestation de l'hôte définitif et celui de l'hôte intermédiaire c'est-à-dire du mollusque naturellement parasité (Dreyfuss *et al.*, 2010). Toute infestation massive d'un mollusque conduit à la mort de celui-ci (Rondelaud *et al.*, 2003).

11. Conséquences du parasitisme sur les mollusques

11.1. Effets indirects

La pénétration des larves, leur déplacement dans le corps du mollusque hôte intermédiaire et leur développement ont une action néfaste sur ce dernier. On observe, cependant, une différence dans les lésions qu'elles soient provoquées par un parasite à sporocystes ou un à rédies. Si le parasite a un développement larvaire par rédies, les perturbations observées seront plus importantes que si c'est un parasite à sporocystes. De plus pour résister aux agressions des parasites, les mollusques ont mis en place des mécanismes de défense qui peuvent être aussi bien cellulaires qu'humoraux. La reconnaissance du soi et du non soi, ainsi que la spécificité de la réponse et la mémoire (véritable immunité) représentent les différents phénomènes du système de défenses des mollusques hôtes (Djuikwo Nouboue, 2005 ; Shiff, 1994). Dans la défense interne du mollusque, on retrouve au moins quatre types de cellules. Trois sont des cellules non circulantes c'est-à-dire fixes et elles incluent les cellules de l'endothélium fixant l'antigène, les cellules du réticulum, les cellules des pores et les cellules circulantes appelées hémocytes (Van der Knaap et Loker, 1990). L'effet pathogène des différents stades parasitaires ont été observés sur le rein, la glande digestive, la gonade et la glande de l'albumine etc (Gerard et Theron, 1995).

11.2. Effets indirects

L'infestation par les Digènes peut entraîner une augmentation de la croissance appelée aussi gigantisme soit une diminution de la croissance (Rondelaud et al., 2003, Djuikwo Nouboue, 2005). De nombreux mollusques parasités ont une résistance moindre vis-à-vis des agressions du milieu extérieur. Ils sont plus sensibles au dessèchement de leur habitat et au traitement chimique par les molluscicides. Dans le couple *G. truncatula* / *F. hepatica*, le mollusque a une activité moindre et sa dépendance vis-à-vis de l'eau est plus importante lorsque les cercaires deviennent indépendantes dans le corps du mollusque (Rondelaud et al., 2003).

12. Lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires

Plusieurs méthodes de contrôle des mollusques hôtes intermédiaires de parasites sont disponibles, cependant, le choix des méthodes doivent impérativement respecter les différents écosystèmes écologiques existants et préserver leurs pérennités. Cette lutte vise deux objectifs primordiaux : Réduire la densité des mollusques dans les étangs, les cours d'eau et les régions inondables, prolonger le temps de recherche des cercaires de leurs hôtes respectifs ainsi les cercaires seront exténuées et meurt.

12.1. Lutte biologique

Elle est basée sur l'utilisation d'ennemis naturels de mollusques hôtes intermédiaires de parasites; les prédateurs (canards, grenouille, crabes, poissons), Agents pathogènes (bactéries, des champignons et des protozoaires). Ces techniques sont encore au stade expérimental (Rondelaud et al., 2003).

12.1.2. Mollusques compétiteurs

L'utilisation de mollusques compétiteurs capables de concurrencer les espèces indésirables hôtes intermédiaires dans leurs habitats naturels (Rondelaud et al., 2003). Plusieurs espèces de mollusques ont été utilisés comme compétiteurs des espèces hôtes intermédiaires de parasites (Dreyfuss et al., 2010). *Melanoides tuberculata* compétiteur efficace de *Biomphalaria* sp vecteur de *Schistosoma* sp (Schilegel et al., 1997). *Marisa cornuarietis* et *Thiara granifera* sont efficaces pour la lutte biologique contre *B. glabrata*, hôte intermédiaire de *S. mansoni* (Acha et Szyferes, 1989). *Pila ovata* compétiteur de *B. pfeifferi*, mollusque hôte intermédiaire de *S. mansoni* (Baluku et Bagalwa, 1999).

12.1.3. Larve de diptères

L'utilisation de larves de Diptères de la famille des Sciomyzidae qui se nourrissent de mollusques n'a pas permis d'atteindre les résultats escomptés (Rondelaud et al., 2003).

12.1.4. Poissons prédateurs

L'utilisation de poissons molluscivores ont été utilisés avec succès (Redding et Midlen, 1992). Les Cichlidae poissons consommateurs d'escargots, notamment *Astatoreochromis alluandi*, *Haplochromis ishmaeli* et *Macropheudis bicoloras*, ont été utilisés en Afrique pour lutter contre les hôtes intermédiaires des bilharzioses (Rondelaud et al., 2003).

12.1.5. Mollusques prédateurs

Zonitoides nitidus et *Oxychilus draparnaudi* sont deux espèces de mollusques carnivores qui se nourrissent d'autres mollusques sont utilisés contre *G. truncatula*, hôte intermédiaire de *F. hepatica* (Dreyfuss et al., 2010). *Z. nitidus* carnivore et attaque les autres espèces de mollusques, il se nourrit indifféremment des limnées saines ou infestées (Rondelaud, 1975). L'association de deux Zonitidae, notamment *Z. nitidus* et *O. draparnaudi*, lutte efficacement contre les Limnées mieux que l'introduction d'un seul prédateur (Rondelaud, 1977).

12.1.6. Digènes utilisant les mêmes hôtes intermédiaires

Riberoia marini permet de monopoliser les hôtes intermédiaires de *Schistosoma sp.*, et a ainsi permis de diminuer la transmission de la bilharziose sur le terrain. Ce trématode se nourrit de la glande génitale du mollusque *B. glabrata* et le rend définitivement stérile (Ribert, 1998). L'emploi de tel parasite nécessite une connaissance parfaite du cycle biologique des parasites, leurs hôtes définitifs et les facteurs conditionnant leurs épidémiologie (Rondelaud et al., 2003).

12.2. Lutte écologique

Diverses méthodes ont été utilisées dans le contrôle par voie écologique, elles sont en fonction des gîtes des mollusques (Dreyfuss et al., 2010).

Dans les cours d'eau, on agit sur la rapidité du courant, en redressant les rives afin d'éliminer les petites formations d'eaux stagnantes et en faucardant la végétation aquatique. Il faut soit combler avec de la terre soit drainer ou pomper les eaux stagnantes. Il faut nettoyer régulièrement pour éliminer la végétation aquatique à la périphérie des lacs et des étangs. Cependant, en région tropicale, il est difficile de voir la différence entre lac, étang et marécage car la profondeur d'eau varie avec l'évaporation. Dans le cas des lacs et marécages, il faut soit les combler si c'est possible soit faucarder la végétation et limiter l'érosion des sols par le ruissellement (Rondelaud et al., 2003). A Tessaout Amont, en zone irriguée, les siphons ont été couverts à l'aide de dalles en fer afin de créer des conditions d'obscurité permanente d'une part, le curage des siphons par les agricultures répétés 3 fois d'autre part afin de contrôler sur les populations de mollusques *B. truncatus* (Hammou et al., 2002).

12.3. Lutte chimique

C'est la méthode de choix pour lutter contre les, mollusques, hôtes intermédiaires de parasites, cependant, pour être efficace, certaines conditions sont à pourvoir afin de maximaliser cette lutte, le produit doit être bon marché, très actif, pas toxique pour l'Homme et l'environnement (Fain, 1995). Plus de 10 000 produits chimiques ont été essayés dans la lutte contre les Mollusques. L'usage de Molluscicides sur une grande échelle est très couteux car il faut beaucoup de produit et un personnel qualifié. De plus la réinfestation des gîtes est fréquente ce qui oblige à répéter l'opération (Dreyfuss *et al.*, 2003, Rondelaud *et al.*, 2003).

12.3.1. Molluscicides synthétiques

Les molluscicides synthétiques sont connus depuis longtemps et doivent répondre à plusieurs qualités dont la toxicité pour les mollusques et leurs œufs, leur spécificité, leur bonne rémanence et la biodégradabilité (Rondelaud *et al.*, 2003).

12.3.2. Sulfate de calcium

Il a été abandonné à cause de sa toxicité pour les vertébrés et les invertébrés qui vivent dans les gîtes des mollusques (Rondelaud *et al.*, 2003).

12.3.3. N-trityl morpholine (Frescon)

Ce produit a été retiré du marché en 1988 malgré une efficacité démontrée dans la lutte contre les Pulmonés. Ce produit est toxique pour la faune aquatique vivant dans le même biotope que les mollusques (Dejoux, 1975).

12.3.4. Niclosamide (Bayluscide ou Moulutox)

Il est le seul produit autorisé de nos jours, de ce fait, il est le plus utilisé pour le contrôle des schistosomoses et des Distomatoses. La dose efficace pour tuer les mollusques varie selon l'espèce et le temps de contact (1 à 2 mg/L au bout de 2 à 5 h ou 0,1 à 1 mg/L au bout de 24h) (Rondelaud *et al.*, 2003). Selon Ribert (1998), aux concentrations toxiques pour les mollusques, le produit n'est pas toxique pour l'homme, la faune et la flore (plancton, poissons...).

12.3.5. Benzamido-2-nitro-5-thiazole (BNT)

Ils ont une bonne activité molluscicide. Ils aident au contrôle de la croissance des populations des Limnées, mais il est peu toxique pour la faune non cible (Vignoles *et al.*, 1990a, b).

12.3.6. Plantes à activité molluscide

Depuis de nombreuses années, beaucoup de plantes ont été étudiées pour leur activité molluscicide, afin de préserver l'environnement et pallier la toxicité des molluscicides synthétiques importés.

Les baies de *Phytolacca dodecandra* et les fruits de *Swartzia madagascariensis* sont utilisés pour traiter des gîtes à mollusques dans le cadre d'une prévention des schistosomiasis humaines en Afrique (Rondelaud et al., 2003). Les feuilles de *Altrenanthera sessilis*, les baies de *Tetrapleura tetraptera*, L'écorce de *Warburgia salutaris* et *Ambrosia maritima* sont efficace contre les mollusques (El Sawy et al., 1987). Les substances molluscicides retrouvées dans ces plantes sont les saponines, les alcaloïdes, les terpènes et les flavonoïdes. A l'état brut, ces substances agissent à une dose létale LC 50 entre 0.01 et 0.005 mg/MI meilleur que le produit brut (Baluku et Bagalwa, 1999). Les Euphorbiacées, notamment *Euphorbia splendens*, ont une activité molluscicide contre *B. glabrata*, en plus ce latex n'a pas d'effet toxique sur le zooplancton (Mendes, 1987).

2ème Partie :
Partie
Expérimentale

Notre travail a duré 6 mois au cours de l'année 2018 (de Mars jusqu'au Aout). L'objectif de cette étude est de faire un inventaire des mollusques aquatiques, probablement vecteurs de trématodes pathogènes pour l'homme et les animaux domestiques, dans 3 cours d'eau de la région de Mitidja dans la wilaya de Blida.

1. Présentation des stations d'étude

1.1. Station de Soumaa (Ferroukha)

La Wilaya de Blida est située dans le tell central (centre-nord) de l'Algérie. Elle est limitée au nord par le massif algérois et au sud par l'Atlas Blidéen, à l'Est par la continuation de la plaine de Métidja et à l'Ouest par la continuation de l'Atlas Blidéen qui rejoint le mont de Chénoua.

Ferroukha est l'un des centres de la commune du Soumaa. Cette dernière est l'une des municipalités de wilaya de Blida, une province régionale de Boufarik. Soumaa est située au centre de la wilaya de Blida, à environ 8 Km au nord-est de Blida et à environ 44 Km au sud-ouest d'Alger et à environ 35 Km au nord-est de Médéa. Elle est limitée au nord, à l'Est, à l'ouest par la continuation de la plaine de Mitidja et au sud par l'atlas Blidéen. La position géographique de la station de Ferroukha est de 36° 30' 14" de latitude Nord et 2° 54' 35" de longitude Est. La commune de Soumaa s'étend sur une superficie de 27,75 Km².

1.1.1. Climat

Un climat tempéré chaud est présent à Ferroukha (tableau 4). Les pluies sont hivernales, avec relativement peu de pluie en été. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type méditerranéen, subhumide, froid en hiver et chaud sec en été. La température moyenne annuelle à Ferroukha est de 17,7 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 742 mm. Le tableau 4 montre les températures moyennes et précipitations durant les mois d'études à Ferroukha.

Tableau 4 : Températures moyennes et précipitations durant les 6 mois d'études à Ferroukha.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Température moyenne °C	13,1	15,5	18,5	22	25,4	26,2
Précipitations (mm)	82	56	53	23	2	4

1.2. Station de Koubania (Mouzaïa)

Koubania est l'un des centres de la commune du Mouzaïa. Cette dernière est l'une des municipalités de wilaya de Blida. Mouzaïa est située à l'ouest de la wilaya de Blida, à environ 14 km à l'ouest de Blida, à environ 59 km au sud-ouest d'Alger et à environ 28 km au nord de Médéa. Elle est limitée au Nord, à l'Est, à l'Ouest par la continuation de la plaine de Mitidja représenté et au sud par l'atlas Blidéen. La position géographique de la station de Koubania est de 36° 25' 20" de latitude Nord

et 2° 38' 10" de longitude Est. La commune de Mouzaïa s'étend sur une superficie de 83.90 Km².

1.2.1. Climat

Le climat de Mouzaïa est dit tempéré chaud (tableau 5). La pluie est hivernale, avec relativement peu de pluie en été. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen, subhumide, froid en hiver et chaud sec en été selon la classification de Köppen-Geiger. La température moyenne annuelle à Mouzaïa est de 18,1 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 684 mm. Le tableau 5 montre les températures moyennes et précipitations durant les mois d'études à Mouzaïa.

Tableau 5 : Températures moyennes et précipitations durant les mois d'études à Mouzaïa.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Température moyenne °C	13,8	15,8	18,8	22,4	25,7	26,4
Précipitations (mm)	71	50	52	19	2	4

1.3. Station de Nhaoua (Aïn Romana)

Nhaoua est l'un des centres de la commune de l'Aïn Romana. Cette dernière est l'une des municipalités de wilaya de Blida. Aïn Romana est située au sud-ouest de la wilaya de Blida, à environ 15 km à l'ouest de Blida et à 58 km au sud-ouest d'Alger et à environ 28 km à l'Ouest de Médéa. La commune d'Aïn Romana est située dans la zone montagneuse du Chenoua-Zaccar de la région du Dahra. Aïn Romana est une région montagneuse située dans le secteur ouest de parc national de Chréa sur le djebel de Mouzaïa qui est le 2^e plus haut pic dans l'Atlas Blidéen à 1603 m d'altitude. La position géographique de la station de Nhaoua est de 36° 24' 21" de latitude Nord et 2° 37' 50" de longitude Est. La commune d'Aïn Romana s'étend sur une superficie de 101,38 Km².

1.3.1. Climat

Un climat tempéré chaud est présent à Nhaoua (tableau 6). La pluie dans Nhaoua tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. Elle bénéficie d'un climat de montagne de type méditerranéen, subhumide, froid en hiver et chaud sec en été en référence à la classification de Köppen et Geiger. La température moyenne annuelle à Nhaoua est de 18,2° C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 680 mm. Le tableau 6 montre les températures moyennes et précipitations durant les mois d'études à Nhaoua.

Tableau 6 : Températures moyennes et précipitations durant les mois d'études à Nhaoua.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Température moyenne °C	13,7	15,8	19,1	22,8	26,3	26,9
Précipitations (mm)	73	52	52	20	2	4

2. Conduite de l'étude

L'étude a été conduite de mars à juillet 2018, à raison d'une visite par mois pour le site de Ferroukha, de Koubania et de Nhaoua. Les 3 sites d'études sont des cours d'eau naturels, ruisselant durant toute l'année et qui prennent comme origine le mont de Chéra et de Zaccar. Le débit et la vitesse de l'eau se trouve diminué durant les mois de juin, de juillet et d'août correspondant à l'été en région méditerranéenne. Des animaux d'élevage (bovins, ovins, caprins équidés) s'y rendent pour boire et brouter toute l'année surtout l'été. Ces cours d'eau naturels sont la propriété des services des domaines nationaux et sont gérés par la direction des eaux et forêt de la Wilaya de Blida.

3. Echantillonnage

Quatre échantillons d'eau, de plantes et de mollusques ont été fait sur un tronçon de 20 m. L'échantillonnage a été fait au hasard, sur une superficie de 1 m², à partir d'un point de départ ensuite à des distances de 0 m, 5 m, 10 m et 20 m (Alisa *et al.*, 2005). A chaque collecte, le sédiment, les végétaux et la couche superficielle de l'eau ont été collecté est passé au tamis de 1 m de diamètre à maille fine de 1 mm (tableau 7). Cette dernière est suffisante pour recueillir tous les mollusques au cours du lavage de la boue (Alisa *et al.*, 2005).

Tableau 7 : Protocol de collecte des différents échantillons au niveau des 3 sites.

Points de collectes	Point_1	Point_2	Point_3	Point_4
Distance en les collectes	0 m	5 m	5 m	10 m
Surfaces collectées	1 m ²	1 m ²	1 m ²	1 m ²

4. Collecte de l'eau

Afin de déterminer la qualité physicochimique de l'eau (conductivité, pH, Teneur en oxygène, l'alcalinité, le chlorure, le calcium, l'azote organique total, nitrate, nitrite, azote ammoniacal, l'orthophosphate et la chlorophylle-a), 500 ml d'eau ont été collecté à chaque point de collecte de mollusques. L'eau collectée a été conduite le jour même au laboratoire des services hydraulique de Blida. La détermination des différents sus cités ont été faite selon les techniques décrites par Funasa, (2013).

4.1. Alcalinité

La détermination de l'alcalinité de l'eau est effectuée par la technique de titrage avec l'acide sulfurique (Funasa, 2013). L'alcalinité totale de l'eau est donnée par la somme des différentes formes d'alcalinité existantes, soit, par la concentration des hydroxydes, des carbonates et des bicarbonates, exprimée en termes de carbonate de calcium.

Alcalinité totale en mg/L de CaCO₃ = V x 20
V= (volume de l'échantillon d'eau)

4.2. Chlorures

La détermination des chlorures de l'eau est effectuée par la technique de titrage avec du Nitrate d'argent (FUNASA, 2013). En général, les chlorures sont présents dans eaux à l'état brut et transformés à des concentrations allant de petites traces jusqu'à plusieurs centaines de mg/l. Ils sont présents sous la forme de chlorures de sodium, de calcium et de magnésium.

Mg/l Cl =	(A – B) x N x 35,45
	mL d'échantillon
A : ml de solution titrée utilisée dans l'échantillon	B : ml de solution titrée en blanc;
N : normalité de la solution titrée	35,45 : la masse molaire du chlore en kg

4.3. Pression Hydrogène

La détermination du pH est effectuée à l'aide d'un potentiomètre ou colorimètre (Funasa, 2013). La valeur du pH allant de 0 à 14. En dessous de 7 l'eau est considérée comme acide et au-dessus de 7 comme alcaline. L'eau au pH de 7 est neutre.

4.4. Conductivité

La mesure de la conductivité de l'eau s'effectue en immergeant dans l'eau une cellule de mesure comportant deux électrodes de platine. Le conductimètre affiche directement une conductivité (Funasa, 2013). La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu.

4.5. Nitrates

La procédure consiste à déterminer la concentration des nitrites dans l'eau par la méthode spectrophotométrique à une longueur d'onde de 540 nm (Funasa, 2013). Les nitrates sont des composés intermédiaires de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates, apparaissant lors de la dégradation des substances azotées par des bactéries dans la filtration biologique. Les nitrites sont toxiques pour la majorité des êtres vivants.

4.6. Nitrites

Constituent la forme azotée dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraines. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites. La réaction des nitrates avec l'acide sulfosalicylique (formé par addition à l'échantillon de salicylate de sodium et d'acide sulfurique). Une coloration jaune stable. La mesure spectrophotométrique est effectuée à une longueur d'onde de 415 nm (Funasa, 2013).

4.7. Orthophosphate

Ils sont d'origine des détergents se caractérisent par la formation en milieu acide d'un complexe avec le Molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. La réaction est réalisée par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente des valeurs maximales d'absorption vers 880 nm par un dosage colorimétrique par spectrophotométrie (Funasa, 2013).

4.8. Calcium

Le dosage du calcium peut être réalisé de différentes manières (complexométrie, absorptionatomique...). Nous allons utiliser la méthode complexométrique à l'EDTA (Funasa, 2013).

5. Collecte de végétaux

A chaque échantillonnage, des végétaux ont été collectés aux alentours et dans les cours d'eau afin de répertorier les différentes espèces végétales qui peuplent ces gîtes de mollusques. Les herbes ont été séchées puis identifier sur base des critères morphologique au niveau du laboratoire de phytotechnie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (Dusoulier, 2011).

6. Collecte de mollusques

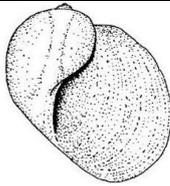
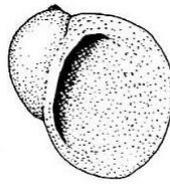
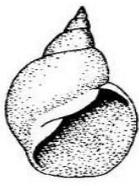
A Chaque visite, 3 types de mollusque ont été prélevés, les mollusques retrouvés sur les végétaux qui poussent dans les cours d'eau, ceux des roches et les mollusques vivant dans l'eau et la boue. Les mollusques des végétaux et les roches ont été collectés et mis dans des flacons étiquetés (date, site d'étude, point du prélèvements, etc...) contenant de l'éthanol à 70 % (Alisa *et al.*, 2005). Pour les mollusques vivants dans la boue, à l'aide d'une pelle nous avons prélevé la boue, les débris ainsi que les végétaux à une profondeur de 10 à 20 cm sur une superficie de 1 m² (tableau 7). Le contenu a été mis dans un récipient ensuite transféré au laboratoire des populations et des organismes. Le contenu a été versé dans un tamis et, lavé sous un jet d'eau afin de se débarrasser de la boue et, les mollusques ont été collectés manuellement et mis dans des flacons, étiqueté et identifiés comme précédemment, contenant de l'éthanol à 70 %.

7. Identification morpho-anatomique des mollusques

Au laboratoire, les mollusques sont rincés à l'eau distillée pour enlever toute trace d'éthanol. Ensuite, l'identification a été réalisée, sous loupe binoculaire 25X, à l'aide de la dichotomiques de détermination des genres et des espèces selon Eversham, 2013.

Les tableaux (8 et 9) montrent les différents critères morpho-anatomique pour l'identification des genres et des espèces des différentes familles des mollusques aquatiques qui ont été collectés. Les clés proposées permettent une détermination du genre ou parfois à l'espèce lorsque le genre considéré est mono spécifique. Les propositions retenues ne font appel qu'à des caractères simples concernant le plus souvent la coquille et leur forme (ovalaire ou allongé, spiralée ou non spiralée, type d'enroulement, type d'ouverture, hauteur ouverture/ hauteur coquille, tours de spires...etc.), et quelquefois certaines particularités anatomiques facilement observables ne nécessitant pas de dissection.

Tableau 8 : Identification des mollusques aquatiques, famille, genres et espèces (Eversham, 2013).

Tableau 8. Identification des mollusques aquatiques, famille, genres et espèces (Eversham, 2013)			
Familles	Genres et espèces	Schéma	Critères morpho-anatomique
Lymnaeidae	<i>Myxas glutinosa</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée -l'ouverture de la coquille vers la droite (dextre) -un manteau recouvrant la coquille
	<i>Radix</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée -l'ouverture de la coquille vers la droite (dextre) -pas de manteau recouvrant la coquille -hauteur de l'ouverture >75 % de la coquille
	<i>Lymnaea</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée -l'ouverture de la coquille vers la droite (dextre) -pas de manteau recouvrant la coquille -hauteur de l'ouverture >75 % de la coquille -derniers tours de spire formant

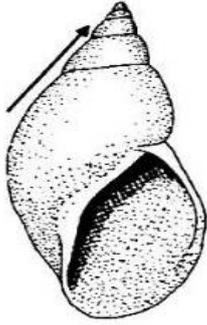
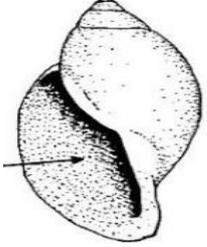
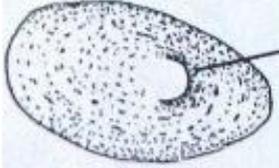
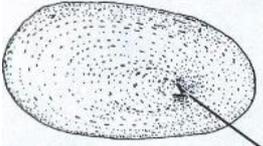
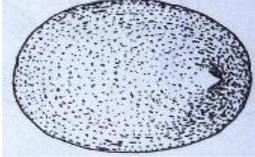
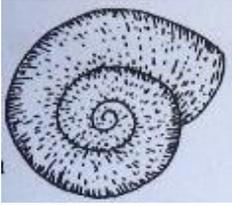
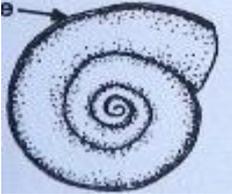
			une pointe aigue
	<i>Stagnicola</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée -l'ouverture de la coquille vers la droite (dextre) -pas de manteau recouvrant la coquille -hauteur de l'ouverture >75 % de la coquille - une diminution régulière des tours de spire -tour de spire n'est pas renflé
	<i>Galba truncatula</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée -l'ouverture de la coquille vers la droite (dextre) -pas de manteau recouvrant la coquille -hauteur de l'ouverture >75 % de la coquille - une diminution régulière des tours de spire -tour de spire est renflé

Tableau 9 : Tableau 9. Identification des mollusques aquatiques, familles, genres et espèces (Eversham, 2013)

Familles	Genres et espèces	Schéma	Critères morpho-anatomique
Physidae	<i>Physa</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée -l'ouverture de la coquille vers la gauche (senestre) -la coquille est ovale
	<i>Aplexa</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée -l'ouverture de la coquille vers la gauche (senestre) -la coquille est fusiforme
Ferrissiidae	<i>Ferrissia</i>		<ul style="list-style-type: none"> -la coquille n'est pas spiralée -la coquille est allongée -l'apex de la coquille est émoussé, tourné vers la droite
Acroloxiidae	<i>Acroloxus</i>		<ul style="list-style-type: none"> -la coquille n'est pas spiralée -la coquille est allongée -l'apex de la coquille est aigu, tourné vers la gauche
Ancylidae	<i>Ancylus fluviatilis</i>		<ul style="list-style-type: none"> -la coquille n'est pas spiralée -la coquille est ovale
Viviparidae	<i>Paludine commune</i>		<ul style="list-style-type: none"> -La coquille est spiralée -la coquille n'est pas enroulée - l'ouverture de la coquille vers la droite (dextre) -coquille avec un couvercle cornée ou crayeux (opercule) -Coquille plutôt mince, sommet de la flèche assez pointu. Avec plus de spires gonflées et gonflées, des sutures plus profondes et généralement brillantes

	<p><i>Planorbarius corneus</i></p>		<p>-La coquille est spiralée</p> <p>-la coquille est enroulée dans un plan horizontal</p> <p>-Grands: adultes de plus de 20 mm de diamètre et de 10 mm d'épaisseur, juvéniles d'au moins 4 mm d'épaisseur, avec une bouche évasée et des crêtes en spirale, parfois avec une rangée de poils ou de soies sur chaque crête.</p>
<p>Planorbidae</p>	<p><i>Planorbis carinatus</i></p>		<p>La coquille est spiralée</p> <p>-la coquille est enroulée dans un plan horizontal</p> <p>- Adultes de plus de 10 mm de diamètre; une quille ou une crête, en forme de ligne surélevée, court le bord arrondi de la coquille; espèce assez grande et profonde (adultes jusqu'à 17 mm de diamètre et 2,5-3,5 mm d'épaisseur)</p> <p>- Quille presque au milieu de la jante, si visible de dessus et de dessous; les spirales de coquille s'élargissent plutôt plus rapidement</p>

3ème Partie :
Résultats et Discussion

Nous avons réalisé une prospection sur les mollusques d'eau douce, dans 3 sites d'études de la plaine Mitidja, à Soumaâ, à Koubania et à Nhaoua. Il a été réalisé 93 prélèvements de mars à juillet 2018. Un total de 849 mollusques a été collecté 657 à Soumâa, 63 à Koubania et 129 à Nhaoua. Les mollusques ont été collectés dans la boue et sur les végétaux. Nous avons identifié les mêmes mollusques au niveau des 4 points de prélèvements.

1. Site de Soumâa

1.1. Identification de mollusques

Au cours de la période d'étude, nous avons rassemblé 657 mollusques dont 395 dans la boue et 262 sur les végétaux aquatiques. Nous avons identifié 6 espèces de mollusques confinés dans la figure 10. *Physa sp* est de loin les mollusques les plus dominant ($p < 0,001$) dans le cours d'eau de Soumâa par rapport aux autres espèces (figure 10). L'analyse statistique à montrer que *Galba sp* est plus dominant ($p < 0,001$) comparativement à *Ferrissia sp* et *Paludine commune* (figure 10). *Ferrissia* est plus dominante à Soumâa par rapport à La *Paludine commune* ($p > 0,005$).

Physa sp est un mollusque qu'on retrouve aussi bien dans la boue que sur les végétaux. En revanche, *Galba sp* a été significativement plus dominant ($p < 0,001$) dans la boue par rapport aux végétaux, de même que *Ferrissia sp* (figure 10). La *Paludine commune* a été retrouvée beaucoup plus au niveau des végétaux par rapport à la boue (figure 10). *Stagnicola sp* et *Planorbis carinatus* ont été retrouvé uniquement dans la boue (figure 10).

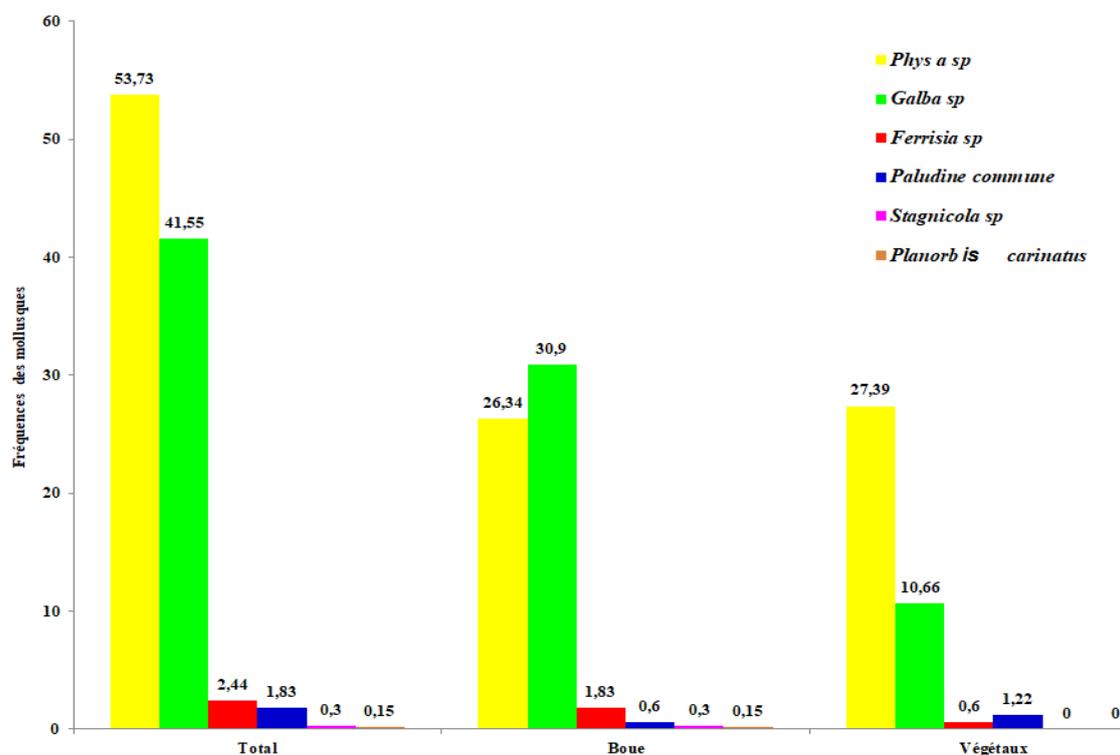


Figure 10 : Fréquences des différents mollusques collectés à Soumâa.

1.2. Cinétique des mollusques au cours des mois d'étude

La figure 11 montre la chronologie des différentes espèces de mollusques au cours des 6 mois d'étude dans le site de Soumâa. La collecte de *Physa sp* a débuté en mars avec de 55,04 %, ensuite le mollusque n'a pas été retrouvé en avril et mai pour enregistrer un pic en juin suivi d'une légère baisse en juillet (figure 11). L'activité de *Physa sp* est élevée en mars par rapport à juin et juillet ($p < 0,001$) et cette activité est significativement élevée en juin par rapport à juillet ($p < 0,001$).

Galba sp a été identifié en mars avec un taux de 40,34 % suivi d'un pic en avril, la fréquence de ce mollusque a continué de diminuer d'avril à mai pour atteindre son plus bas en juin avec une légère reprise en juillet (figure 11).

Les fréquences des activités de *Ferrissia sp* (2,30 %), *Paludine commune* (1,72 %) ont été respectivement de 2,30 % et 1,72 % en mars. Cette activité a disparue en avril et mai. Nous avons enregistré une légère activité en juin avec un taux de 3,97 % pour *Ferrissia sp* et 3,31 % pour *Paludine commune* et cette activité continue en juillet jusqu'au de 6,90 % et 3,45 % respectivement (figure 11). L'activité de *Planorbis carinatus* a été enregistrée uniquement en mars avec un taux de 0,30 % (figure 11). Tandis que *Stagnicola sp* a été actif en mars avec un taux de 0,30 % et en mai avec un taux de 1,73 % des mollusques identifiés (figure 11).

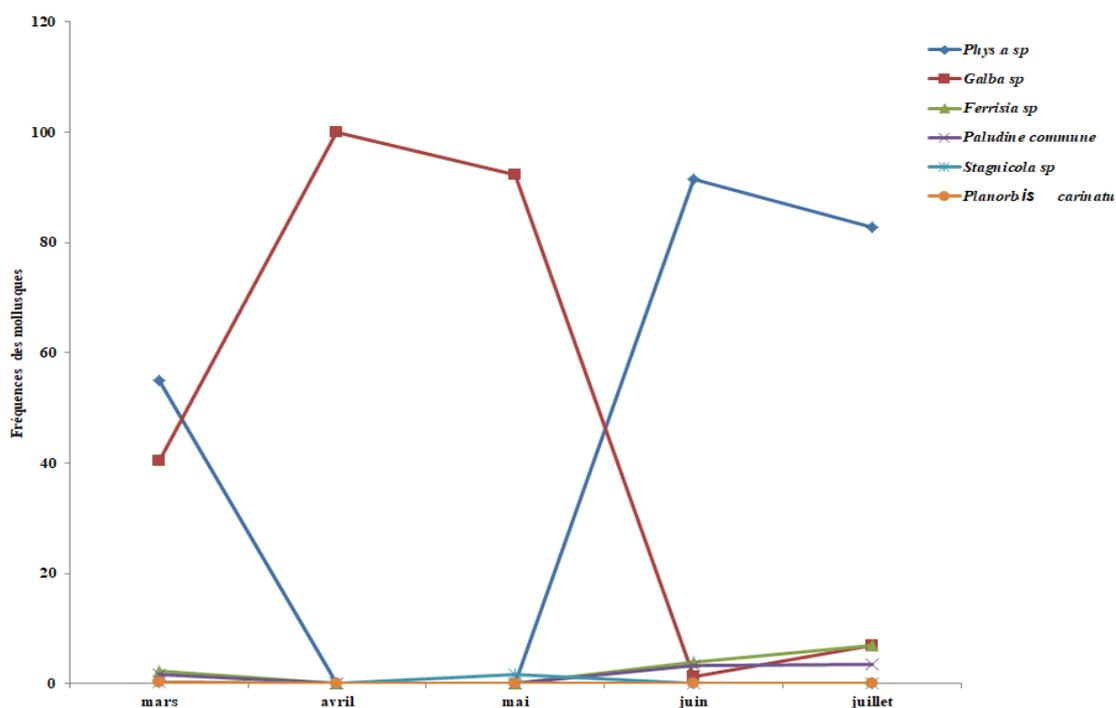


Figure 11 : Chronologie de distribution des mollusques au cours des mois d'étude à Soumâa.

1.3. Paramètres physicochimique de l'eau

Le tableau 10 montre les différents paramètres physicochimiques de l'eau au niveau du cours de Soumâa au cours de 3 mois d'étude. Le laboratoire de l'analyse de l'eau épique algérienne des eaux ont accepté de nous faire cette partie de notre étude. Cependant, l'analyse de l'eau a été faite de mars à mai, le manque de réactifs nous a permis de poursuivre ces analyses. Les différents paramètres étudiés montrent que la qualité physico chimique de l'eau est excellente. Tous les paramètres évalués sont normaux parfois en dessous des normes comme montre les chlorures et l'alcalinité en mars et avril (tableau 10).

Les nitrites et les nitrates sont les deux paramètres utilisés pour l'évaluation du niveau de pollution de l'environnement. Les nitrites ainsi que les orthophosphates sont inférieures à 0,01 (tableau 10). En revanche, les nitrates sont inférieurs aux normes durant les 3 mois d'étude (tableau 10).

Tableau 10 : Paramètres physicochimiques de l'eau au niveau du cours d'eau de Soumâa.

	mars	Avril	Mai
pH	8,23	8,13	8,27
Conductivité	599	587	614
Alcalinité (bicarbonate)	283,04	281,3	294,2
Chlorure	21,27	20,9	23,8
Nitrite	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrate	2,34	2,19	2,44
Calcium	87,98	85,73	94,7
Orthophosphates	<0,01	<0,01	<0,01

1.4. Végétaux aquatiques

Le tableau 11 montre les différents végétaux collectés au niveau du cours d'eau de Soumâa. Tous les végétaux ainsi que les algues ont été identifiés durant les 5 mois d'étude (tableau 11). Excepté *Nasturtium officinale* et *Anagallis arvensis* ont été absentes de mai à juillet (tableau 11). *Rumex crispus*, *Crepis vesicaria*, *Marrubium vulgare*, *Anagallis arvensis* et *Plantago lagopus* n'ont pas été retrouvés en juillet dans le cours de Soumâa (tableau 11).

Tableau 11 : Végétaux collectés dans le cours d'eau de Soumâa au cours des mois d'étude.

Végétation	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
Algues	1	1	1	1	1
<i>Stachys ocymastrum</i>	1	1	1	1	1
<i>Rubus fruticosus</i>	1	1	1	1	1
<i>Rumex crispus</i>	1	1	1	1	0
<i>Crepis vesicaria</i>	1	1	1	1	0
<i>Marrubium vulgare</i>	1	1	1	1	0
<i>Anagallis arvensis</i>	1	1	0	0	0
<i>Plantago lagopus</i>	1	1	1	1	0
<i>Borago officinalis</i>	1	1	1	1	1
<i>Nasturtium officinale</i>	1	1	0	0	0

1 : présent ; 0 : absent

2. Site de Koubania

2.1. Identification de mollusques

Nous avons collecté 63 mollusques à Koubania durant le mois de mars et juillet. Il a été identifié 4 espèces de mollusques à Koubania par ordre décroissants sont *Physa sp*, *Galba sp*, *Ferrissia sp* et *Planorbis corneus* (figure 12). *Physa sp* est le mollusque le plus dominant comparativement *Galba sp*, *Ferrissia sp* et *Planorbis corneus* ($p < 0,01$). Le nombre de mollusques collecté dans boue est plus élevé ($p < 0,001$) par rapport à ceux collectés sur les végétaux (figure 12). Le nombre de *Physa sp* a été significativement plus élevé ($p < 0,001$) au niveau de la boue que sur les végétaux (figure 12). Un nombre réduit de *Planorbis corneus* a été retrouvé au niveau de la boue (figure 12). Le nombre de *Ferrissia sp* est plus élevé ($p > 0,05$) sur les végétaux par rapport à la boue (figure 12).

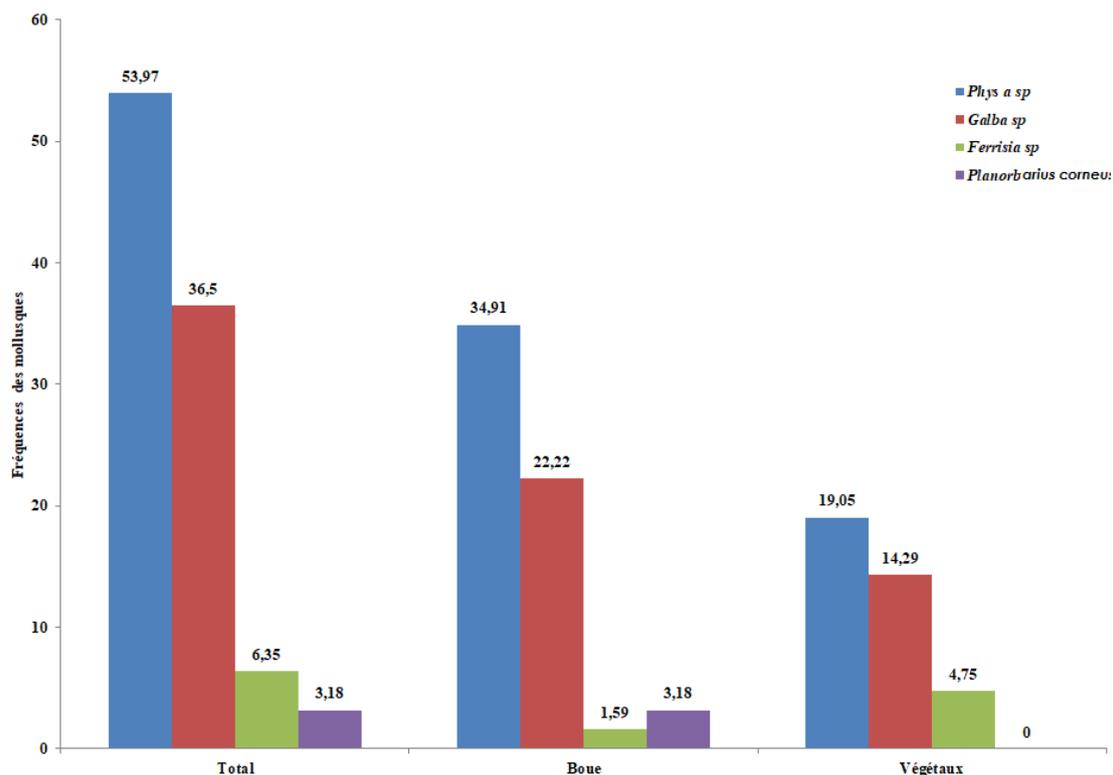


Figure 12 : Fréquences des différents mollusques collectés à Koubania.

2.2. Cinétique des mollusques au cours des mois d'étude

Le tableau 12 montre la distribution des mollusques au cours des deux mois de collecte. Le taux de *Physa sp* est élevé en juillet par rapport à mars ($p < 0,001$) et le taux de *Ferrissia sp* est élevé en juillet par rapport à mars (tableau 12). *Galba sp* et *Planorbarius corneus* n'ont pas été retrouvés au cours du mois de juillet (tableau 12).

Tableau 12 : Fréquence de distribution chronologique des mollusques en mars et juillet à Koubania.

	<i>Physa sp</i>	<i>Galba sp</i>	<i>Ferrissia sp</i>	<i>Planorbarius corneus</i>
Mars (%)	12,69	36,5	1,58	3,17
Juillet (%)	41,26	0	4,76	0

2.3. Paramètres physicochimique de l'eau

Les paramètres physicochimiques de l'eau au niveau du cours de Koubania sont : Ph : 7,79, conductivité : 1340, alcalinité : 363,56, chlorures : 127,63, nitrate : 2,3, nitrites : <0,01, calcium : 144,54 et Orthophosphahate <0,01. La qualité physicochimique de l'eau à Koubania est très bonne. Les nitrates sont de 2,3 et les nitrites ainsi que les orthophosphates sont inférieures à 0,01 ceci témoigne de l'absence de pollution.

2.4. Végétaux aquatiques

Les différents végétaux collectés à Koubania au cours de mars et juillet sont mis en exergues dans le tableau 13. On remarque les *Stachys ocymastrum*, *Crepis vesicaria*, *Anagallis arvensis* n'ont pas récolté au de juillet (tableau 13).

Tableau 13 : Végétaux collectés au niveau du cours d'eau de Koubania au cours des mois d'étude.

Végétation	Mars	Juillet
Algues	1	1
<i>Stachys ocymastrum</i>	1	0
<i>Rubus fruticosus</i>	1	1
<i>Crepis vesicaria</i>	1	0
<i>Marrubium vulgare</i>	1	1
<i>Anagallis arvensis</i>	1	0
<i>Plantago lagopus</i>	1	1
<i>Nasturtium officinale</i>	1	1
<i>Saccharum officinarum</i>	1	1
<i>Juncus effusus</i>	1	1
<i>Cynodon incompletus</i>	1	1

1: présent, 0: absent

3. Site de Nhaoua

3.1. Identification de mollusques

La figure 13 montre les fréquences des différentes espèces de mollusques identifiés à Nhaoua. Le taux de collecte de *Physa sp* est significativement plus dominant ($p < 0,001$) à Nhaoua par rapport aux autres espèces (figure 13). Le taux de *Galba sp* et *Acroloxus sp* est statistiquement plus significatif ($p < 0,001$) par rapport à *Ferrissia sp* (figure 13). Le taux de *Physa sp*, de *Galba sp* et de *Ferrissia sp* sont significativement plus élevés ($p < 0,001$) dans la boue comparativement au végétaux (figure 13). Le taux de *Planorbis carinatus* et *Acroloxus sp* ont été retrouvés seulement dans la boue (figure 13).

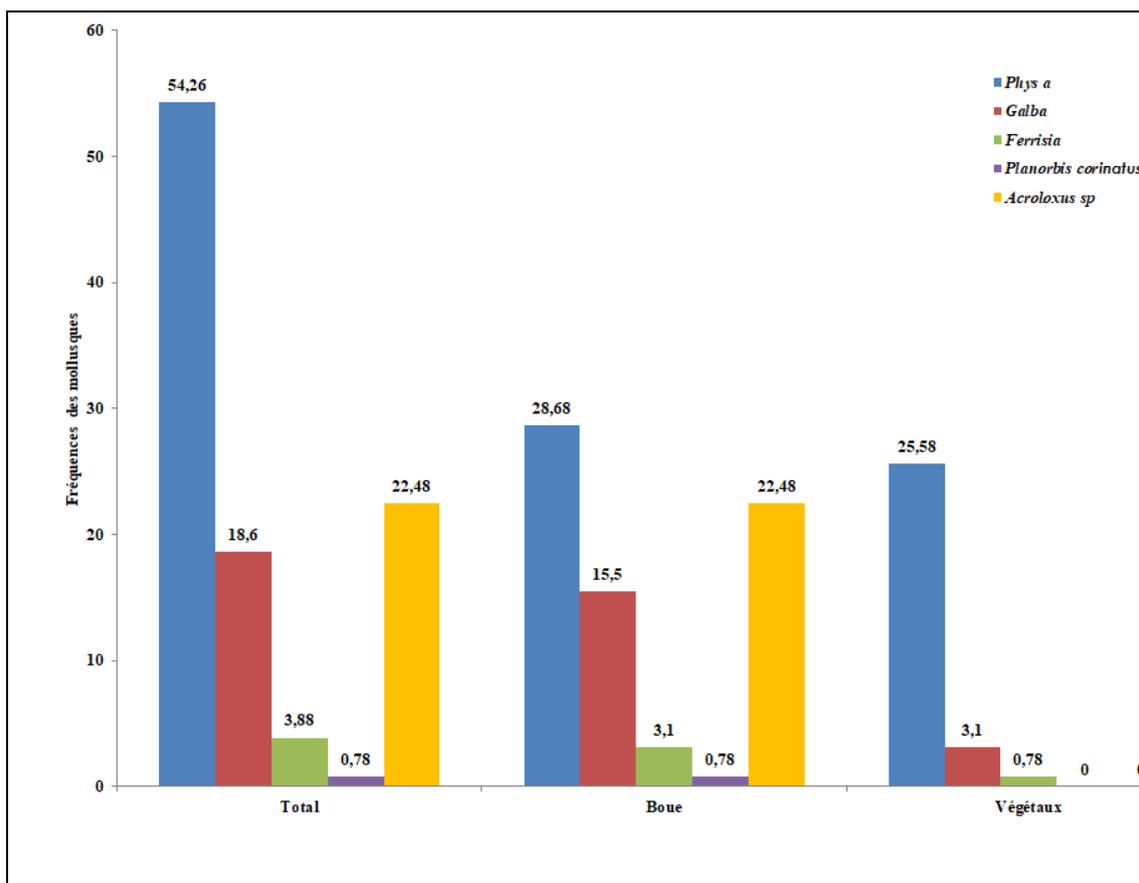


Figure 13 : Fréquences des différents mollusques collectés à Nhaoua.

3.2. Cinétique des mollusques au cours des mois d'étude

La distribution chronologique des mollusques au cours de mars et juillet à Nhaoua est présentée dans le tableau 14. La fréquence de *Physa sp* est plus élevée ($p < 0,001$) que celle de *Galba sp* (tableau 14). La fréquence de *Acroloxus sp* est plus élevée en juillet par rapport à mars (tableau 14). *Galba sp* et *Planorbis carinatus* n'ont pas retrouvé en juillet. Les fréquences de *Ferrissia sp*, *Planorbis carinatus* et *Acroloxus* sont très basse en mars (tableau 14).

Tableau 14 : Fréquence de distribution chronologique des mollusques au cours de mars et juillet à Nhaoua.

	<i>Physa sp</i>	<i>Galba sp</i>	<i>Ferrissia sp</i>	<i>Planorbis carinatus</i>	<i>Acroloxus sp</i>
Mars	44,96	18,6	3,1	0,78	2,33
Juillet	9,3	0	0,78	0	20,15

3.3. Paramètres physicochimique de l'eau

Les paramètres physicochimiques de l'eau au niveau du cours de Nhaoua sont : Ph : 8,02, conductivité : 1118, alcalinité : 424,56 chlorures : 96,43, nitrate : 0,8, nitrites : $< 0,01$, calcium : 131,97 et Orthophosphate $< 0,01$. Selon les paramètres physicochimiques de l'eau au niveau du cours d'eau à Nhaoua, la qualité biologique est très bonne. Les nitrates sont de 0,8 et les nitrites ainsi que les orthophosphates sont inférieures à 0,01 ceci témoigne de l'absence de pollution.

3.4. Végétaux aquatiques

Le tableau 15 montre les différents végétaux collectés à Nhaoua au cours de mars et juillet. *Stachys ocymastrum*, *Scorpiurus vermiculatus* et *Portulaca oleracea* n'ont pas été collectés en juillet (tableau 15).

Tableau 15 : Végétaux collectés au niveau du cours d'eau de Nhaoua au cours des mois d'étude.

Végétation	Mars	Juillet
Algues	1	1
<i>Stachys ocymastrum</i>	1	0
<i>Rubus fruticosus</i>	1	1
<i>Marrubium vulgare</i>	1	1
<i>Plantago lagopus</i>	1	1
<i>Scorpiurus vermiculatus</i>	1	0
<i>Saccharum officinarum</i>	1	1
<i>Juncus effusus</i>	1	1
<i>Portulaca oleracea</i>	1	0

1: présent, 0: absent

Discussion

La connaissance et l'identification des mollusques aquatiques est d'un intérêt capital, pour la santé public et animale, ils sont hôtes intermédiaires de trématodes parasite de l'homme et des animaux (Dreyfuss *et al.*, 2003). Nous avons identifié 6 mollusques aquatiques susceptibles d'être des vecteurs de Trématodes dans la région de Blida. *Physa sp* (figure 14), *Galba sp* (figure 17), *Ferrissia sp* (figure 21) et *Planorbis carinatus* (figure 16) ont été collecté dans les trois sites d'études. En revanche, *Stagnicola sp* (figure 18) et *Paludine commune* (figure 15) ont été retrouvé seulement à Soumâa et *Planorbis corneus* (figure 20) a été retrouvé à Koubania et Nhaoua. La différence dans la faune des mollusques, à Soumâa, Nhaoua et Koubania, est probablement due aux pluies diluviennes d'avril à juin, ses pluies ont été accompagnées de fortes érosions qui ont provoqué la surcharge en terre du lit des cours d'eau de Koubania et Nhaoua. Cette surcharge a enfoui les mollusques sous 0,5 à 1 m de terre et empêche la réalisation de nos prélèvement au cours de ces 3 mois d'étude.

Mouthon (1982) stipule que la distribution des mollusques aquatiques est influencé par plusieurs facteurs notamment l'intervention d'organismes vecteurs vertébrés (Homme, oiseaux, poissons etc.....), invertébrés (insectes etc...), les crues et les inondations. Nous avons collecté les mêmes mollusques au niveau des 4 points d'échantillonnages. Et un spécimen de *Stagnicola sp* a été identifié en mars à Soumâa et *Acroloxus sp* (figure 19) ont été identifié à Nhaoua.

Les combinaisons de chlorure, d'alcalinité, de calcium, l'état nutritionnel et le caractère de la végétation semblent avoir une influence importante sur leur répartition des mollusques aquatiques (Watson et Ormerod, 2004). Les Mollusques semblent plus affectés par la pollution que les organismes plus rhéophiles. A l'intérieur de l'Embranchement, on constate que les Sphaeriidae et les Prosobranches sont polluosensibles (Mouthon, 1958). Les résultats physicochimiques montrent que la qualité de l'eau (pollution) est bonne. Et les paramètres tel que le les nitrates, les nitrites et les orthophospahtes sont inférieure aux normes recommandé par l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2011). Le ph de l'eau reste élevé, 7,79 à 8,28, au niveau des 3 sites d'étude. Il est probable que le taux faible des mollusques (*Ferrissia*, *Paludine commune*, *Stagnicola sp*, *Planorbis carinatus*, *Acroloxus sp*), collecté durant la période d'étude soit dû à l'effet négatif du ph basique. En revanche, *Galba* a été identifié avec une forte fréquence dans ces eaux basiques alors qu'en Europe, ce mollusque préfère les eaux acides (Long *et al.*, 1997).

Le taxon joue un rôle important sur sa localisation du mollusque dans son gîte naturel. Nous avons collectés *Physa sp*, *Galba sp*, *Planorbis corneus*, *Planorbis sp*, *Paludine commune*, *Stagnicola sp* ont été collectés aussi bien dans la boue que sur les végétaux. Mouthon (1982) rapporte que ces taxons vivent aussi bien dans la boue que sur les végétaux. Par contre, *Ferrissia sp* et *Acroloxus sp* ont une préférence pour les tiges et feuilles des végétaux aquatiques similaire aux résultats rapportés par Watson et Ormerod (2004). Il existe de fortes relations entre la distribution des

escargots et les macrophytes et les escargots utilisent des plantes pour la ponte, pour accéder à la surface pour la respiration et comme refuge contre la prédation (Marklund *et al.*, 2001). L'architecture et la morphologie générales des plantes jouent probablement un rôle plus important dans la détermination de la distribution des mollusques que les associations précises entre plantes et gastéropodes (Watson et Ormerod, 2004).

En Afrique du Nord, La saison joue un rôle important dans la prévalence des mollusques dans leurs gîtes naturels. La fréquence des mollusques a été élevée d'avril à juillet avec un maximum en juin et juillet (Gaud, 1958). A cause des pluies diluviennes enregistrées d'avril à mai, nous n'avons pas obtenu la distribution réelle des mollusques au cours de la période d'étude pour les sites de Koubania et Nhaoua (tableau 12 et 14). En revanche, l'activité de *Physa sp* a été maximum en en juin et juillet à Soumâa similaire aux résultats rapporté par Gaud (1958). Par contre *Galba sp* avait une activité maximal en avril et mai. Les autres mollusques ont présenté une activité similaire de mars à juin avec une légère activité en juillet (figure 11).

Il a été identifié 8 genres et espèces de mollusques. Le genre *Galba* est susceptible d'être HI de *Fasciola Hepatica* dans certaines en Amérique du sud (Caron *et al.*, 2017). *Stagnicola* et *Physa*, *Acroloxus* sont vecteurs d'*Echinostoma sp* chez les oiseaux aquatiques (Mekhraliev, 1978). *Planorbis* est HI de *Paramphistumum* (Bowmann, 2014).



Figure 14. *Physa sp* (Original, 2018)



Figure 15. *Paludine commune* (Original, 2018)



Figure 16. *Planorbis carinatus* (Original, 2018)



Figure 17. *Galba sp* (Original, 2018)



Figure 18. *Stagnicola sp* (Original, 2018)



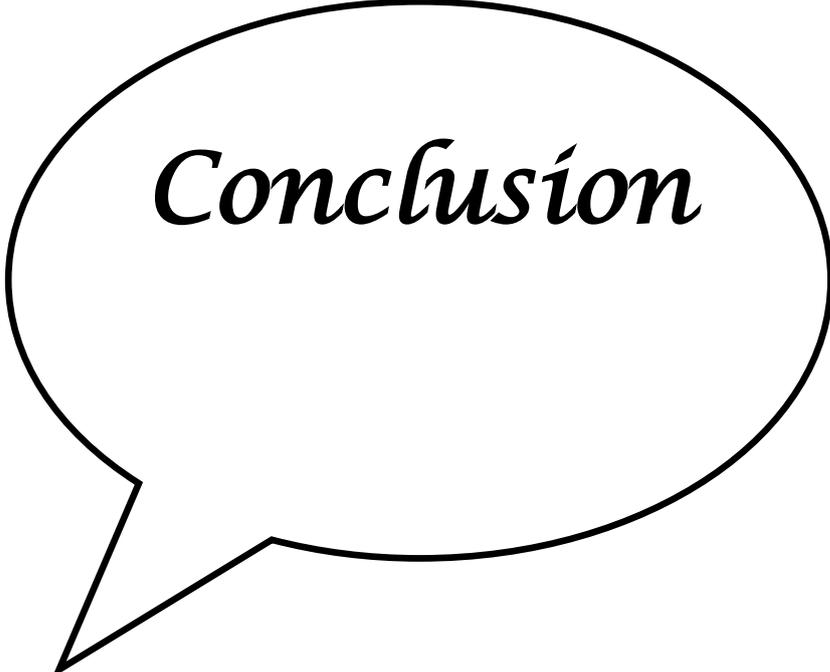
Figure 19. *Acroloxus sp* (Original, 2018)



Figure 20. *Planorbarius corneus* (Original, 2018)

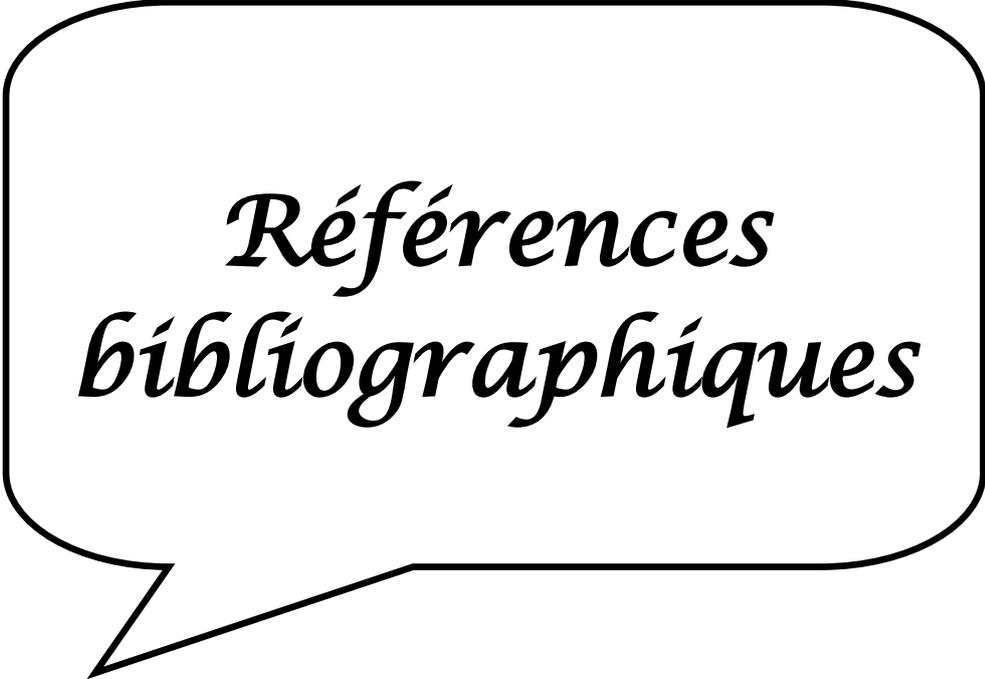


Figure 21. *Ferrissia sp* (Original, 2018)



Conclusion

Au cours de cette étude, nous avons répertorié 8 mollusques aquatiques de la région de Metidja. Par manque d'une clé dichotomique algérienne, nous avons fait une identification de nos mollusques sur la base d'une clé dichotomique britannique et nous avons utilisé les mêmes noms d'espèce décrits dans cette clé. Ces genres que nous avons décrits sont probablement des espèces : *Galba truncatula*, *Physa metidjensis*, *Planorbis metidjensis*, *Paludine metidjensis*, *Planorbarius metidjensis*. Il est souhaitable à l'avenir de poursuivre ce travail avec des clés Nord-africaine afin de répertorier les différents mollusques et surtout ceux qui susceptible d'être des hôtes intermédiaires de trématodes importants en santé animale et humaine.



*Références
bibliographiques*

1. **Acha P.N ; Szyfres B. 1989.** Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux. 2ème éd. Office international des Epizooties, Paris, 1063.
2. **Adam W., 1960.** Faune de Belgique. Mollusques 1 - Mollusques terrestres et dulcicoles. Institut royal des Sciences naturelles, Bruxelles, Belgique, 402.
3. **Alisa M, Watson S, Ormerod J. 2005.** The distribution and conservation of threatened Sphaeriidae on British grazing marshland. *Biodiversity and Conservation* 14: 2207–2220.
4. **Amazzi L ; Yacoubi B ; Rondelaud D ; Moukrim A ; Zekhnini A.1997.** Les effets d'un assèchement expérimental sur les formes larvaires de *Schistosoma haematobium* chez *Planorbarius metidjensis* Forbes. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie*, 5(2), 185-191.
5. **Augot D ; Abrous M ; Rondelaud D ; Dreyfuss G. 1996.** Paramphistomum daubneyi and *Fasciola hepatica* : the redial burden and cercarial shedding in *Lymnaea truncatula* subjected to successive unimiracial exposures. *Parasitology Research*, 82, 623-627.
6. **Azevedo J. Fraga de Medeiros Lídia do Carmo M. de 1959.** Bases pour la classification des Gastéropodes pulmonés d'eau douce : sur la nécessité d'uniformiser les méthodes de classification. *Acta Tropica*, 16, 38-62
7. **Baluku B. et Bagalwa M. 1999.** Problèmes posés par les Bilharzioses en République Démocratique du Congo. Disponible sur le site : <http://www.gradslacs.net/doc/2213.pdf> (Page consultée en Juin 2018).
8. **Bowman D.D. 2014.** Helminths. In: Georgi's Parasitology for veterinarians. 10^{ème} édition. Sunder company, London. 122-240.
9. **Brown D.S. 1994.** Freshwater snails of Africa and their medical importance, 2^e éd. Taylor and Francis Ltd., London, 606.
10. **Caron Y, Celi-Eraza M, Hurtrez-Boussès S, Lounnas M, Jean-Pierre Pointier JP, Saegerman C, Losson B, Benítez-Ortíz W. 2017.** Is *Galba schirazensis* (Mollusca, Gastropoda) an intermediate host of *Fasciola hepatica* (Trematoda, Digenea) in Ecuador? *Parasite*, doi.org/10.1051/parasite/2017026
11. **Cuvier G, 1795.** Second Mémoire sur l'organisation et les rapports des animaux à sang blanc, dans lequel on traite de la structure des Mollusques et de leur division en ordre, lu à la société d'Histoire Naturelle de Paris, le 11 prairial an troisième, *Magazin Encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts*, 433-449 .
12. **Dejoux C. 1975.** Action du molluscicide « Frescon » sur certains éléments de la faune non cible des lacs tropicaux. Disponible sur le site : http://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/cahiers/entomo/19.pdf (Page consultée en Juin 2018).

13. **Diaw O.T ; Seye M ; Sarr Y.1989.** Résistance à la sécheresse de Mollusques du genre *Bulinus* vecteurs de trématodoses humaines et animales au Sénégal. II. Etude dans les conditions naturelles en zone Nord-soudanienne. Écologie et résistance à la sécheresse de *Bulinus umblicatus* et *B. senegalensis*. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop*, 42 (2) : 177-187.
14. **Djuikwo Nouboue F.2005.** Les couples *Bulins/Schistosoma haematobium* : Compatibilité, chronologie cercarienne et action du parasite sur la croissance, la fécondité et l'immunisation des hôtes intermédiaires. Thèse Doct. ^{3ème} cycle de Biologie Animale Science. Université de Yaoundé I, 89.
15. **Dreyfuss G ; Vignoles P ; Rondelaud D.2000.** Variability of *Fasciola hepatica* infection in *Lymnaea ovata* in relation to snail population and snail age. *Parasitology Research*, 86, 69-73.
16. **Dreyfuss, G., Rondelaud, D., 2003.** Les mollusques dans la transmission des helminthoses humaines et vétérinaires. 02_dreyfuss_C2-Bastien. 1-13.
17. **Dreyfuss, G., Rondelaud, D., 2011.** Les mollusques dans la transmission des helminthoses humaines et vétérinaires. 02_dreyfuss_C2-Bastien. 1-13.
18. **Duncan C.J. 1975.** Reproduction. In :Pulmonates. Vol.1 : Functional anatomy and physiology. Fretter V. & Peake J. (Eds). Academic Press, London/New York/San Francisco, 309-365.
19. **Dusoulier F, 2011.** « L'herbier d'oiseaux du Musée départemental des Hautes-Alpes (Gap), une collection patrimoniale singulière et méconnue », *Bulletin de la Société d'études des Hautes-Alpes* . 83-108.
20. **El Sawy M.F ; Duncan J ; Amer S ; El Ruweini H ; Brown N ; Hills M.1987.** The molluscicidal properties of *Ambrosia maritima* L. (compositae). III : A comparative field trial using dry and freshly-harvested plant material. *Tropical Medicine and Parasitology*, 38(2), 101-105.
21. **Euzeby J. 1971.** Les maladies vermineuses des animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine. Tome II : Maladies dues aux Plathelminthes. Fasc.2 : Trématodes. Livre1 : Généralités. Distomatoses hépatobiliaires. Vigot Frères(Eds), Paris, 798.
22. **Eversham B. 2013.** Identifying Fresh water Molluscs. United Kingdom.1-8.
23. **Fain A, 1990.** Helminthologie médicale. Institut de Médecine Tropicale. Laboratoire de zoologie médicale. Antwerpen, Belgique. 1-86.
24. **FAO. 1993.** Savoirs traditionnels et biodiversité. Disponible sur le site : <http://www.fao.org/DOCREP/004/V1430F03.htm> (Page consultée en Juin 2018).
25. **FUNASA . 2013.** Manuel pratique d'analyse de l'eau/National Health Foundation – 4. ed. – Brasilia, 41-68.
26. **Gaud J. 1958.** Rythmes biologiques des mollusques vecteurs des bilharzioses. *Bull. Organisation mondiale de la Santé*, 18, 751-769.

27. **Gerard C ; Theron A. 1995.** Spatial interaction between parasite and host within the *Biomphalaria glabrata/ Schistosoma mansoni* system : influence of host size at infection time. *Parasite*, 2(4), 345-350.
28. **Hammou L ; Eline B.2002.** Rôle des paramètres de conception, de gestion et de maintenance des périmètres irrigués dans la transmission et la lutte contre la bilharziose au Maroc central. Disponible sur le site : <http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/print/e-docs/00/00/EB/33/article.md>
(Page consultée en Juin 2018).
29. **Hourdin P ; Rondelaud D. 1993.** Etude des lésions tissulaires chez *Bulinus truncatus* Audoin soumis à des expositions plurimiracidiennes et présentant une infestation abortive. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie*, 11(1), 55-61.
30. **Houseman J.G. 2000.** Les mollusques. Disponible sur le site : <http://simulium.bio.uottawa.ca/bio2525/labo/protocoles/mollusca.pdf>
(Page consulté en Juin 2018).
31. **John et Watson, 1965.** Malacology general. *In* : An Introduction to Parasitology. Heinmann William eds, Medica Books LTD, London, 169-171.
32. **Kerharo J et Adam J.G. 1964.** Les plantes médicinales, toxiques et magiques des Niominka et des Socé des Iles du Saloum(Sénégal), *Acta tropica*, Suppl.8, 279-334.
33. **Kumar V. 1999.** Trematodes infections and diseases of man and animals. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht/Boston/London, 1-13.
34. **Long, E.R. & Nilson, C.J. 1997.** On the identification of toxic hot spots using measures of the sediment quality triad. *Environ. Toxicol. Chem.*, 34(6): 373-374.
35. **Malek E.A. 1962.** Laboratory guide and notes for medical malacology. Burgess Publishing Company, Minneapolis, USA , 154.
36. **Marklund O, Blindow I, Hargeby A. 2001.** Distribution and diel migration of macro-invertebrates within dense submerged vegetation. *Freshwater Biology* 46: 913–924.
37. **Mehlhorn H, 2008.** *Degenae*. *In*: Encyclopdedia of parasitology. Heinz Mehlorn (Eds).
38. **Mekhraliev AA. 1978.** *Acroloxus lacustris* (fam. Ancyliidae) as a new intermediate trematode host in the USSR. *Parazitologia*., 12, 121-125.
39. **Mendes N.M ; Baptista D.F ; de Vasconcellos M.C ; Schall V.T.1987.** Evaluation of molluscicidal properties of *Euphorbia splendens* var. *hislopilii* (N.E.B)- I. Experimental test in a lentic habitat. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 21-23.
40. **Michelet S. 1997.** Les générations rédienne d'une trématode *F. hepatica* Linné chez le mollusque hôte. Thèse Doct. Pharmacie, Limoges n 302, 97.

41. **Mott K.E. 1987.** Plant molluscicides. UNDP/World Bank/ WHO-TDR, 326.
42. **Moukrim A ; Rondelaud D. 1992.** Chronology of visceral lesions and correlation with the course of the parasite development in *Lymnaea truncatula* in single and dual infections by three trematodes species. Research and Review in Parasitology, 52, 39-45.
43. **Moukrim A ; Zekhnini A ; Rondelaud D. 1996.** *Schistosoma haematobium* : influence of the number of miracidia on several characteristics of infection in newborn *Planorbarius metidjensis*. Parasitology Research, 82, 267-269.
44. **Mouhon J. 1958.** Mollusques dulcicoles et pollutions biodégradables des cours d'eau : échelle de sensibilité des espèces, genres et familles. Ingénieries N° 26 : 3- 15.
45. **Mouthon J. 1982.** Les mollusques dulcicoles-Données biologiques et écologiques-Clés de détermination des principaux genres de bivalves et de gastéropodes de France. Knowledge and management of aquatic ecosystems. 1-27.
46. **Nozais J.P. 1996.** Traité de Parasitologie Médicale. Pradel éd. Paris, 817.
47. **Pandey V.S , Ziam H., 2003.** Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail; Europe et régions chaudes; volume 2. ed. / PC Lefèvre; J Blancou; R Chermette. Paris : Editions Tec & Doc; Cachan: Editions Médicales Internationales, 2003.1519-1537.
48. **Pandey V.S , Ziam H., 2010.** Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail; Europe et régions chaudes; volume 2. ed. / PC Lefèvre; J Blancou; R Chermette. Paris : Editions Tec & Doc; Cachan: Editions Médicales Internationales, 2003.1519-1537.
49. **Preston T.M ; Southgate V.R. 1994.** The species specificity of *Bulinus-Schistosoma* interactions. Parasitology Today 10(2).69-73.
50. **Preveraud-Sindou M ; Sindou P ; Rondelaud D.1989.** Nouvelles observations sur l'attraction des miracidiums de *Fasciola hepatica* par plusieurs espèces de Limnées. Bulletin de la Société Française de Parasitologie (1), 55-60.
51. **Provancher L. 1938.** Les mollusques-Leur rang dans la série des êtres vivants. In : *In* : Les mollusques de la province de Québec, première partie : Les Céphalopodes, Ptéropodes et Gastropodes. 1ère édition. Atelier Typographie C. Darveau, Québec, 7-12.
52. **Redding T.A ; Midlen AB. 1992.** Lutte contre les maladies dans les canaux d'irrigation. Disponible sur le site : <http://www.fao.org/docrep/003/T0401F/T0401F05.htm> (Page consultée en Juin 2018).
53. **Ribert C. 1998.** Epidémiologie des Maladies Parasitaires. Tome 2 : Helminthoses. Editions Médicales Internationales, 562.

- 54. Rondelaud D. 1975.** La prédation de *Lymnaea (Galba) truncatula* Muller par *Zonitoides nitidus* Muller, moyen de lutte biologique. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, 50, 55-61.
- 55. Rondelaud D. 1977.** L'évolution de *Lymnaea truncatula* en Haute-Vienne. Annales de Parasitologie Humaine et Comparée, 52, 511-520.
- 56. Rondelaud D. 1994.** Fasciola hepatica : the infection rate and the development of redial generation in *Lymnaea truncatula* exposed to miracidia after experimental dessication and activation in water. Journal of Helminthology, 68, 63-66.
- 57. Rondelaud D. 1995.** The characteristics of redial generations in *Lymnaea truncatula* exposed to Fasciola hepatica miracidia after poisoning by sublethal doses of cupric chloride. Veterinary Research, 26, 21-26.
- 58. Rondelaud D ; Abrous M ; Dreyfuss G. 2002.** The influence of different food sources on cercarial production in *Lymnaea truncatula* experimentally infected with Digenea. Veterinary Research, 33, 95-100.
- 59. Rondelaud D., Dreyfuss G., Cabaret J. 2003.** Mollusques d'intérêt vétérinaire. In : In: P.C. Lefèvre, J. Blancou, R. Chermette et G. Uilenberg (Eds). Infection and Parasitic Diseases of Livestock. Bacterial Disease Fungal Disease Parasitic Disease. Lavoisier, TEC & DOC, EM Inter, Paris, 177-193.
- 60. Rondelaud D, Hourdin P, Vignoles P, Dreyfuss G. 2009.** Peut-on détecter les habitats d'un mollusque : *Galba truncatula* (Gastéropodes, Lymnaeidae) à l'aide de plantes indicatrices sur les sols acides du Limousin ? Annales Scientifiques du Limousin, 20.
- 61. Rondelaud D., Dreyfuss G., Cabaret J. 2010.** Molluscs of veterinary importance In : In: P.C. Lefèvre, J. Blancou, R. Chermette et G. Uilenberg (Eds). Infection and Parasitic Diseases of Livestock. Lavoisier, TEC & DOC, EM Inter, Paris, 195-210.
- 62. Ruellan L ; Rondelaud D. 1993.** Les caractéristiques de générations chez *Lymnaea truncatula* Muller infesté d'une iridovirose et *Fasciola hepatica* L. Bulletin de la Société Française de Parasitologie, 11, 71-78.
- 63. Shiff C.J. 1994.** Molluscan defense mechanisms : immunity or population biology ? Parasitology Today (5), 188-89.
- 64. Schilegel L ; Pointer J.P ; Petitjean-Roget V ; Nadeau Y ; Blateau A ; Mansuy J.M. 1997.** Le contrôle de la schistosomiase intestinale de l'île de la Martinique. Parasite, 4, 217-225.
- 65. Sindou P ; Rondelaud D ; Barthe D. 1988.** Etude des lésions viscérales chez les limnées tronquées soumises à des infestations plurimiracidieuses. Bulletin de la Société Française de Parasitologie (1), 101-104.
- 66. Soulsby E.J.L. 1982.** Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals, 7th Ed., Baillière Tindall (Ed), London, 809.

67. **Van der Knaap W.P.W ; Loker E.S. 1990.** Immune mechanisms in Trematode-snail interactions. *Parasitology Today*, 6 (6), 175-182.
68. **Vareille-Morel C ; Esclaire F ; Hourdin P ; Rondelaud D. 1993.** Internal metacercarial cysts of *Fasciola hepatica* in the pulmonate snail *Lymnaea truncatula*. *Parasitology Research*, 79, 259-260.
69. **Vignoles P ; Alarion N ; Bellet V ; Dreyfuss G ; Rondelaud D.2006.** A 6- to 8-day periodicity in cercarial shedding occurred in some *Galba truncatula* experimentally infected with *Fasciola hepatica*. *Parasitology Research*, 98, 385-388.
70. **Vignoles P ; Dreyfuss G ; Cledat D ; Debord J ; Penicaud B ; Rondelaud D.1990.** Lutte antivectorielle dans la distomatose à *Fasciola hepatica* L. I. Relation structure/activité quantitative de composés molluscicides sur *Lymnaea peregra ovata* Muller. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie*, 8(1), 119-125.
71. **Vignoles P ; Dreyfuss G ; Cledat D ; Debord J ; Penicaud B ; Rondelaud D.1990.** Lutte antivectorielle dans la distomatose à *Fasciola hepatica* L. II.Toxicité in vitro de quelques dérivés molluscicides de benzo-2-nitro-5-thiazole sur *Gammarus pulex* L. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie*, 8(2), 271-276.
72. **Walravens E. 2008.** *Bithynia tentaculata*. . Disponible sur le site : <http://www.afblum.be/bioafb/especes/mollusqu/bithten1.jpg> (Page consultée en Juin 2018).
73. **Watson S, Ormerod J. 2004.** The microdistribution of three uncommon freshwater gastropods in the drainage ditches of British grazing marshes. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14: 221–236.
74. **WHO/FAO. 1996.** Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva. World Health Organization, Joint FAO/WHO Expert Committee on food additives (WHO Food Additives Series N°35).
75. **WHO. 2011.** Nitrate and Nitrite in Drinking-water. Background document for development of WHO. Guidelines for drinking-water quality. 23.
76. **Yacoubi B ; Zekhnini ; Dreyfuss G ; Rondelaud D ; Moukrim A .1999.** Les perturbations lors des émissions cercariennes de *Schistosoma haematobium* à partir de *Planorbarius metidjensis* soumis à un assèchement et à une ré-immersion du milieu de vie. *Bulletin de la Société Française de Parasitologie*, 17, 43-49.