

UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE PHARMACIE



ANNEE 2007

THESE N° ~~375~~

3328/1

**LES MOLLUSQUES D'INTERET MEDICAL ET
VETERINAIRE :
ETAT DE LA QUESTION EN 2006**

THESE

POUR LE

**DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

Présentée et soutenue publiquement le 3 juillet 2007 à Limoges

par

SCD UNIV.LIMOGES



D 035 176121 4

Sandra MEUNIER

Née le 1^{er} février 1982 à Limoges (Haute-Vienne)

EXAMINATEURS de la THESE

Monsieur le Professeur DREYFUSS.....Président
Madame le Professeur DARDE, *PU-PH*.....Juge
Monsieur le Docteur RONDELAUD, *MCU-PH*..... Juge
Madame DARON, *Docteur en Pharmacie*.....Juge

UNIVERSITE DE LIMOGES
FACULTE DE PHARMACIE

Liste des membres du corps enseignant de la faculté

01/09/2006

DOYEN DE LA FACULTE : Monsieur le Professeur Gérard HABRIOUX
ASSESEUR : Madame le Professeur Dominique CHULIA
ASSESEUR : Monsieur Francis COMBY

<u>PROFESSEURS :</u> BENEYTOU Jean-Louis	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
BOTINEAU Michel	BOTANIQUE et CRYPTOLOGAMIE
BROSSARD Claude	PHARMACOTECHNIE
BUXERAUD Jacques	CHIMIE ORGANIQUE CHIMIE THERAPEUTIQUE
CARDOT Philippe	CHIMIE ANALYTIQUE
CHULIA Albert	PHARMACOGNOSIE
CHULIA Dominique	PHARMACOTECHNIE
DELAGÉ Christiane	CHIMIE GENERALE ET MINERALE
DESMOULIERE Alexis	PHYSIOLOGIE
DREYFUSS Gilles	PARASITOLOGIE - MYCOLOGIE
DUROUX Jean-Luc	PHYSIQUE – BIOPHYSIQUE
HABRIOUX Gérard	BIOCHIMIE FONDAMENTALE
LACHATRE Gérard	TOXICOLOGIE
MOESCH Christian	HYGIENE HYDROLOGIE ENVIRONNEMENT
LOUDART Nicole	PHARMACODYNAMIE
ROGEZ Sylvie	BACTERIOLOGIE - VIROLOGIE

MAITRES DE CONFERENCES :

ALLAIS Daovy	PHARMACOGNOSIE
BASLY Jean-Philippe	CHIMIE ANALYTIQUE
BATTU Serge	CHIMIE ANALYTIQUE ET BROMATOLOGIE
CALLISTE Claude	BIOPHYSIQUE, MATHEMATIQUES, INFORMATIQUE
CARDI Patrice	PHYSIOLOGIE
CLEDAT Dominique	CHIMIE ANALYTIQUE
COMBY Francis	CHIMIE THERAPEUTIQUE
DELEBASSEE Sylvie	BACTERIOLOGIE - VIROLOGIE
DREYFUSS Marie-Françoise	CHIMIE ANALYTIQUE ET BROMATOLOGIE
FAGNERE Catherine	CHIMIE ORGANIQUE
FROISSARD Didier	BOTANIQUE et CRYPTOLOGIE
JAMBUT Anne-Catherine	CHIMIE THERAPEUTIQUE
LAGORCE Jean-François	CHIMIE ORGANIQUE
LARTIGUE Martine	PHARMACODYNAMIE
LIAGRE Bertrand	SCIENCES BIOLOGIQUES
LOFTI Hayat	TOXICOLOGIE
MARION-THORE Sandrine	CHIMIE THERAPEUTIQUE
MARRE-FOURNIER Françoise	BIOCHIMIE
MOREAU Jeanne	IMMUNOLOGIE
PARTOUCHE Christian	NEUROLOGIE, ENDOCRINOLOGIE
POUGET Christelle	PHARMACIE GALENIQUE
ROUSSEAU Annick	BIOMATHEMATIQUES
SIMON Alain	CHIMIE PHYSIQUE et CHIMIE MINERALE

TROUILLAS Patrick

BIOMATHEMATIQUES et INFORMATIQUE
PHARMACEUTIQUE

VIANA Marylène

PHARMACOTECHNIE

VIGNOLES Philippe

BIOMATHEMATIQUES

PROFESSEUR CERTIFIE :

MARBOUTY Jean-Michel

ANGLAIS

PROFESSEUR CERTIFIE :

BEGAUD-GRIMAUD Gaëlle

Scce M. le Prof. BOTINEAU

COURTIOUX Bertrand

Scce M. le Prof. DREYFUSS

LE JEUNE Anne-Hélène

Scce M. le Prof. BOTINEAU

MOUSSEAU Yoanne

Scce M. les Prof. DREYFUSS et MOESCH

SAMARA Maha

Scce Mme. le Prof. OUDART

YAHIAOUI Samir

Scce M. le Prof. BUXERAUD

AU JURY

*A Monsieur le Professeur G. DREYFUSS,
Professeur des universités de Parasitologie et Mycologie*

Pour l'honneur que vous me faites d'avoir accepté la
présidence de ce jury.

Je vous remercie pour votre disponibilité, votre écoute et
vos conseils avertis, apportés tout au long de mon cursus.

Veillez accepter l'expression de ma sincère gratitude et le
témoignage de mon profond respect.

*A Madame le Professeur M.L. DARDE,
Professeur des universités de Parasitologie et Mycologie,
Praticien Hospitalier*

Pour l'honneur que vous me faites de siéger dans ce jury.

Recevez mes remerciements les plus sincères.

*A Monsieur le Docteur D. RONDELAUD,
Maître de Conférences des universités de Cytologie et
Histologie,
Praticien Hospitalier*

Pour l'honneur que vous me faites d'avoir accepté d'être
membre du jury.

Veillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance la
plus sincère.

*A Madame F. DARON,
Docteur d'Etat en Pharmacie*

Vous avez toujours su me réserver le meilleur accueil et me
faire partager votre expérience.

En me faisant l'honneur de juger cette thèse, vous continuez
à me témoigner tout l'intérêt bienveillant que vous m'avez toujours
accordé durant mes études.

Je vous prie d'accepter toute ma reconnaissance ainsi que
mes remerciements les plus profonds.

JE DEDIE CETTE THESE :

A mes parents

Qui ont su me soutenir et m'encourager tout au long de mes études.

A Papa, pour mon surnom, Crépidule, qui m'a guidé vers ce sujet de thèse.

A mes grands parents

Pour vos encouragements.

A mon petit frère, Nicolas

Pour tes conseils judicieux.

A Edouard

Pour tes traductions, ton soutien et ta patience.

A Tata Liliane

Pour ton soutien logistique.

A Josette et à Claude

Pour votre connaissance de la langue française et de ses subtilités.

A mes amis

Pour tous les bons moments passés en votre compagnie sur les bancs de la faculté et tous ceux à venir.

Avec toute mon affection.

PLAN

INTRODUCTION

Chapitre 1 : Classification des Mollusques

1. Classification générale

- a. Classe des Aplacophores ou Solénogastres
- b. Classe des Polyplacophores ou Chitons
- c. Classe des Monoplacophores
- d. Classe des Gastéropodes
- e. Classe des Scaphopodes ou Solénoconques
- f. Classe des Lamellibranches ou Bivalves
- g. Classe des Céphalopodes

2. Classification des hôtes intermédiaires : les Gastéropodes

- a. Sous-classe des Streptoneures ou Prosobranches
- b. Sous-classe des Euthyneures

Chapitre 2 : Généralités sur les Gastéropodes

1. Généralités sur l'anatomie des Gastéropodes

- a. Coquille
- b. Pied
- c. Tête
- d. Masse viscérale
- e. Respiration

2. Habitat

3. Cycle biologique

4. Reproduction

5. Alimentation

6. Résistance

Chapitre 3 : Les Mollusques et le Parasitisme

1. Les parasites transmis

- a. Cas des Digènes
- b. Cas d'un Nématode

2. Développement larvaire chez le Mollusque

- a. Cas des Digènes
 - Les Miracidiums
 - Les Sporocystes et Rédies
 - Les Cercaires
- b. Cas d'un Nématode

3. Relation Mollusque / Parasite

- a. Cas des Digènes
 - Spécificité
 - Réussite de l'infestation
 - Emission cercarienne
 - Prévalence
 - Issue : la mort du mollusque
- b. Cas des Nématodes

4. Conséquence du parasitisme sur les Mollusques

- a. Cas des Digènes
 - Effets directs, indirects
 - Cas des pluri-infections
- b. Cas des Nématodes

Chapitre 4 : Contrôle des Mollusques dans leur habitat

1. Contrôle par voie chimique

- a. Molluscicides synthétiques
- b. Plantes à activité molluscicide

2. Contrôle par voie écologique

- a. Exemple réalisé dans la région de Tessaout Amont au Maroc
- b. Les différentes méthodes utilisées

3. Contrôle par voie biologique

- a. Les mollusques en compétition avec les hôtes intermédiaires
- b. Les prédateurs
- c. L'emploi de Digènes utilisant les mêmes hôtes intermédiaires

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

Les mollusques sont des métazoaires coelomates, prostomiens, hygoneuriens dont la symétrie bilatérale fondamentale n'est altérée que chez les Gastéropodes. 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 la locomotion et la masse viscérale dorsale généralement enveloppée par une tunique ou manteau qui sécrète une coquille calcaire (Figure n°1).

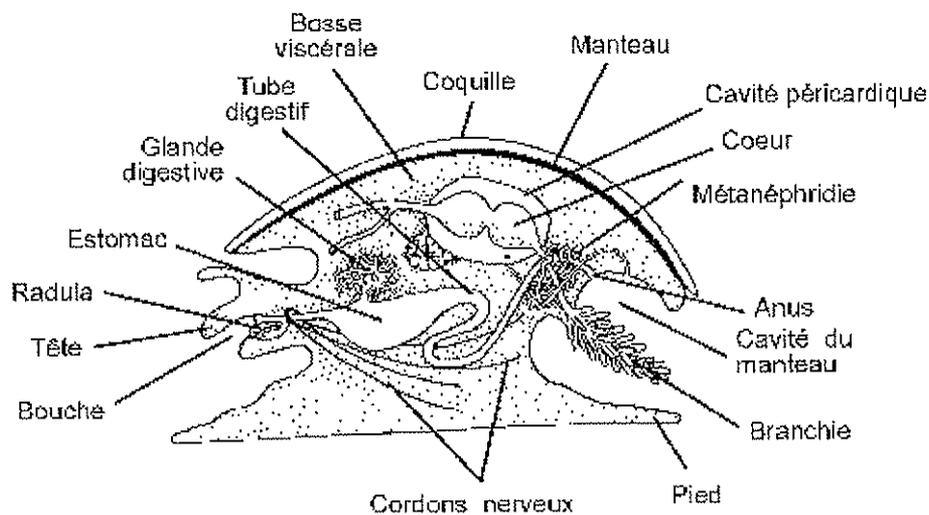


Figure n°1 : Mollusque Type. (HOUSEMAN, 2000)

Les Mollusques ont un rôle important dans le développement larvaire de parasites. Ils servent de premiers hôtes intermédiaires dans de nombreuses maladies dans le monde entier : les Distomatoses pulmonaires, hépatiques ou même intestinales et les Schistosomoses ou Bilharzioses que l'on peut retrouver en Afrique, en Amérique, en Europe et en Asie. Les mollusques permettent aux parasites de se développer, des miracidiums en sporocystes puis parfois en rédies ou en sporocystes de seconde génération et enfin en cercaire qui est la forme infectante du parasite pour l'homme ou pour un second hôte parasite. On comprend ainsi mieux leur rôle et pourquoi il y a eu beaucoup de recherches faites pour leur contrôle. Mais celui-ci n'est possible que si on connaît suffisamment bien le cycle biologique, les comportements de ces hôtes intermédiaires et les relations hôte/parasite.

Un phénomène récent, mis en place par les pays pour leur développement, rend cette lutte plus importante et nécessaire. C'est l'irrigation. Elle se multiplie dans tous les pays chauds en créant ainsi des zones plus favorables à l'installation des mollusques et des parasites. Les zones humides étaient auparavant saisonnières en fonction des saisons des pluies et donc les maladies avaient une forte endémie seulement pendant les périodes humides mais maintenant ces zones sont présentes toute l'année donc les maladies le sont aussi. Les travaux d'irrigation ont fortement augmenté la présence des mollusques et des parasites. Le problème de l'irrigation est d'avoir créé de nombreux foyers pour les mollusques et ainsi permis une endémicité annuelle au lieu d'une endémicité saisonnière dans les pays chauds.

Dans cette thèse, nous présenterons dans le premier chapitre, une classification générale des Mollusques avec une description anatomique succincte des différentes classes de mollusques : les Aplacophores ou Solénogastres, les Polyplacophores ou Chitons, les Monoplacophores, les Gastéropodes, les Scaphopodes ou Solénoconques, les Lamellibranches ou Bivalves et les Céphalopodes.

Le second chapitre présente plus précisément les Gastéropodes qui sont les seuls mollusques à être des hôtes intermédiaires des parasitoses. On traitera leur anatomie, leur habitat, leur cycle biologique, leur reproduction, leur alimentation et leur résistance. En effet c'est en connaissant leur mode de vie que l'on pourra mieux prévenir les maladies en les contrôlant dans leur habitat naturel.

Le chapitre trois traite de la relation mollusques/parasitismes. Dans un premier temps, nous citerons les principaux parasites transmis par des mollusques. Puis nous détaillerons le développement larvaire de ces parasites chez les mollusques. Dans une troisième partie, nous décrirons la relation mollusque/ parasite selon les différents instants de leur relation : la spécificité lors de leur rencontre, les facteurs de la réussite d'une infestation, les caractéristiques de l'émission cercarienne, la prévalence de cette rencontre, et enfin, les conséquences que cela entraîne sur le parasite et l'issue inévitable de la mort du mollusque.

Le dernier chapitre regroupe les différents moyens de lutte contre les mollusques hôtes intermédiaires. Nous y verrons le contrôle par voie chimique avec les molluscicides synthétiques et les diverses plantes à activité molluscicide. Le contrôle par voie écologique sera décrit à partir d'un exemple réalisé au Maroc suivi des différentes méthodes utilisées. Enfin, nous détaillerons le contrôle par voie biologique : les mollusques compétiteurs, les prédateurs naturels des mollusques (mollusques, poissons...) et des Digènes qui utilisent les mêmes hôtes intermédiaires.

La conclusion, la bibliographie utilisée et un résumé sont présentés à la fin de ce travail.

CHAPITRE 1 :
Classification des Mollusques

Pour ce chapitre, nous avons utilisé comme références les ouvrages de Grassé (1970) et de Beaumont et Cassier (1978).

1. Classification générale

L'embranchement des Mollusques comprend 7 classes.

a. Classe des Aplacophores ou Solénogastres

Les Aplacophores sont des mollusques primitifs marins à symétrie bilatérale.

La tête n'est pas dégagée du corps et est dépourvue d'organes sensoriels, la bouche est ventrale. Le manteau bien développé sécrète des spicules calcaires et, est le plus souvent, séparé du pied par un sillon. La radula est inconstante. La cavité cloacale contient les deux branchies et l'orifice anal encadré par les deux coelomoductes qui sont des canaux servant à l'évacuation des gamètes et fonctionnant aussi comme des néphridies.

Les Aplacophores sont tous marins et vivent dans la vase sur des plantes ou des animaux fixés.

LES APLACOPHORES

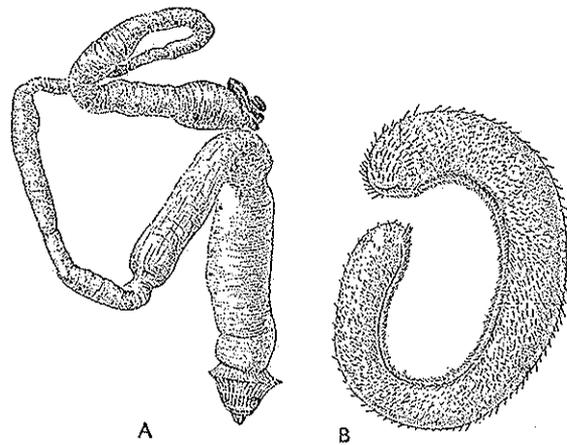


Figure n°2 : A : *Crystallophrisson indicum* Stork ;B : *Proneomenia aglaopheniae* Kow. et Mar. (GRASSE, 1970)

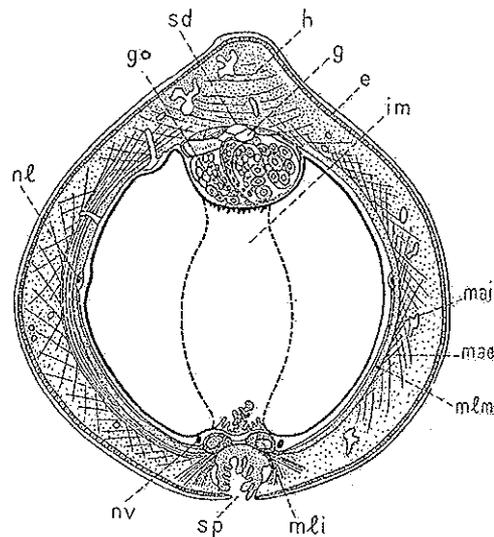


Figure n°3 : *Neomenia carinata*, coupe transversale de la région moyenne du corps. e : épithélium, g : gonoducte ; go : gonade ; h : muscles horizontaux ; im : intestin moyen ; mae, mai : muscles annulaires externes et internes ; mli, mlm : muscles longitudinaux internes et moyens ; nl, nv : cordons nerveux latéral et ventral ; sd : sinus sanguin dorsal ; sp : sillon pédieux (d'après NIERSTRASZ et STORK in GRASSE, 1970).

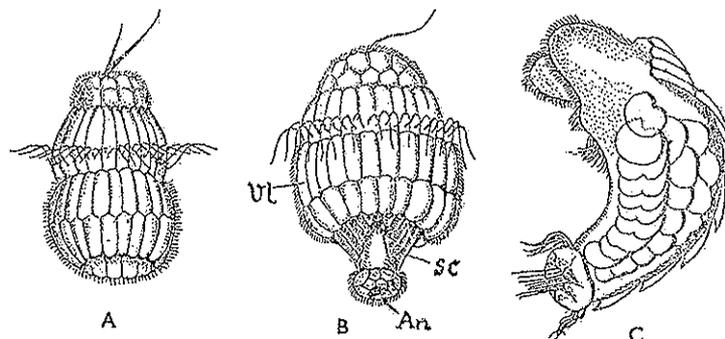


Figure n°4: Développement de *Nematomenia* A et B, larve nageante ; C, jeune flanqué de plaques calcaires (d'après Pruvot in GRASSE, 1970)

Ordre des Ventroplicides ou Néoméniens

- Morphologie externe.

Les Néoméniens font 2 à 3 cm de long de forme cylindrique et de coloration jaune pâle; leur aspect brillant est donné par des petits spicules cuticulaires. Ils vivent sur les plantes et les zoophytes (Bryozoaire, Cnidaire) dont ils broutent les tissus (**Figure n°2 B**).

La cavité cloacale se renfle en cloche.

Dans le sillon ventral, il y a le soc pédieux, ressemblant au pied des autres mollusques, recouvert d'un épithélium cilié et des glandes sécrétant du mucus.

Le tégument dorsal (le manteau) sécrète une cuticule épaisse (25 fois celle de l'épithélium) contenant des spicules calcaires de formes variées. L'épiderme envoie des évaginations simples ou ramifiées dans la cuticule dont certaines extrémités ampullaires atteignent la surface, leur rôle est inconnu mais on les compare aux esthètes des Polyplacophores.

- Morphologie interne (Figure n°3).

- Appareil digestif.

La bouche, ventrale, dépourvue de mâchoire, se place un peu en avant de la fossette ciliée et contient des papilles cornées, les cirres. De chaque côté de la radula débouchent les glandes salivaires ventrales et les glandes dorsales s'ouvrent dans le plafond du pharynx. L'intestin rectiligne présente des évaginations latérales.

- Cavité cloaquale.

La cavité cloacale est en relation avec des glandes coquillières.

- Système nerveux.

Le système nerveux a une disposition amphineure typique.

- Organes des sens.

Les organes des sens sont très peu développés : ni yeux, ni statocystes.

- Appareil respiratoire.

Les deux branchies consistent en de simples replis de la paroi palléale interne.

- Appareil génital.

Les Néoméniens sont hermaphrodites et protérandriques. Côte à côte dans le coelome génital se multiplient et se développent les cellules sexuelles mâles et femelles, les spermatozoïdes mûrissent avant les œufs. Les gonades paires rejettent les gamètes dans la cavité péricardique ; les cellules sexuelles sont acheminées vers l'extérieur par les coelomoductes qui débouchent dans les glandes coquillères.

- Développement.

Les œufs sont opaques et leur segmentation est inégale. La morula comptant 28 cellules voit son pôle inférieur s'invaginer. Elle devient un embryon du type trochophore, composé extérieurement de 4 rangées de cellules. Le pôle frontal porte deux grands cils et le milieu du corps un anneau cilié. La région terminale s'allonge en étroite protubérance et il apparaît des plaques spiculaires latérales puis une série de 8 plaques dorsales comme celle des Chitons pendant que la région antérieure s'atrophie et que la larve prend un aspect vermifuge. Les plaques disparaissent finalement (**Figure n° 4**).

Les Néoméniens sont près des Chitons, par leur embryologie, même si adultes ils ont l'apparence de vers. Ils nous donnent une bonne idée de ce qu'ont pu être certains Mollusques primitifs.

Les Ventroplicides comportent trois familles qui se distinguent par des détails anatomiques.

On peut citer quelques espèces : *Proneomenia aglaopheniae* (**Figure n°2 B**), *Pruvotina impexa*, *Strophomenia lacazei*.

Ordre des Caudofovéates ou Chaetodermiens

Les Caudofovéates ont un aspect vermoïde, ils ressemblent plus aux Helminthes que les Néoméniens. La tête est non différenciée. Ils n'ont pas de sillon ventral. Leur extrémité postérieure se renfle en une sorte de cloche correspondant au cloaque et contenant deux

branchies. Leur organisation interne ressemble à celle des Néoméniens (à quelques détails près: pas de glandes salivaires, sexes séparés, pas d'organes copulateurs...).

Il comporte une seule famille : *Cristallophrissonidae* où on retrouve quelques genres : *Crystallophrisson* (*Chatoderma*) (**Figure n°2 A**) et *Limifossor*.

Ces Mollusques vivent enfoncés dans la vase, leur extrémité postérieure baignant dans l'eau.

b. Classe des Polyplacophores ou Chitons

Les Chitons sont des mollusques marins à symétrie bilatérale, à corps aplati dorso-ventralement (**figure n°6**, page suivante). Le terme Polyplacophore vient du grec, poly- = nombreux, placo- = plaque, et phor- = porter.

Le pied est une vaste sole de reptation. La face dorsale est composée de huit plaques calcaires mobiles appelées aussi cérames. Les branchies sont logées dans la cavité palléale qui forme un sillon séparant le bord du manteau de la sole pédieuse. La radula est toujours présente avec 17 dents par rangée. Le système nerveux a une disposition tétraneure. L'appareil circulatoire c'est-à-dire le cœur est composé d'un ventricule et de deux oreillettes. Les Chitons ont des sexes séparés, ils n'ont pas d'appareil copulateur, les gamètes sont rejetés dans la mer. Dans la cavité palléale, il y a une paire de néphridies. Les gonades avec une paire de gonoductes s'ouvrent en avant des pores.

Tous les polyplacophores oscillent autour du type Chiton (**Figure n°5**, page suivante).

LES POLYPLACOPHORES

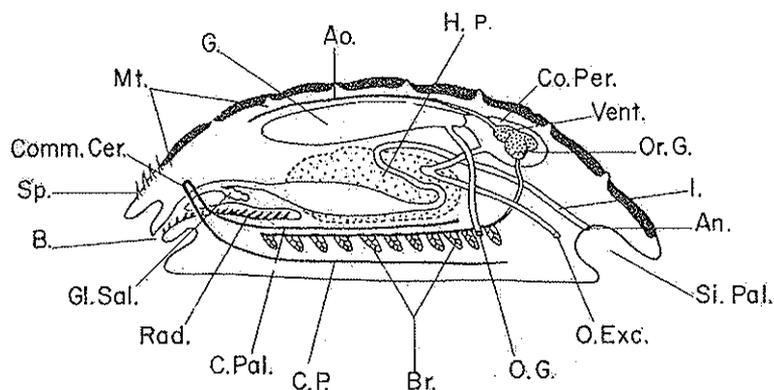
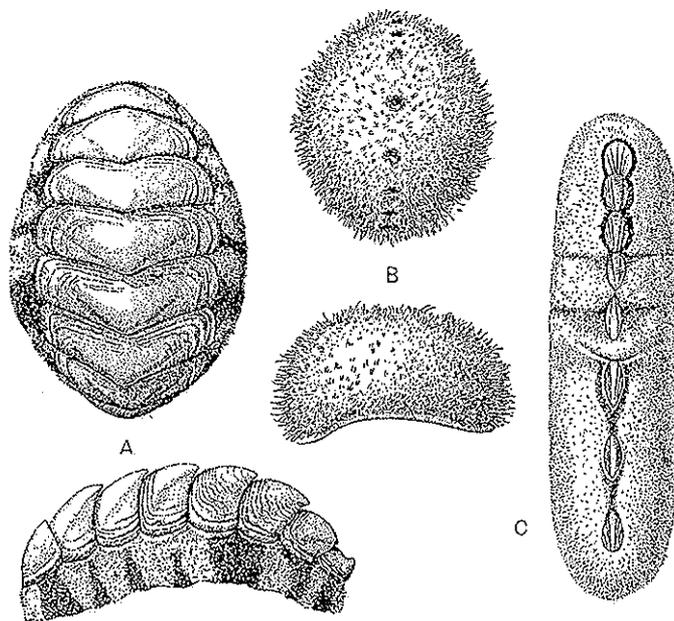


Figure n°5: Organisation schématique d'un Chiton, vue de profil.

An. : anus ; Ao. : aorte ; B. : bouche ; Br. : branche ; C.P. : cordon pédieux ; C.Pal. : cordon palléal ; Comm.Cer. : commissure cérébroïde ; Co.Per. : coelome péricardique ; G. : gonade ; Gl. Sal. : glande salivaire ; H.P. : hépatopancréas ; I. : intestin ; Mt. : manteau ; O.Exc. : orifice excréteur ; O.G. : orifice génital ; Or.G. : oreillette gauche ; Rad. : radula ; Si. Pal. : sillon palléal ; Sp. : spicule ; Vent. : ventricule.

(BEAUMONT et CASSIER 1978)



**Figure n°6: A : *Acanthopleura spiniger* Sow, vue dorsalement et du côté gauche ; B : *Amicula pallasi* Midd ; C : *Cryptoplax oculatus* Quoy et Gaimard
(A d'après FISCHER-PIETTE et FRANC ; B et C, d'après PILSBRY in GRASSE, 1970)**

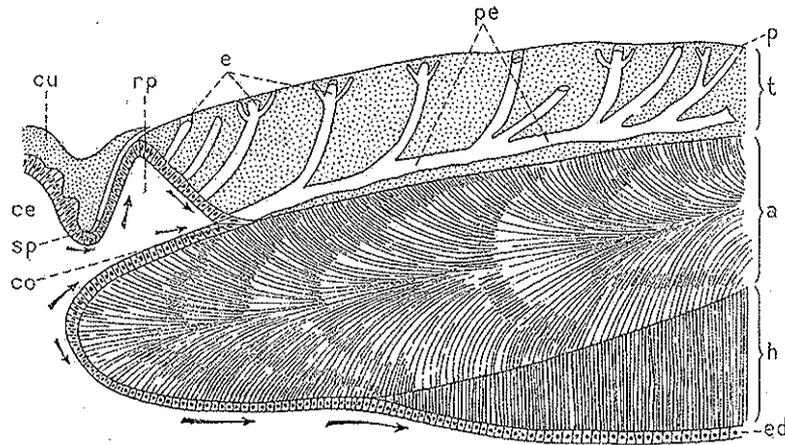


Figure n°7: Partie gauche d'une plaque intermédiaire de *Tonicella marmorea* vue par l'arrière et montrant ses relations avec le tissu palléal dorsal. a : articulamentum ; ce : ceinture ; co : saillie en corniche ; cu : cuticule de la ceinture ; e : esthètes à divers stades de développement ; ed : épithélium palléal dorsal ; h : hypostracum ; p : periostracum ; pc : pédoncules des esthètes ; rp : repli palléal logés dans le sillon délimité par le tegmentum (t) et l'articulamentum ; sp : sillon périostracal (d'après BERGENHAYN in GRASSE, 1970) ;

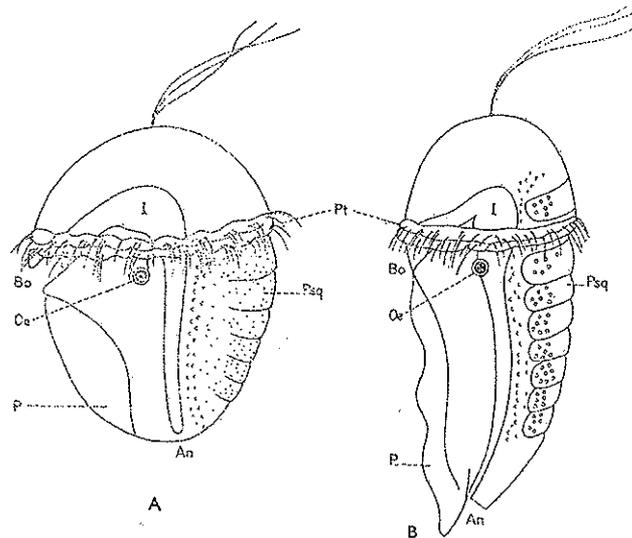


Figure n°8: Transformation de la trochophore d'un Polyplacophore A en larve B ; An : anus ; Bo : bouche ; I : intestin ; Oe : œil ; P : pied ; Psq : plaques coquillières ; Pt : prototroque (GRASSE, 1970) ;

- Caractères généraux.

Les Chitons vivent fixés sur les rochers littoraux grâce à leur sole pédieuse. Leur corps ovalaire mesure 3 cm de long environ. Les huit plaques dorsales sont articulées et permettent à l'animal de se rouler en boule. Les plaques terminales sont en demi-disque, les autres sont transversales et presque rectangulaires. Le pied situé sur la face ventrale médiane est recouvert par l'épithélium externe. En avant le muflle comprend la bouche et en arrière se trouve l'anus sur une papille. Le manteau enveloppe le corps dorsalement et sécrète les plaques coquillères. Les branchies, dans le sillon pédieux, sont accompagnées comme chez de nombreux mollusques d'organes olfactifs appelés osphradies. Ils ont deux orifices urinaires en position postérieure et un peu en dessus deux orifices génitaux.

- Morphologie externe.

Le tégument (**Figure n°7**) est composé d'une cuticule épaisse. Les cérames sont divisés en deux parties : l'articulamentum, la couche profonde et le tégumentum qui la recouvre où la plaque est libre. L'apophyse est la partie de l'articulamentum recouverte par les autres cérames. L'articulamentum est formé de plusieurs couches en calcite ; son architecture est spéciale : on doit distinguer l'hypostracum à prismes réguliers et l'articulamentum *sensu stricto* caractérisé par des plis courbés ou perpendiculaires aux premiers.

Le tegmentum, couche cornée, est traversé par de nombreux canaux occupés par des soies, des esthètes et des yeux coquilliers.

Les poils ou épines sont formés par la sécrétion d'une cellule épithéliale qui grossit. Ils s'articulent par un filament plasmatique traversant le cérame (**Figure n°6 B**).

- Morphologie interne.

- Appareil digestif.

La bouche conduit à une cavité où débouchent les glandes salivaires. La cavité se prolonge par l'œsophage et par un long cul de sac qui sécrète la radula. En avant, l'organe subradulaire constitué de deux bourrelets doit servir à apprécier la qualité des aliments. La sécrétion verdâtre des deux glandes à sucres au niveau de l'œsophage transforme l'amidon en

sucre. L'estomac reçoit les sécrétions de deux glandes hépatopancréatiques. L'intestin cilié décrit deux longues circonvolutions avant d'aboutir à l'anus par une papille.

- Système nerveux.

Le système nerveux est de type tétraneure. Il ressemble à celui des Aplacophores.

- Organes sensoriels.

Les principaux organes sont les esthètes, les yeux coquilliers et les osphradies.

- Coelome.

Il existe deux cavités impaires : la cavité génitale qui communique avec l'extérieur par deux coelomoductes fonctionnant comme des gonoductes et la cavité péricardique qui communique avec les néphridies par le canal réno-péricardique.

- Appareil circulatoire.

L'appareil lacunaire est composé d'un ventricule et de quatre oreillettes soudées entre elles où aboutissent les veines afférentes émanant des branchies.

- Appareil excréteur.

Il est représenté par deux néphridies pourvues de nombreux caecums glandulaires.

- Appareil respiratoire.

Il se compose de nombreuses branchies (de 14 à 75 paires selon les espèces) logées dans la cavité palléale de part et d'autre du pied.

- Organes génitaux.

Les organes sont séparés mais les organes génitaux sont semblables dans les deux cas. Les œufs sont entourés de cellules folliculaires saillantes. La fécondation a lieu dans l'eau de mer.

- Développement.

La segmentation spirale engendre une larve trochophore typique. Précocement elle montre une division de la région dorsale avec les ébauches des huit plaques squelettiques, la

face ventrale se soulève en une bosse étroite qui annonce la sole de reptation. Elle se déplace sur le fond (**Figure n°8 A et B**).

- Systematique.

Les Chitons sont des animaux marins herbivores. Ils existent dans toutes les mers, à toutes les profondeurs. Certains Chitons des mers chaudes atteignent 30 cm de long. Les espèces françaises font 5 à 6 cm de long maximum. On les classe en fonction de la structure de leur coquille.

On divise les Chitons :

- en *Eoplacophores* : articulamentum sans plaque d'insertion

 - Ex : *Lepidopleurus cancellatus*

- en *Mésoplacophores* : plaques d'insertion bien développées à bords lisses

 - Ex : *Callochiton laevis*

- en *Téloplacophores* : plaques d'insertion en dents de scie

 - Ex : *Chiton polii*

c. Classe des Monoplacophores

Les Monoplacophores sont des mollusques à symétrie bilatérale, à coquille unique et patelloïde, à nombreux organes métamérisés (néphridies, branchies, gonades, muscles du pied), à trois paires de coelomes (péricarde pair, coelome viscérale dorsal pair et gonade paire) et à systèmes nerveux du type Polyplacophore. Les yeux sont manquants.

Ils ont une forme très archaïque et sont tous marins.

Le nom de Monoplacophores a été créé en 1940 par Odhner pour désigner un groupe éteint de mollusques paléozoïques considérés comme des Gastéropodes Prosobranches cependant ils diffèrent de ces derniers par leurs nombreux muscles disposés symétriquement et s'insérant sur la face interne de la coquille.

LES MONOPLACOPHORES

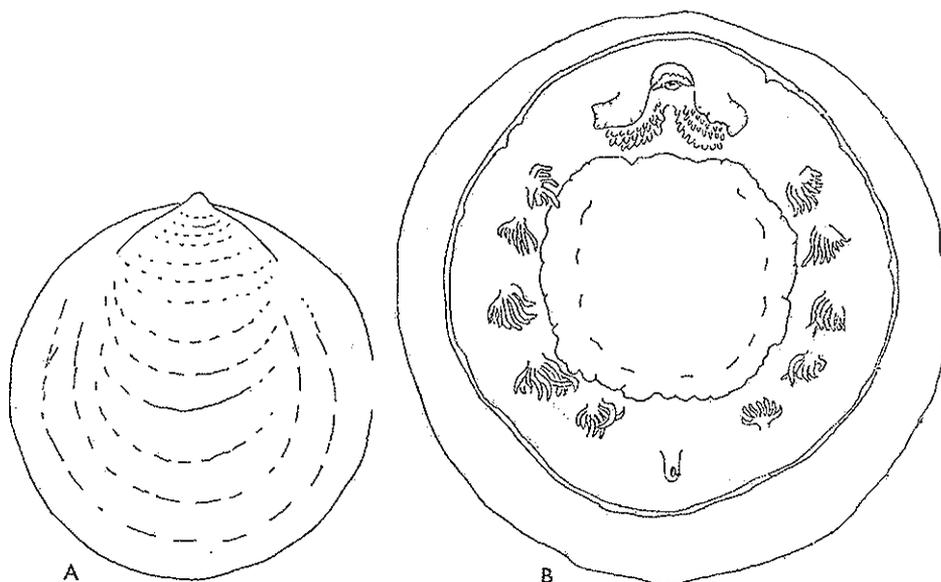


Figure n°9: *Neopilina galathea*. A : coquille vue par dessus. B : l'animal vu par dessous (GRASSE, 1970).

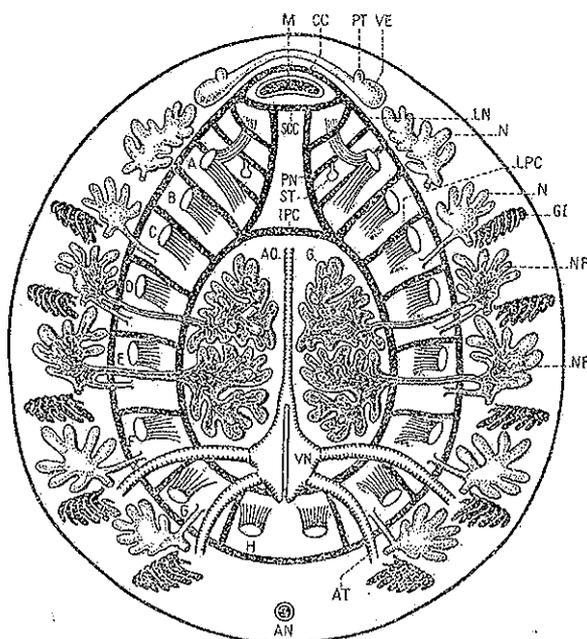


Figure n°10: Diagramme montrant l'organisation interne métamérisée de *Neopilina galathea*.

A à H : muscles rétracteurs du pied ; AN : anus ; AO : aorte ; AT : atrium du cœur ; CC : commissure cérébrale ; G : gonade ; GI : branchies ; IPC : commissure interpédieuse ; LN : cordon nerveux latéral ; LPC : connectif latéropédieux ; M : mouche ; N : néphridie ; NF : néphridie des segments fertiles ; PN : cordon nerveux pédieux ; PT : tentacule préoral ; SCC : commissure sous-cérébroïde ; ST : statocyste ; VE : lobe préoral ; VN : ventricule cardiaque (GRASSE, 1970).

Cette classe comprend plusieurs ordres aujourd'hui éteints à l'exception d'un seul : les *Tryblidioïdes* où il existe deux représentants *Neopilina galathea* et *N. ewingi* découverts lors d'une expédition en 1952 dans l'Océan Pacifique à l'ouest du Mexique par 3570 m de profondeur. Cette découverte a permis de faire des Monoplacophores une classe autonome présentant certains rapports avec les Polyplacophores.

- Morphologie.

La face dorsale (**Figure n°9 A**) est constituée d'une coquille mince à contour à peu près circulaire de 37 mm de long et de 35 mm de large. La surface comprend des lignes de croissance disposées concentriquement autour de l'apex dont la structure ressemble à celle des Lamellibranches. On peut y distinguer un périostracum superficiel, une couche prismatique et une couche de nacre.

La face ventrale (**Figure n°9 B**) est similaire à celle des Polyplacophores : au centre on retrouve le pied entouré d'un sillon palléal où se trouvent les 5 paires de branchies ayant à leur base un orifice néphridien.

La bouche est antérieure et montre de larges lobes ciliés comparables aux palpes labiaux des Lamellibranches. La lèvre inférieure est associée à des pédoncules tentaculaires dont chacun porte des tentacules postbuccaux disposés en éventail.

- Anatomie (Figure n°10).

- Appareil digestif.

La bouche est entourée de deux lèvres recouvertes d'une épaisse cuticule. Les tentacules qui les entourent ont pour rôle de collecter les particules nutritives (Radiolaire, résidus...). Dans le pharynx sont logées la radula et sa gaine. De la bouche part le pharynx qui se prolonge par un œsophage rectiligne qui s'ouvre sur l'estomac d'où est annexée une glande digestive divisée en lobules. L'intestin part de la face postérieure de l'estomac : à ce niveau là il y a un caecum dans lequel se forme la tige cristalline, et décrit six tours ; il se continue par un rectum rectiligne et se termine par l'anus situé dans le sillon palléal.

- Musculature.

Les muscles rétracteurs du pied sont métamériques et disposés en huit paires.

Les fibres musculaires sont lisses sauf les muscles rotateurs de l'appareil radulaire qui sont striés.

- Système nerveux.

Il est semblable à celui des Chitons. Il est composé de deux ganglions cérébroïdes.

- Organe des sens.

Sur la face ventrale, il y a des cellules sensorielles. Les deux statocystes, présents dans le tissu conjonctival de chaque côté du corps, éloignent les *Neopilina* des Chitons mais les rapprochent des mollusques à coquilles.

Les tentacules prébuccaux sont des organes sensoriels : leur nerf provient directement du ganglion.

- Appareil circulatoire.

Il ressemble à celui des Chitons : il est lacunaire, caractérisé par la présence de part et d'autre du rectum de deux ventricules symétriques d'où se détachent deux aortes antérieures qui fusionnent en une aorte dorsale impaire s'ouvrant dans les sinus sanguins. Chaque ventricule et les deux oreillettes qui l'approvisionnent en sang hématosé sont inclus dans la cavité péricardique.

- Le coelome.

Il est plus développé que chez les polyplacophores. Il comprend trois paires de cavités :

- le péricarde : pair qui se prolonge autour des deux aortes antérieures.
- la cavité coelomique : viscérale, dorsale qui est une paire de sacs aplatis situés au dessous de la coquille.
- les gonades : en position ventrale.

- Appareil sécréteur.

Les six paires de néphridies, s'ouvrant dans le coelome, métamérisées distinguent les *Neopilina* des autres mollusques.

- Appareil génital.

Les sexes sont séparés. Les glandes génitales sont ventrales et elles sont plus fortement lobulées chez les mâles que chez les femelles.

Le mâle possède deux paires de testicules et deux paires de canaux déférents s'ouvrant sur les 3^{ème} et 4^{ème} néphridies, il n'y a pas d'organe copulateur.

Chez la femelle il existerait deux ovaires et deux oviductes.

Les œufs sont allongés et mesurent 0,2 mm de long ; ils sont rejetés dans l'eau où ils seront fécondés.

La métamérie des glandes génitales est une particularité des Monoplacophores.

Par tous ces caractères (coquille patelloïde, radula, statocyste, tige cristalline, système nerveux, appareil circulatoire), il ne fait aucun doute que *Neopilina* est un mollusque typique. Sa métamérie et la structure des organes uro-génitaux permettent de la rapprocher des Annélides.

d. Classe des Gastéropodes

Ils comportent la plupart des mollusques connus pour être des hôtes intermédiaires de parasitoses continentales. Nous détaillerons sa classification à part.

Cependant ils ont une particularité anatomique due à des flexions et des torsions simultanées subies aux Gastéropodes (**figure n° 11**). En effet, le Gastéropode subit une flexion en rapport avec son raccourcissement ; une bosse dorsale se soulève et l'intestin décrit une courbe en forme de U, c'est la **flexion endogastrique**. La bosse dorsale s'élève de plus en plus et, tout en s'allongeant, s'enroule en hélice, la pointe de la spire tournée vers l'avant. L'anus reste en position normale, à l'opposé de la bouche. A ce moment, le Gastéropode a effectué l'**enroulement exogastrique**. La troisième phase comporte une vraie torsion. La masse viscérale se retourne sur elle-même, effectuant vers la droite une **rotation de 180°**. A la suite de ce mouvement, la cavité palléale et ses annexes passent en avant, et la pointe de la coquille est alors tournée vers l'arrière. La torsion a encore une autre conséquence : elle provoque l'atrophie, plus ou moins accentuée, des viscères morphologiquement situés à droite et pressés par les viscères gauches devenus droits ; ainsi, un seul rein subsiste. La torsion s'opère très rapidement dans la larve. Lors de cette torsion, le système nerveux accompagne le mouvement et est **tordu en huit**. Un tel système est dit **streptoneure**.

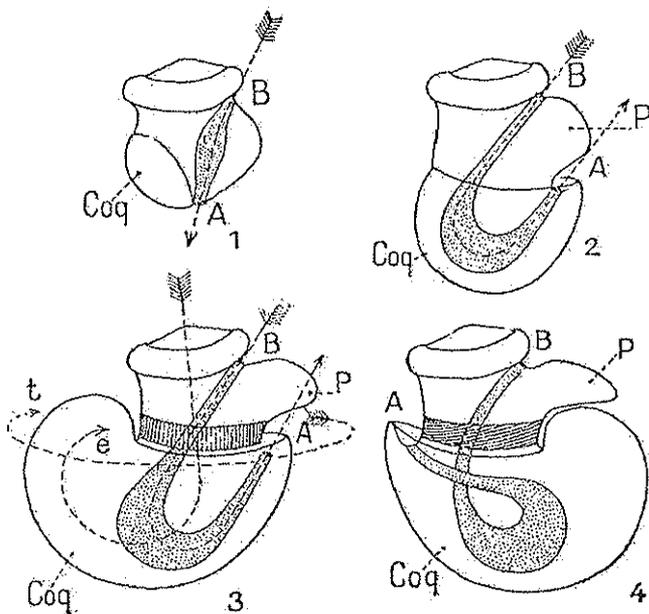


Figure n°11 : Schéma de l'enroulement et de la torsion des Gastéropodes.

1 : Stade rectiligne ; **2** : Flexion endogastrique ; **3** : Enroulement suivant la flèche t ; **4** : Gastéropodes montrant la zone de torsion. A : anus ; B : bouche ; Coq : coquille ; P : pied (d'après ROBERT in GRASSE, 1970)

LES SCAPHOPODES ou SOLENOCONQUES

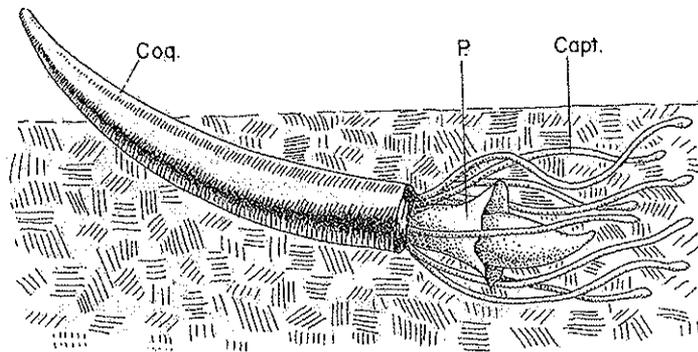


Figure n°12: Dentale en position naturelle dans le sable. Coq. : coquille ; P. : pied ; Capt. : captacules (d'après MARTENS in GRASSE, 1970)

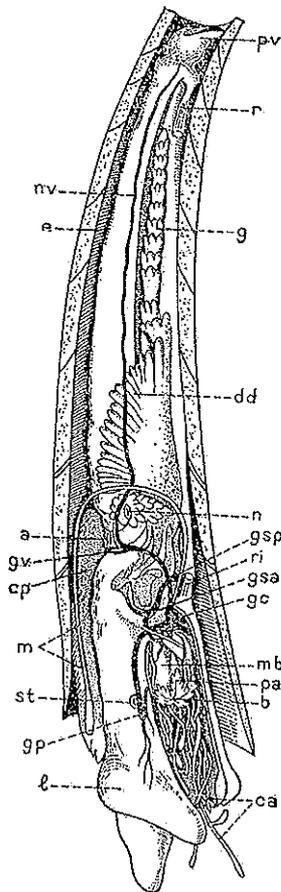


Figure n°13: Organisation générale du Dentale, la moitié droite de la coquille et la partie correspondante du manteau ont été enlevées. a : anus ; b : bouche ; ca : captacules ; cp : cavité palléale ; e : espace compris entre le manteau et la coquille ; dd : glande digestive ; g : glande génitale ; gp : glande pédieux ; gc : ganglions cérébroïdes ; gv : ganglions viscéraux ; gsa, gsp : ganglion buccal antérieur et postérieur ; l : repli du pied ; r : muscle columellaire ; pa : appendices buccaux ; pv : ouverture supérieure du manteau ; ri : extrémité inférieure du muscle columellaire ; n : pore néphridien ; m : manteau ; mb : muflle ; nv : nerf palléal ; st : statocyste (d'après H. de LACAZE-DUTHIERS in GRASSE, 1970).

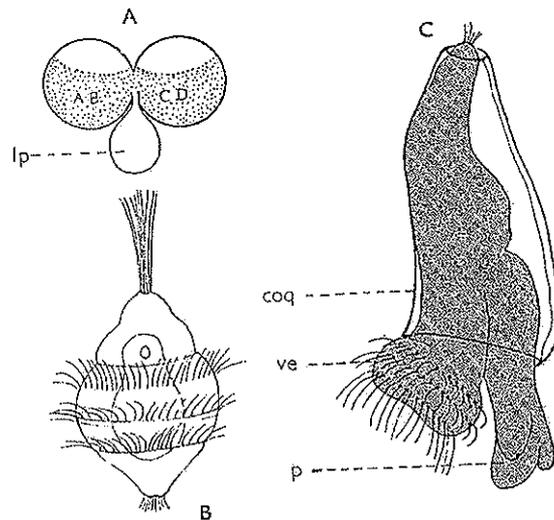


Figure n°14: Quelques stades du développement du Dentale. **A**: stade à 2 blastomères ; lp : lobe polaire ; **B**: trocophore ; **C**: larve de 72 heures avec coquille tubulaire ; coq : coquille ; p : pied ; ve : velum (GRASSE, 1970)

e. Classe des Scaphopodes ou Solénoconques

Les Solénoconques sont des mollusques à corps symétrique, allongé entouré d'un manteau tubulaire sur lequel se moule la coquille, le muflle porte à sa base deux paquets de tentacules : les captacules ; le pied est saillant ; les branchies manquent, les glandes sexuelles dioïques débouchent dans le rein.

L'espèce type le Dentale, *Dentalium vulgare*, (Figure n°12) appartient à la seule famille de cette classe *Dentalidae*. Elle comprend une centaine d'espèces réparties dans toutes les mers depuis la zone littorale jusqu'à 4000 m de profondeur.

- Anatomie (figure n°13).

- Appareil digestif.

La bouche, portée par un muflle non invaginable, entourée par quatre palpes labiaux, est suivie du bulbe radulaire : la radula et un organe sub-radulaire à fonction certainement gustative. L'œsophage est court. L'estomac reçoit les sécrétions de la glande salivaire. L'intestin long et contourné aboutit à l'anus qui s'ouvre dans la cavité palléale en avant duquel débouche une glande rectale tubulaire.

- Appareil circulatoire.

Le cœur est rudimentaire, réduit à une simple invagination vésiculaire du péricarde, sans oreillette, ni ventricule, ni vaisseaux différenciés. Deux orifices situés à la face ventrale du corps font communiquer le sinus sanguin perirénal avec la cavité palléale.

- Appareil respiratoire.

Il n'y en a pas de spécialisé, la respiration se fait par la surface du manteau et des captacules.

- Système nerveux.

Il se compose de deux ganglions cérébroïdes accolés et chacun d'eux est juxtaposé au ganglion pleural correspondant qui innerve le manteau.

Ceux-ci sont unis aux ganglions pédieux par un connectif formant le triangle latéral et sont aussi reliés aux ganglions viscéraux.

- Organe des sens.

Les captacules sont riches en cellules chimioréceptrices et en terminaisons nerveuses. Les statocystes siègent dans le pied (ganglions pédieux).

- Appareil excréteur.

Il se compose de deux reins symétriques, sacciformes et massifs situés en avant de la glande génitale ; ils débouchent directement dans la cavité palléale de part et d'autre de l'anus. Il n'existe pas de conduit réno-péricardique et l'orifice rénal droit est aussi l'orifice génital.

- Appareil génital.

Les sexes sont séparés. Il existe une seule gonade impaire dorsale sous les muscles rétracteurs. Elle est divisée en lobes transversaux symétriques et elle est en relation par sa partie antérieure étirée en gonoducte avec le rein droit qui assure l'évacuation de l'urine et des produits génitaux.

- Développement.

Tous les Scaphopodes sont ovipares. La fécondation se fait dans l'eau. L'œuf pondu montre trois zones qui matérialisent des localisations germinales : la zone supérieure non pigmentée est à l'origine de l'ectoderme, la zone équatoriale jaune orangée à l'origine de l'endoderme et la zone inférieure où naissent le mésoderme et l'ectoderme. La segmentation est totale, inégale et spirale. Le blastomère Cd du stade 2 porte à son pôle inférieur un lobe polaire dont l'ablation inhibe la formation de l'hyosphère de la trochophore. Au stade 4 l'ablation de ce lobe supprime la formation du mésoderme. La larve est trochophore en forme de toupie. Son prototroque à trois couronnes de cils devient un fort velum. Sur la face dorsale, se forme le manteau recouvert par une petite coquille bivalve dont les bords vont se souder comme les valves de la coquille qui devient un tube. Le velum se réduit et la larve commence à se traîner sur le fond comme l'adulte (**Figure n°14**).

- Affinité.

Les Scaphopodes montrent des affinités avec les Gastéropodes (coquille à courbure ventrale, développement en hauteur de la masse viscérale, glande génitale asymétrique, bulbe

pharyngien avec radula, système nerveux stomatogastrique) et avec les Lamellibranches (coquille embryonnaire, disposition du manteau, organisation du système nerveux, réduction de la tête). Mais ils représentent une classe autonome au sein des Mollusques par leurs caractères propres (tailles réduites, réduction de l'appareil circulatoires et respiratoires).

f. Classe des Lamellibranches ou Bivalves

Les Bivalves sont des Mollusques à symétrie bilatérale sans bosse viscérale dorsale.

Leur corps est enveloppé d'un manteau sur lequel est moulée une coquille bivalve. La tête est indistincte. Le pied est comprimé latéralement en forme de hache. Les branchies sont très développées et lamellaires. Ils ont des muscles adducteurs puissants qui traversent le corps et ferment la coquille. Ces mollusques sont tous aquatiques et sont le plus souvent des animaux fouisseurs. La moule *Mytilus edulis* (**Figure n°15**, page suivante) peut servir d'exemple pour décrire les caractères généraux de cette classe de mollusques.

- Morphologie (**Figure n°16**, page suivante).

- Manteau, coquille et charnière.

La coquille est formée de deux valves calcaires le plus souvent symétriques dont la structure est classique : le periostracum et la couche de nacre. Elles sont réunies par un ligament élastique dorsal, constitué principalement de conchyoline, qui est sécrétée par le manteau.

La charnière est un dispositif d'engrenage qui assure l'articulation des valves. Pour une charnière toxodonte : les dents et fossettes sont semblables, et pour une hétérodonte les dents sont dissemblables. Elle peut être réduite voire inexistante chez certains mollusques. Les muscles adducteurs, transversaux, insérés perpendiculairement aux valves, agissent en antagonistes du ligament : ils assurent la fermeture de la coquille par leur contraction. Le manteau enveloppe le corps de l'animal ; il peut produire accidentellement des perles (**Figure n°17**, page suivante).

Le pied est inséré en avant de la bosse viscérale et a des formes variées (hache, langue, soc de charrue...). Une glande est annexée au pied : le byssus ; elle sécrète des filaments composés d'acides aminés qui permettent au mollusque de se fixer ; elle est très développée chez les Bivalves non fouisseurs.

LES BIVALVES

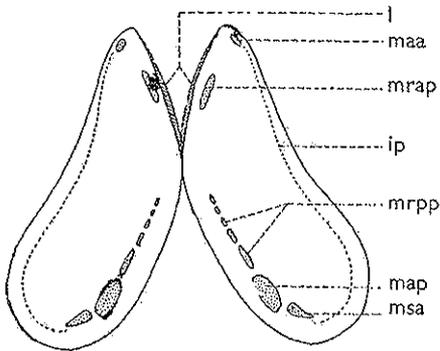


Figure n°15: *Mytilus edulis* faces internes des valves montrant des impressions musculaires.
 ip : impression palléale ; l : ligament ; maa et map : muscles adducteurs antérieur et postérieur ; mrpp et mrpp : muscles rétracteurs antérieur et postérieur du pied ; msa : muscle du siphon anal (GRASSE, 1970)

Figure n°16: Moule ouverte, vue par sa face ventrale, les pans du manteau et les branchies étant rabattus sur les côtés. br :branchies ; by : byssus ; bo : bouche ; bm : bord du manteau ; bpo :bosse de Polichinelle ; cg : canal génital ; ccp : connectif cérébro-viscéral ; go :gonade ; ma : membrane anale ; mb : mamelon du byssus ; mrpp et mrpp : muscles rétracteurs ; antérieur et postérieur du pied ; pl : palpes labiaux ; ob et obl : rein ou organe de Bojanus ; sp : sillon pédieux ; p : pied (GRASSE, 1970).

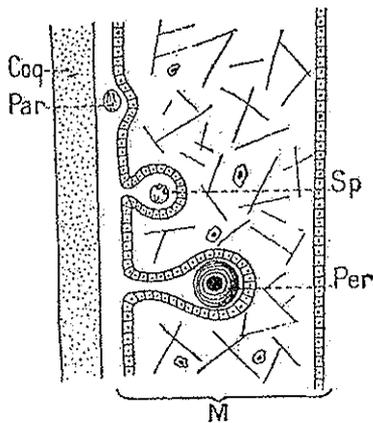
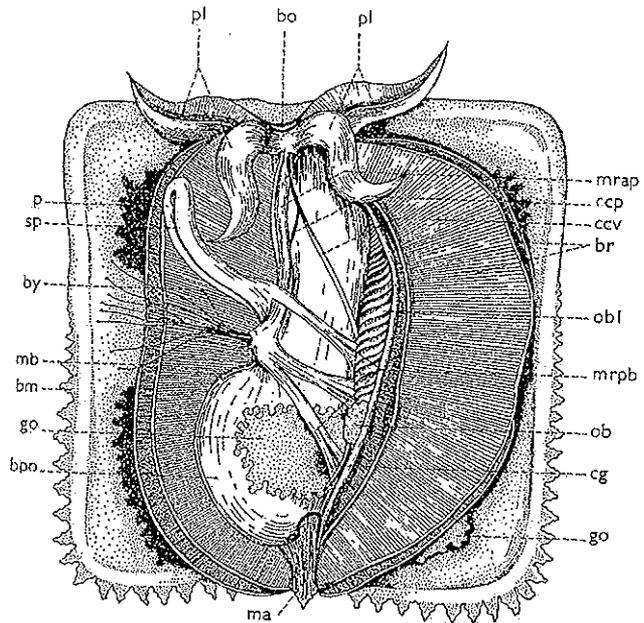


Figure n°17: Schéma de la formation d'une perle. Coq : oquille ; M :manteau ; Par :parasite ; Per : perle ; Sp :sac perlier (GRASSE, 1970).

- Tube digestif.

Chez les bivalves, il n'existe jamais de tête individualisée, de bulbe buccal, de mâchoire, de radula et de glande salivaire. L'œsophage est court et aboutit sur un estomac à paroi plissée pourvu d'un caecum postérieur souvent long où s'édifie une tige cristalline appelée stylet. Sa partie antérieure est composée de couches concentriques de mucoprotéines. Le stylet entraîné par des cils vibratiles tourne sur lui-même (10 à 80 fois par min) et dissocie les aliments contre la plaque râpeuse. L'intestin, plus ou moins circonvolutionné, s'ouvre au dessous du muscle adducteur postérieur.

- Appareil circulatoire.

Le cœur est composé de deux oreillettes et d'un ventricule. Le sang est propulsé par deux aortes qui aboutissent à des lacunes qui desservent les différents organes. Le sang récolté dans le sinus ventral va s'oxygéner dans les branchies et regagne le cœur par les veines branchiales terminales. Le sang contient des cellules mobiles ou amibocytes, un pigment à base de cuivre, l'hémicyanine, et exceptionnellement des érythrocytes chez quelques espèces.

- Appareil respiratoire.

Les lobes droit et gauche du manteau délimitent une vaste cavité palléale où pend une paire de branchies de formes variables qui est formé de deux rangées de filaments ; l'ensemble d'une même rangée forme une lame branchiale.

La systématique des bivalves est basée sur les caractéristiques des branchies.

- Système nerveux.

Il comprend trois ganglions : cérébropleuraux, supracésophagiens et pédieux. Le système stomatogastrique est peu développé. Le nerf palléal postérieur peut s'unir au nerf palléal antérieur pour former le nerf circumpalléal.

- Organes sensoriels.

Les bords du manteau sont riches en organes tactiles.

Les osphradies n'existent que chez quelques Bivalves ; elles constituent alors un bourrelet entre l'anus et le pied.

Ils possèdent une paire de statocystes ouverts ou clos et leur position varie selon les espèces.

Des yeux sont situés aux bords du manteau et se comptent en dizaines ; ils ressemblent à l'oeil composé des Arthropodes. En effet, ils sont composés de plusieurs cellules, une photoréceptrice entourée de 5-6 pigmentaires.

Les Pectens ont des yeux pédonculés à éclats cuivrés qui sont des yeux à rétine inversée ou à vision réfléchi.

- Organes sécréteurs et génitaux.

Les Bivalves possèdent deux néphridies, en forme de U, appelées reins ou organes de Bojanus. Les pores excréteurs sont localisés de part et d'autre de la masse viscérale. Le rein s'ouvre dans le péricarde et dans le gonoducte. Dans les parois du péricarde, les glandes de Keber sécrétrices rejettent leurs déchets dans le liquide péricardique où les amibocytes les phagocytent puis repassent dans les vaisseaux sanguins.

Chaque individu a deux gonades. Les gonocytes prolifèrent dans la paroi des sacs coelomiques.

- Reproduction.

Sur 100 000 Bivalves, 400 sont hermaphrodites et les autres ont des sexes bien séparés mais il existe beaucoup de Lamellibranches ambisexuels c'est-à-dire qu'ils passent de l'état mâle à l'état femelle et vice-versa au cours de leur vie.

La fécondation est externe dans l'eau ambiante.

La larve trochophore est pourvue d'une prototroque et d'une métatroque et elle porte dorsalement une coquille qui, par défaut de calcification le long de la ligne médio-dorsale, acquiert la disposition bivalve caractéristique : c'est la prodissoconque. Le pied apparaît précocement. Par hypertrophie de la prototroque, la trochophore se transforme en larve véligère. La transformation en Mollusque parfait se fait peu à peu au cours de la vie pélagique.

- Mode de vie.

Les Bivalves peuplent les mers, les lacs et les fleuves. Ils sont fouisseurs, nageurs et peuvent se fixer ou être perforants. Certaines espèces rampent grâce à leur pied qui se contracte et glisse sur le support. D'autres nagent en fermant brusquement leurs valves. Ils se fixent grâce au byssus : exemple les *Mytilus*.

- Alimentation.

Ils sont des microphages c'est-à-dire qu'ils se nourrissent des micro-organismes et des particules organiques tenus en suspension dans l'eau ambiante.

- Systématique des Lamellibranches.

Elle est basée sur les caractéristiques des branchies.

On reconnaît quatre ordres : Protobranches, Filibranches, Eulamellibranches, Septibranches.

Ordre des Protobranches

L'expression Protobranches vient du grec de proto- = premier et -branch = branchies. Les branchies sont à filaments simples, non réfléchis, adhérant les uns aux autres par des touffes ciliaires. Statocystes sont le plus souvent ouverts.

Exemples : *Nucula*, *Nuculana*, *Solemya*, *Yoldia*

Ordre des Filibranches

Le terme Filibranches vient du grec de fil- = filament et -branch = branchies. Les branchies sont à filaments réfléchis unis simplement par des brosses ciliaires ou des jonctions tissulaires. Le muscle adducteur est souvent réduit ou absent.

Exemples : *Arca*, *Mytilus*, *Pecten*, *Chlamys*, *Anomia*, *Ostrea*

Ordre des Eulamellibranches

Le mot Eulamellibranches vient du grec de eu- = vrai, lamell- = lamelle et -branch = branchies. Les branchies constituent des lames grillagées dont les feuillets ont des jonctions interfoliaires. Il y a une ou plusieurs sutures palléales, les deux muscles adducteurs sont bien développés.

Exemples : *Unio*, *Anodonta*, *Cardita*, *Brechites* (arrosoir)....

Ordres des Septibranches

Le nom Septibranches vient du grec de sept (um)- = cloison et -branch = branchies. Les branchies sont modifiées en un septum musculieux percé d'un ou plusieurs pores. Ce sont des animaux abyssaux.

Exemple : *Cuspidana*

g. Classe des Céphalopodes

Le terme Céphalopode vient du grec de kephalê- = tête et -pod = pied. Le pied est divisé en tentacules et entoure la tête.

Ces Mollusques ont une symétrie bilatérale. L'épipodium forme un entonnoir musculaire coiffant l'ouverture palléale et assurant l'évacuation de l'eau des branchies. Les ganglions nerveux concentrés forment un véritable cerveau enveloppé dans un « crâne » cartilagineux. Ils ont deux ou quatre branchies. Leur coquille est inconstante.

Le coelome est fortement développé et est composé d'une cavité génitale, d'une cavité péricardique et de deux cavités rénales.

Sous-classe des Tétrabranchiaux ou Nautiloïdes

Cette sous-classe n'est représentée de nos jours que par le genre *Nautilus* (**Figure n°18**, page suivante).

Les branchies sont au nombre de quatre. Leur coquille calcaire, dure et solide est composée d'une épaisse couche de nacre. Elle est divisée en loges et seule la dernière est habitée par le corps du mollusque. Le siphon ou tube dorsal traverse les cloisons des différentes loges. La coquille s'enroule autour d'un seul plan et non en hélice.

La bouche est circulaire, à mandibules à bec de perroquets, entourée de trois palpes labiaux, qui eux-mêmes, sont entourés de bras provenant du pied qui sont plus nombreux que pour les Dibranchiaux. Deux des bras s'élargissent et forment un couvercle.

Les tentacules servent à la préhension des proies et parfois à la reptation.

LES CEPHALOPODES

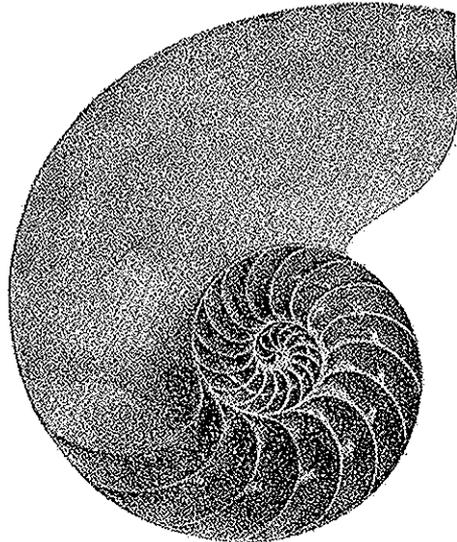


Figure n°18: Coquille de Nautilé vue en coupe parasagittale, montrant les loges successives habitées par l'animal et le tube calcaire qui traverse les cloisons et par lequel passe le siphon (GRASSE, 1970).

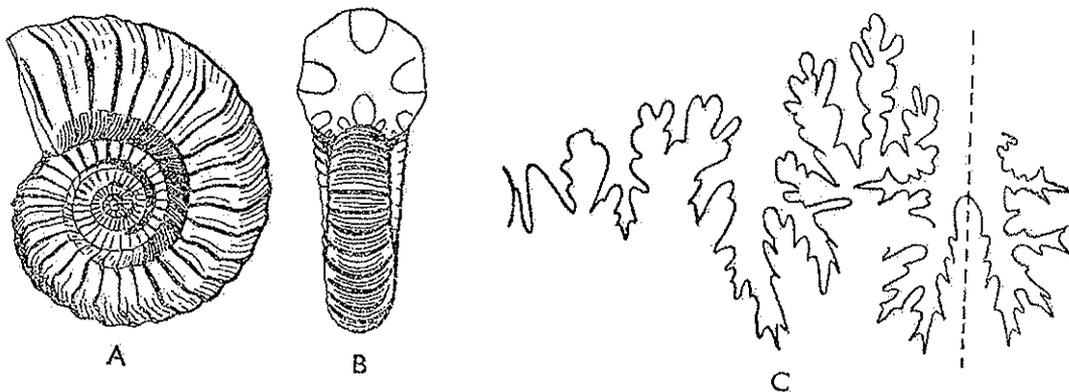


Figure n°19: Un Ammonoïde, *Androgynoceras hybridum*. A : vu de côté ; B : vu de face ; C : ligne d'insertion d'une cloison sur la coquille (d'après TERMIER et TERMIER in GRASSE, 1970).

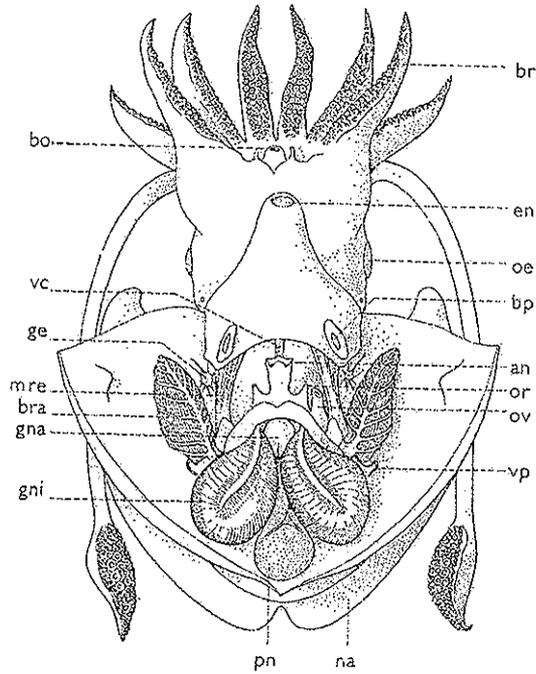


Figure n°20: Seiche femelle dont le manteau a été ouvert sagittalement et dont les deux pans sont rabattus de part et d'autre du corps. bo : bouche ; br : bras ; ent : entonnoir ; bp : bouton-pression ; bra : branchie ; vc : veine cave ; an : anus ; or : orifice urinaire ; ov : oviducte ; gni : glande nidamentaire inférieure ; ge : ganglion étoilé ; mre : muscle rétracteur de l'entonnoir ; na : nageoire ; pn : poche du noir ; oe : œil ; vp : veine palléale (GRASSE, 1970).

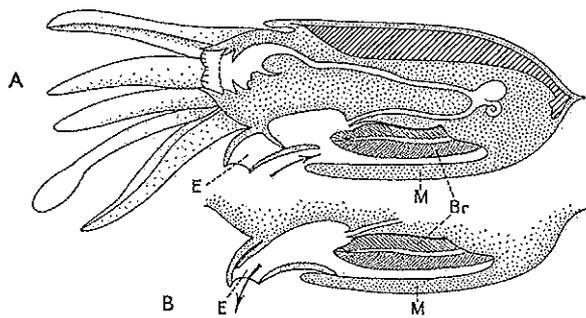


Figure n°21: Mouvements de dilatation et de relâchement de la cavité palléale y assurant le renouvellement de l'eau. **A** : inspiration, l'eau entre dans la fente palléale (entre la base de l'entonnoir (E) et le manteau (M)); **B** : expiration, l'eau sort par l'entonnoir. Br : branchie (d'après GEILER in GRASSE, 1970)

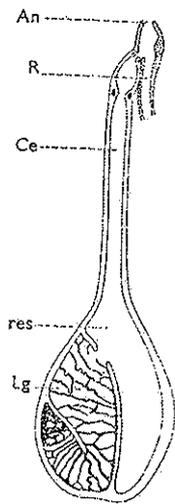


Figure n°22: Poche du noir de la Seiche en coupe longitudinale. An : anus ; Ce : canal évacuateur ; Lg : lames glandulaires ; Res : réservoir ; R : rectum. En bas à gauche, la glande centrale reproductrice du noir (GRASSE, 1970).

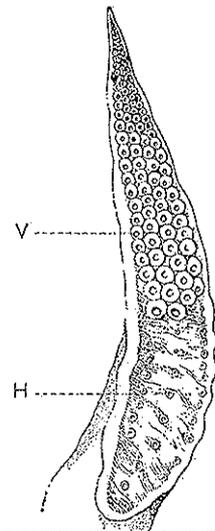


Figure n°23: Bras hectocotyle de la Seiche mâle. V : ventouses normales ; H : ventouses de la zone hectocotylisée (d'après JOUBIN in GRASSE, 1970).

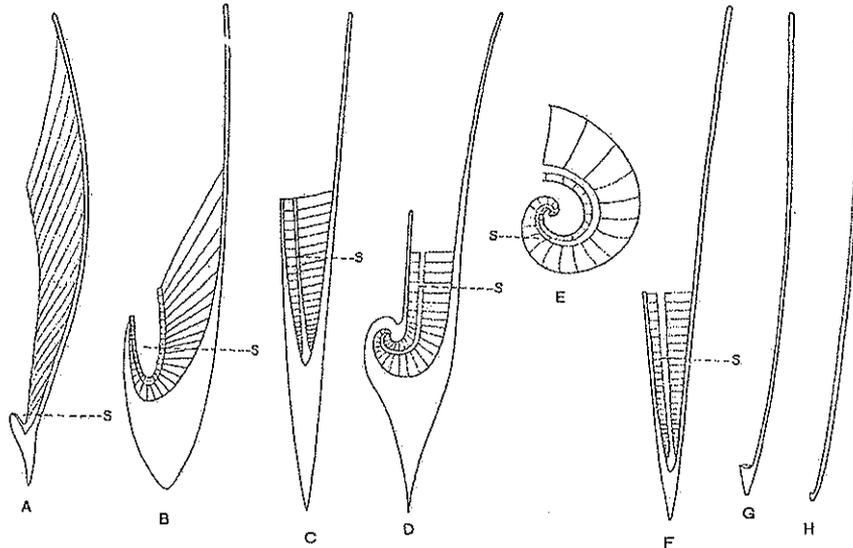


Figure n°24: Schémas de la coquille de divers Céphalopodes. **A** : *Sepia* ; **B** : *Belosepia* ; **C** : *Belemnites* ; **D** : *Spirulirostra* ; **E** : *Spirula* ; **F** : *Ostracotheutis* ; **G** : *Ommastrephes* ; **H** : *Loligo*. s :siphon (GRASSE, 1970).

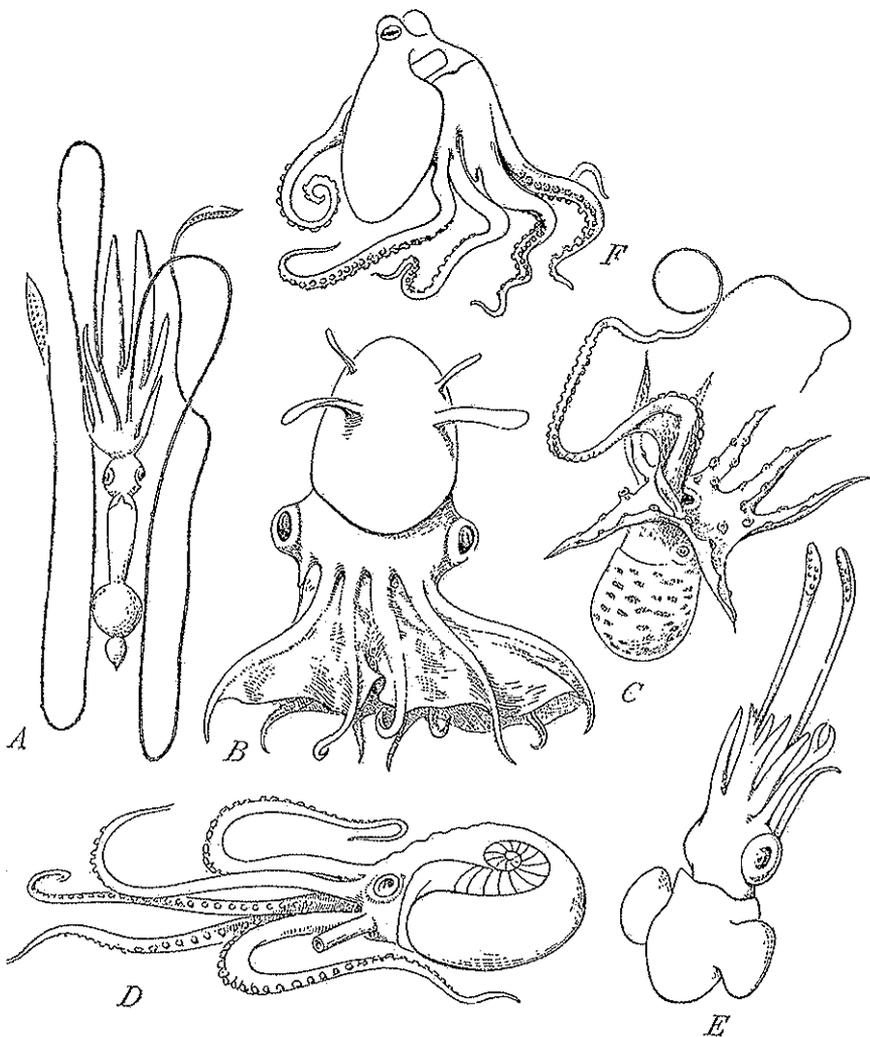


Figure n°25: Habitus de Céphalopodes. **A** : *Chiroteuthis* (1m), **B** : *Vampyrotheutis* (20cm) ; **C** : *Argonauta* mâle avec son bras hectocotyle déployé (20cm) ; **D** : *Argonauta* femelle (50cm) ; **E** : *Sepiola* (5-6 cm) ; **F** : *Octopus* (50-100cm) (GRASSE, 1970).

- Anatomie interne.

- Appareil digestif.

Le bulbe labial ayant deux mâchoires et une large radula est suivi d'un œsophage étroit puis d'un jabot énorme qui communique avec l'estomac annexé à un caecum spiral où aboutissent les canaux des glandes digestives (ou foie) formées de quatre lobes. L'intestin est long, contourné et se termine par un rectum globuleux et musculueux reporté vers l'avant.

- Système nerveux.

Le crâne cartilagineux est incomplet et limité à une masse cartilagineuse sous oesophagienne. Les deux ganglions d'une même paire fusionnent et s'allongent en une sorte de bandelette semi-circulaire comme les ganglions cérébroïdes (desservent les yeux) et les ganglions pédieux (innervent les bras et hypostome). Ceux pleuro-viscéraux forment un anneau incomplet. Les deux anneaux sont traversés par l'œsophage.

Un troisième anneau est composé de la fusion des ganglions stomatogastriques.

- Organes des sens.

Le toucher s'exerce surtout par les tentacules.

L'odorat semble siéger dans l'organe lamellaire.

La vision s'effectue par des yeux très particuliers (vésicules tapissées par la rétine qui n'ont pas d'organe de réfraction).

- Appareil circulatoire.

Le ventricule est accompagné de quatre oreillettes d'où naissent une aorte antérieure et une postérieure. Le système veineux n'a pas de cœur contractile.

- Coelome.

Il a deux particularités : il est énorme et les quatre cavités urinaires sont réduites (analogues aux organes de Bojanus). Le coelome restant est divisé en deux parties : la plus grande, la cavité génitale et la cavité péricardique plus petite.

- Reproduction.

La ponte enveloppée d'une matière muqueuse, spongieuse et dure est fixée aux rochers mais le développement de l'œuf n'est pas bien connu.

- Systematique.

Ordre des Nautiloïdes

Exemples : *N. pompilius* et *N. omphaloceras*. *Nautilus* est le seul genre vivant : il vit dans les Mers du Sud et l'océan Indien.

Ordre des Ammonitoïdes

Il est exclusivement fossile. Sur la coquille, les cloisons sont gaufrées plissées et leurs lignes d'insertion ne sont pas droites mais compliquées (**Figure n°19**).

Sous-classe des Dibranchiaux

Ces mollusques se différencient des Tétrabranchiaux par :

- la présence de deux branchies ou cténidies (**Figure n°21**). Le complexe palléal est simplifié : il n'a que deux reins, deux oreillettes et le péricarde est isolé.
- l'absence de coquille externe.
- le système nerveux céphalisé dans un crâne cartilagineux. Les organes des sens sont très développés : les yeux forment une vésicule close et ont un cristallin.
- la présence de deux glandes salivaires et d'une poche à encre (**Figure n°22**).
- la diminution du nombre de bras : huit bras pour les Octopodes et dix chez les Décapodes. Tous les bras portent des ventouses.
- l'entonnoir dû à la soudure de l'épipodium est indivis.
- leur accouplement : le mâle et la femelle seiche s'accouplent en juxtaposant leur bouche et en entrelaçant leurs bras. Le 4^{ème} bras gauche du mâle devient l'organe copulateur : l'hectocotyle (**Figure n°23**) dépose les spermatophores dans la cavité palléale de la femelle où ils vont libérer les spermatozoïdes qui vont aller féconder les œufs.

L'espèce type des Dibranchiaux est la Seiche, *Sepia officinalis* (**Figure n°20**), elle habite près des côtes sur les fonds sableux, est carnivore c'est-à-dire qu'elle se nourrit de Mollusques et de Crustacées en les saisissant entre ses tentacules et en les broyant entre ses mâchoires.

Décapodes

Ces dibranchiaux ont dix bras ; leur entonnoir est fixé au manteau par un « bouton pression » ; leur cœur est enfoncé dans le péricarde ; leur coquille est toujours présente et ils ont une nageoire. Ils sont tous d'excellents nageurs (**Figures n°26 et 25 E**).

- Sépioïdes

Exemples : *Sepia* et *Sepiola*, les seiches vivent dans les zones littorales, *Spirula* vit au large, les Bélemnites et les *Spirulirostra* ont disparu.

- Teuthoïdes

Exemples : *Loligo*, les Calmars *Architeuthis* atteignent des tailles gigantesques.

Octopodes

Ces dibranchiaux ont huit bras, leur coquille est rudimentaire et presque inexistante, l'entonnoir est sans bouton-pression, les ventouses sont sessiles, leur cœur est situé hors du péricarde, ils n'ont pas de nageoire. Les espèces sont généralement sédentaires (**Figure n°25**).

Exemples : *Octopus* les poulpes ou pieuvres.

Argonauta argo

Vampyroteuthis

Cirrotheutis : établit un terme de passage vers les décapodes.

Opisthotheutis.

2. Classification des hôtes intermédiaires : les Gastéropodes

a. Sous-classe des Streptoneures ou Prosobranches

Les Branchies sont en avant du corps et la coquille est operculée et bien développée. Le système nerveux est chiasmoneure. Ils sont les plus primitifs. Ce sont des mollusques dioïques.

- Ordre des Archéogastéropodes = Apisdobranches

Le cœur a deux oreillettes, la coquille est perforée conique ou turbinée.

- ✓ Lignée des Pleurotomaires

Exemples : *Pleurotomaria*, *Haliotis*, *Fissurella*...

- ✓ Lignée des Patelles

Exemples : *Patella*, *Helcion*...

- ✓ Lignée des Troques

Exemples : *Trochus*, *Trochocochlea*...

- ✓ Lignée des Nérites

Exemples : *Nerita*, *Titiscania*, *Helicina*...

- Ordre des Mésogastéropodes

Le cœur a une oreillette et la coquille est turbinée.

Exemples: *Vivipara*, *Littorina*, *Natica*, *Cypraea*, *Crepidula fornicata* ...

- Ordre des Néogastéropodes

Les prédateurs ont la coquille très ornementée, l'opercule souvent calcaire et le péristome siphonné.

Exemples: *Nitro*, *Nassarius* (carnivore), *Ocenebra* (bigorneau perceur), *Conus* (en mer chaude). Ce dernier possède une radula en forme de harpon, sa salive est très toxique et sa morsure peut être dangereuse pour un humain.

b. Sous-classe des Euthyneures

- Infra classe des Opisthobranches

Les branchies sont situées en arrière du corps et la coquille est réduite ou absente.

- ✓ Ordre des Tectibranches : *Bulla*, *Aplysia* (ou lièvre de mer), *Thecosomate*, ...
- ✓ Ordre des Nudibranches : *Doris*, *Aeolis*, ...

- Infra classe des Pulmonés

La respiration se fait grâce à des poumons et la coquille n'est jamais operculée. Ils sont hermaphrodites.

- ✓ Ordre des Basommatophores (aquatique) : *Physa*, *Lymnaea*, *Planorbis*, ...
- ✓ Ordre des Stylommatophores (terrestres) : *Helix*, *Limax*, *Succinea*, *Testacella*, *Arion*, *Zebrina*, *Helicella*, *Cionella*, ...

CHAPITRE 2 :
Généralités sur les
Gastéropodes

Pour ce chapitre, nous avons utilisé comme références les ouvrages de RONDELAUD et *al.* (2003), de RIPERT (1998) et de NOZAIS *et al.* (1996).

1. Généralités sur l'anatomie des Gastéropodes

a. Coquille.

La coquille est secrétée par le manteau. La spiralisation s'effectue soit dans un plan en donnant des coquilles aplaties comme celles des Planorbes soit dans l'espace ce qui aboutit à des coquilles coniques ou subglobuleuses.

Les coquilles senestres ou dextres sont différenciées par le sens d'enroulement de la spire (**Figure n°26**, page suivante). Elles sont :

- dextre : si en tenant la coquille verticalement avec la pointe (apex) en haut, l'ouverture est à droite.

- senestre : si en tenant la coquille verticalement avec la pointe (apex) en haut, l'ouverture est à gauche.

Les Prosobranches ont leur ouverture qui est obturée par un opercule corné imprégné parfois de calcaire. Cet opercule est fixé à la face dorsale du pied. Sa forme épouse le péristome. Pour différencier les membres de cette sous-classe, on utilise la disposition et le nombre de stries. Les stries peuvent être concentriques ou spiralées.

Les Pulmonés ont leur ouverture qui s'obture par l'épiphragme (couche de mucus séchée) lorsque l'habitat se dessèche ou au cours des mois d'été (zone tempérée) ou lors des saisons sèches (zone tropicale), même en hiver leur vie ralentit. La différenciation dans cette sous-classe se fait pour les coquilles coniques ou subglobuleuses par la largeur du dernier tour de spires, la hauteur totale et enfin par la hauteur de l'ouverture.

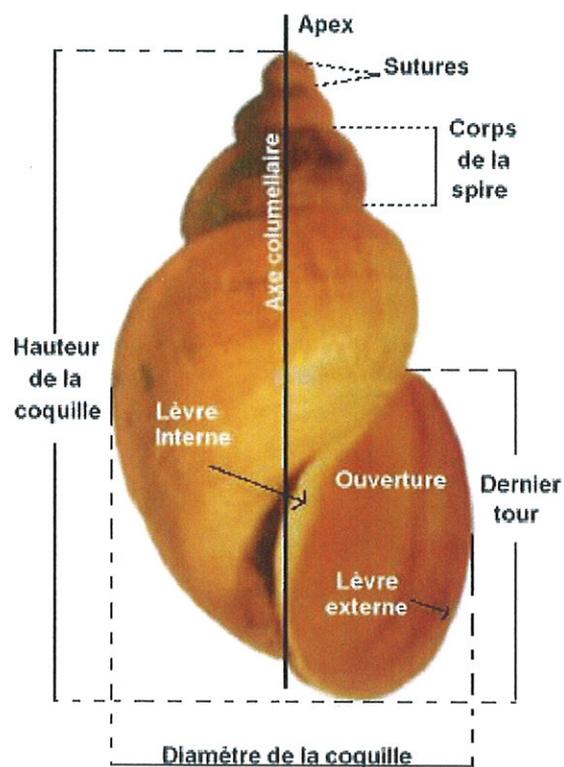


Figure n°26 : Coquille de Limnée tronquée (*Galba truncatula*)
(Laboratoire de Parasitologie de Limoges)

b. Pied.

Le pied correspond à la partie visible, il est en dehors de la coquille. Son rôle est locomoteur, il permet la reptation du mollusque grâce à ses muscles rétracteurs et columellaires, ses glandes muqueuses unicellulaires et ses glandes pédieuses. Ces dernières antérieures et médianes jouent un rôle de lubrification et ainsi forment le diaphragme ou épiphragme qui obture la coquille en cas de conditions défavorables.

c. 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.

d. Masse viscérale.

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.

e. Respiration.

L'appareil respiratoire est composé pour les Pulmonés d'un poumon et pour les Prosobranches de branchies.

2. 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 plus calmes peuvent servir d'habitats favorables. Les colonies de mollusques 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.

Les Gastéropodes sont aquatiques, amphibies ou terrestres.

Par exemple, *Galba (ex-Lymnaea) truncatula* est amphibie. Elle 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.

Radix (ex-Lymnaea) 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.

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 (village sur pilotis).

Les *Bulins* vivent 6 mois environ dans des eaux douces 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 des zones ombragées ou à faible luminosité.

L'*Oncomelania* est amphibie et vit dans des rizières ou dans les canaux d'irrigation.

Les *Biomphalaria* vivent en zone intertropicale humide dans les eaux permanentes ou à assèchement de très courte durée.

Neotricula aperta est aquatique en eau douce et ne vit pas dans les rizières. Il est abondant à la fin de la saison sèche.

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,...).

Donc on peut dire que les mollusques s'adaptent à leur environnement : grâce à leur amphibiose, ils peuvent vivre soit dans l'eau soit sur la terre émergée (*Lymnaea*) et les mollusques terrestres ont une aptitude à supporter les variations d'humidité et leur adaptation à la sécheresse est très élevée.

Les mollusques ont une grande tolérance aux facteurs physicochimiques (t° et pH) qui leur permet de faire varier leur biotope.

La colonisation de sites nouveaux par les mollusques se fait le plus souvent grâce à des déplacements passifs. Les mollusques sont tributaires de l'eau ; les crues les disséminent et peuvent créer ainsi de nouveaux gîtes. Ils peuvent, cependant, aussi être transportés passivement d'un point à un autre : mélangés à la boue sur les sabots et sous les pattes des animaux, par les roues des véhicules ou par les pieds humains.

3. Cycle biologique

Le cycle d'activité des mollusques est conditionné par la nature de l'habitat colonisé et la température qui y règne pendant l'année.

On remarque particulièrement bien ce processus dans les zones équatoriales où deux saisons de pluies alternent avec deux périodes sèches.

Dans les pays tropicaux, comme dans les régions plus tempérées (en France par exemple), l'activité des mollusques est fortement réduite en hiver à cause de la chute de la température et elle s'interrompt également pendant les mois d'été, quand l'habitat est asséché partiellement.

On retrouve cette variation des cycles au niveau de la reproduction des espèces.

Les caractéristiques de cette dernière sont plus ou moins inconnues chez certains Prosobranches africains alors que l'on connaît plus précisément celles des Pulmonés d'eau douce. Dans les gîtes africains où l'eau est permanente, on observe une succession des trois générations annuelles si bien que la durée de vie de ces mollusques n'excède pas quelques mois. En revanche, dans les cours d'eau temporaires, Duncan (1994) recense quatre séquences.

- Une seule génération annuelle : *Galba* (ex-*Lymnaea*) *trunculata* en Ethiopie.

- Deux générations annuelles : *Bulinus truncatus* en Afrique du Nord car les canaux d'irrigation se dessèchent au cœur de l'hiver et les températures sont plus favorables au développement des mollusques au printemps et à l'automne.
- Trois générations principales : *Biomphalaria* et *Bulinus* (à l'Est de l'Afrique) sous les tropiques car il y a deux saisons de pluies.
- Un nombre plus élevé de générations qui se retrouvent les unes avec les autres et qui se succèdent de manière rapide. Ce dernier mode est lié à la durée de la période où l'habitat est en eau.

Les Pulmonés terrestres vivant dans les zones tempérées ont des successions à une ou deux générations annuelles comme les espèces aquatiques. Dans les zones tempérées, il y a une succession à une, deux ou trois générations même si les données sur ces espèces sont partielles. La durée de vie des Pulmonés est très variable, elle peut être d'un an à plusieurs années.

La durée de vie dépend des espèces et des efforts de reproduction : dans les régions méditerranéennes, la ponte a lieu à l'âge d'un an, donc les mollusques vivront un année alors que ceux qui entrent en reproduction à l'âge de deux ans vivront de deux à trois ans.

4. Reproduction

Les Prosobranches ont des **sexes séparés** dans toutes les familles sauf pour les *Valvatidae*. Les mâles ont un pénis mais chez les *Viviparidae*, leur tentacule droit se modifie et leur sert d'organe copulateur. L'oviparité c'est-à-dire le dépôt des pontes est la plus fréquente mais, chez quelques familles comme *Viviparidae*, *Hydrobiidae*, *Thiadidae*, nous retrouvons une ovoviviparité où les œufs sont retenus dans le corps du mollusque, si bien qu'ils y éclosent et les nouveau-nés sortent en nageant ou en rampant.

Les Pulmonés sont **hermaphrodites** : la gonade peut produire des ovocytes et du sperme pendant la majeure partie de la vie des mollusques. La fécondation croisée est la plus fréquente mais il existe aussi l'autofécondation chez les *Bulins*. Toutes les espèces sont ovipares mais selon les familles les œufs sont isolés pour les Pulmonés terrestres ou ils sont regroupés en masse gélatineuse pour les Pulmonés d'eau douce saumâtre.

Quelques exemples (Nozais, 1996) :

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.

L'*Oncomelania* pond des œufs isolés ou en courte chaîne souvent recouverts de sable. L'éclosion se fait dans les 10 à 25 jours.

Galba (ex-Lymnaea) truncatula est hermaphrodite et autofécondable, elle pond plusieurs fois par an et une ponte donne environ 10 à 20 œufs qui sont collés en masse gélatineuse sur le sol ou la végétation.

Radix (ex-Lymnaea) auricularia a une fécondation croisée et pond environ 100 œufs collés en masse gélatineuse et l'éclosion se fait dans les 10 jours. Les mollusques sont mûrs sexuellement en 6 à 8 semaine et ont une durée de vie de 12 à 18 mois.

Bithynia déposent leurs œufs collés sur des supports végétaux soit directement sur le fond du gîte soit sur les rochers qui y affleurent.

La durée de l'éclosion varie en fonction de la température de l'eau et de l'oxygénation. L'incubation et l'éclosion sont plus rapides si la température est élevée.

L'importance de la ponte totale durant la vie dépend de plusieurs facteurs environnementaux : la quantité de nourriture, l'humidité, la température extérieure (pas de ponte en été ni en hiver), le pH du milieu, la température de l'eau (pas plus de 35-40°C).

Quand dans un gîte, la densité de population est élevée, la ponte et la croissance des jeunes diminuent et vice-versa.

5. Alimentation

L'alimentation des Gastéropodes est maximale en période de vie active. Selon les espèces, elle s'effectue aux dépens des végétaux supérieurs ou des algues qui prolifèrent lorsque la température du milieu est suffisante. Certaines espèces s'alimentent des débris organiques, de l'humus dus à la décomposition des plantes ou des animaux. Par exemple :

Galba (ex-Lymnaea) truncatula se nourrit d'algues chlorophylliennes et de cyanophycées qui se développent à la lumière et sur des sols sans végétation.

L'*Oncomelania* se nourrit aussi d'algues et de diatomées.

Le genre *Bulinus* s'alimente de substances organiques en suspension dans l'eau.

Les *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.

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 le reste de l'année (RONDELAUD *et al.*, 2003).

6. Résistance

Les mollusques sont beaucoup moins résistants à la disparition totale de l'eau, aux débordements ou aux inondations. Cependant, ils se sont adaptés à la sécheresse totale pour leur survie en s'enfouissant sous la terre : par exemple 20-30cm de profondeur pour *Planorbarius metidjensis* ou de 2-3cm pour les mollusques terrestres comme *Zebrina*. Les Bulins ont aussi cette capacité à s'enfoncer dans la boue humide et d'y rester en diapause jusqu'à la prochaine saison des pluies avec des survies pouvant aller de 5 à 8 mois sans eau. Cette aptitude à l'estivation existe chez les Prosobranches et les Pulmonés.

Chez les Limnées, les jeunes résistent mieux à la sécheresse que les adultes. En cas d'été sec, à l'automne il n'y aura que des jeunes pour recoloniser le milieu alors qu'après un été pluvieux, qui est plus favorable aux adultes, à l'automne il y aura des jeunes et des adultes.

Malgré une forte mortalité chez les mollusques, l'effectif des survivants sera suffisant pour permettre une recolonisation du milieu après le retour de l'eau.

CHAPITRE 3 :
Les Mollusques et le
Parasitisme

Le contenu de ce chapitre est tiré des ouvrages de RONDELAUD *et al.* (2003) et NOZAIS *et al.* (1996). Il comporte quatre parties consacrées successivement aux parasites transmis, puis aux développements larvaires chez les Mollusques, puis à la relation mollusque/parasite et enfin aux conséquences du parasite sur les mollusques.

1. Les parasites transmis

a. Cas des Digènes

Les mollusques sont connus comme étant des hôtes intermédiaires dans des nombreuses parasitoses humaines. Ils permettent le développement larvaire de ces parasites. Ils vivent principalement en eau douce. Ici on ne décrira que les parasites qui touchent les humains même si la plupart de ces maladies sont des zoonoses : les Distomatoses, Schistosomoses.

Les Distomatoses sont des affections hépatobiliaires, pulmonaires ou intestinales dues à des Trématodes qui nécessitent des Gastéropodes comme hôtes intermédiaires (**Tableau n°1**, page suivante).

Tableau n°1: Les Distomatoses : les parasites et leurs hôtes intermédiaires.

MALADIES	PARASITES	MOLLUSQUES - HOTES
<u>Distomatoses hépatiques</u>	<i>Fasciola hepatica</i>	<i>Galba truncatula</i> <i>Lymnaea stagnalis</i> <i>Stagnicola palustris</i> <i>Radix peregra</i> <i>Lymnaea cubensis</i> <i>Pseudosuccinea collumella</i>
	<i>Fasciola gigantica</i>	<i>Radix natalensis</i> <i>auricularia</i>
	<i>Dicrocoelium dendriticum</i>	<i>Zebrina detrita</i> <i>Helicella candidula</i> <i>ericetorum</i> <i>unifasciata</i> <i>Cochlicella acuta</i> <i>ventricosa</i> <i>lubrica</i> <i>Abia frumentum</i> <i>Cionella lubrica</i>
<u>Distomatoses pulmonaires</u>	<i>Paragonimus westermani</i>	<i>Semisulcospira libertina</i> <i>Thiara sp</i> <i>Brotia asperata</i> <i>costula episcopalis</i>
	<i>Paragonimus africanus</i>	<i>Potadoma achatina</i> <i>frethi</i>
	<i>Paragonimus uterobilateralis</i>	<i>Afropomus balanoides</i> <i>Potadoma sanctipauli</i>
	<i>Paragonimus mexicanus</i>	<i>Aroapyrgus costaricensis</i>
<u>Distomatoses intestinales</u>	<i>Fasciolopsis buski</i>	<i>Segmentina hemisphaerula</i> <i>trochoideus</i> <i>Hippeutis cantoni</i>
	<i>Heterophyes heterophyes</i>	<i>Prionella conica</i> <i>Cerithidea cingulata</i>
	<i>Echinostoma ilocanum</i>	<i>Gyraulus convexisculus</i> <i>prashadi</i> <i>Hippeutis umbilicatis</i>
	<i>Metagonimus yokogawai</i>	<i>Semisulcospira libertina</i> <i>Koreamelania</i>

EXEMPLES d'HÔTES de DISTOMATOSES



Figure n°27 : *Galba truncatula*
(Laboratoire de Parasitologie de
Limoges)



Figure n°28 : *Segmentina sp.*
(Laboratoire de Parasitologie de
Limoges)

EXEMPLES d'HÔTES de SCHISTOSOMOSE



Figure n°29 : *Bulinus forskali*
(Laboratoire de Parasitologie de
Limoges)



Figure n°30 : *Biomphalaria
glabrata*
(Laboratoire de Parasitologie de
Limoges)



Figure n°31 : *Oncomelania nosophora*
(Laboratoire de Parasitologie de Limoges)

Dans les Distomatoses hépatiques, *Fasciola hepatica* a pour hôtes intermédiaires des mollusques de la famille des *Lymnaeidae* (**Figure n°27**), tout comme pour *F. gigantica* où on ne répertorie que de rares cas humains. Pour la Dicrocoeliose à *Dicrocoelium dendriticum* ou petite douve, l'homme n'est qu'un accident dans le cycle. Les mollusques appartiennent à plusieurs genres : *Helicella*, *Cochicella*, *Zebrina*.

Le genre *Bithynia* est rencontré dans les Opisthorchioses : celle à *Opisthorchis felineus* est exceptionnelle chez l'homme contrairement à celle à *O. viverrini*. Il est aussi hôte intermédiaire des Clonorchioses à *Clonorchis sinensis* avec le genre *Parafossarulus*.

Chez les Distomatoses pulmonaires à *Paragonimus*, la liste des hôtes intermédiaires est longue et ces hôtes changent selon l'espèce du parasite et son pays. Par exemple, *Paragonimus westermani* présent en Asie a pour mollusque hôte *Semisulcospira*, en Chine et en Malaisie ce sera le genre *Brotia*. Les *Potadoma*, vecteurs de *P. africanus* vivront en eau saumâtre alors que tous les autres mollusques seront des mollusques d'eau douce.

Dans les Distomatoses intestinales, *Fasciolopsis buski* a pour hôtes des planorbes *Segmentina* (**Figure n°28**) ou *Hippeutis*. Ceux de *Heterophyes heterophyes* sont soit des Potamidés d'eau saumâtre comme *Pirenella* ou *Cerithidea* soit des Pleurocercidés d'eau douce comme *Semisulcospira*. Pour les *Echinostomes sp.*, les premiers hôtes intermédiaires seront soit des Planorbes comme *Gyraulus* ou *Hippeutis* pour *Echinostoma ilocanum* ou des limnées pour *E. linodoense*. Le second hôte intermédiaire sera un mollusque prosobranch tel que *Pila* ou *Viviparus* ou même des Lamellibranches comme les praires ou les palourdes. Dans le cas du parasite *Metagonimus yokogawai*, on retrouve à nouveau des mollusques d'eau douce, *Semisulcospira* ou *Melania*.

Les Schistosomoses ou Bilharzioses sont des affections soit urinaires soit intestinales ou sigmoïdo-rectales ou humaines d'Asie, d'Afrique et d'Amérique.

Les hôtes intermédiaires des schistosomes sont des mollusques Gastéropodes Pulmonés ou Prosobranches. Ceux de *S. haematobium* et *S. intercalatum* qui sont des schistosomes émetteurs des œufs à éperon terminal appartiennent au genre *Bulinus* (**Figure n°29**); ceux de *S. mansoni*, qui émettent des œufs à éperon latéral, au genre *Biomphalaria* (**Figure n°30**), et *S. japonicum* au genre *Oncomelania* (**Figure n°31**) et *S. mekongi* au genre *Neotricula*.

b. Cas d'un Nématode : *Angiostrongylus cantonensis*

A côté des Digènes, d'autres espèces, appartenant aux Nématodes Metastrongyloïdae, ont besoin de mollusques hôtes pour leur développement larvaire. Ainsi *Angiostrongylus cantonensis* est le parasite de la maladie d'ALICATA, une angiostrongylose nerveuse. Ce nématode est un parasite des capillaires pulmonaires. Ces larves L1 poursuivent leur cycle chez des mollusques comme *Achatina fulica* et s'y transforment en L2 puis en L3 qui est le stade infestant pour les hommes et hôtes paraténiques.

Deux espèces voisines d'*A. cantonensis*, à savoir *A. mackerrasae* (Australie) et *A. malayiensis* (Malaisie, Thaïlande) ont le même cycle reproductif et sont donc des agents potentiels de maladies humaines mais aucun cas n'a encore été identifié (AUBRY, 2006).

2. Développement larvaire chez le Mollusque

a. Cas des Digènes

Dans ce chapitre, on ne va pas énoncer toutes les caractéristiques du développement larvaire des parasites chez les différents mollusques. On décrira seulement les différents stades larvaires que l'on rencontrera dans le mollusque.

La quasi-totalité des Digènes répondent au schéma de développement larvaire représenté sur la **Figure n°32**, page suivante.

Une illustration de ces formes larvaires, par exemple *F. hepatica*, est fournie sur la **Figure n°33**, page suivante.

- Les Miracidiums

En fonction des diverses espèces de Digènes, le miracidium peut éclore dans un milieu extérieur et avoir ainsi une phase de vie libre assez courte et pénétrer dans le mollusque pour se transformer en sporocystes. Il peut aussi éclore directement dans l'organisme même du Gastéropode après que l'œuf ait été ingéré par le mollusque.

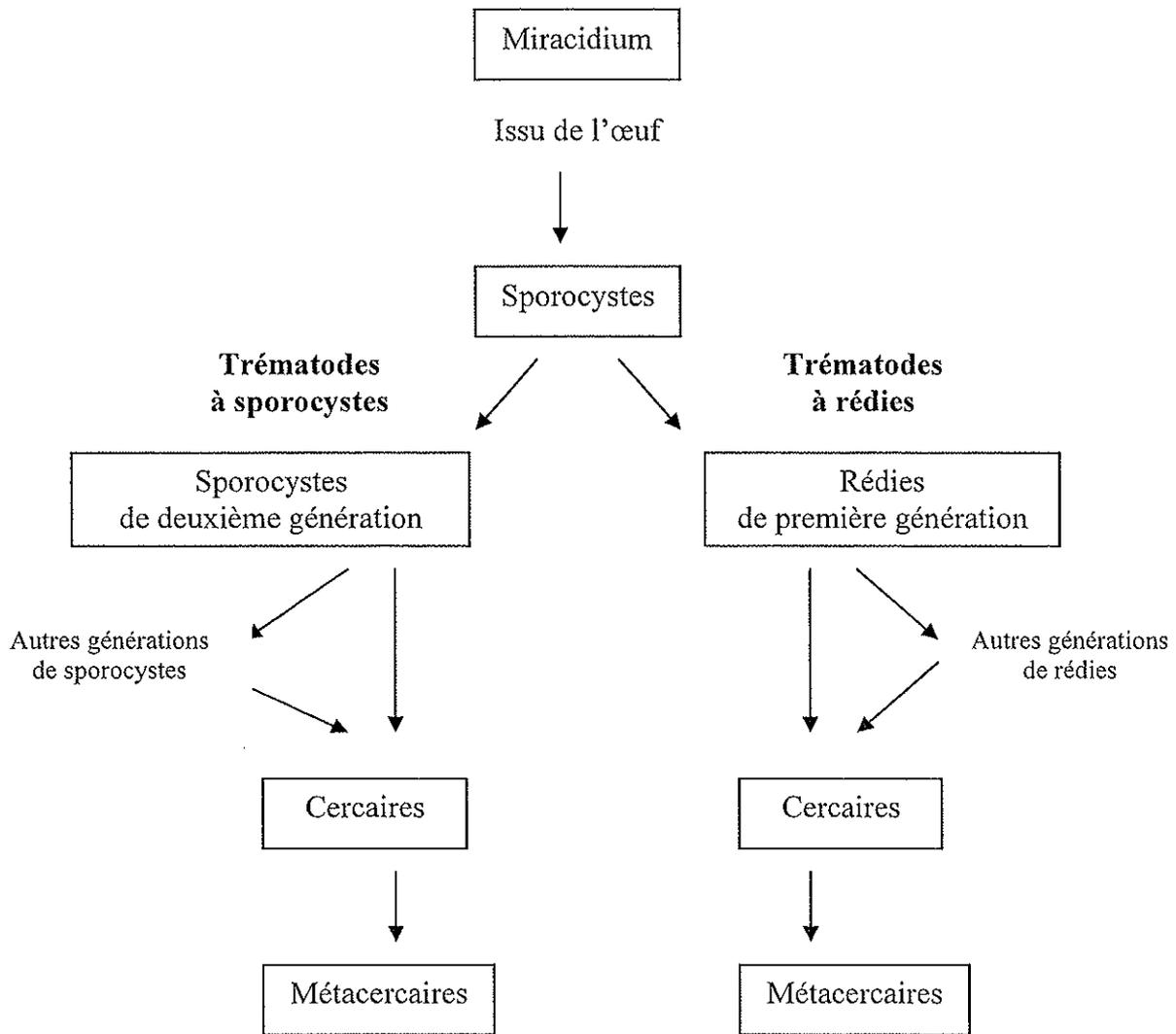


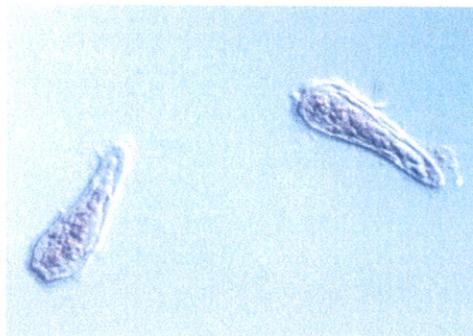
Figure n°32: La succession (schématisée) des formes larvaires de Trématodes Digènes chez l'hôte intermédiaire (RONDELAUD *et al.*, 2003)



Adultes



Œuf



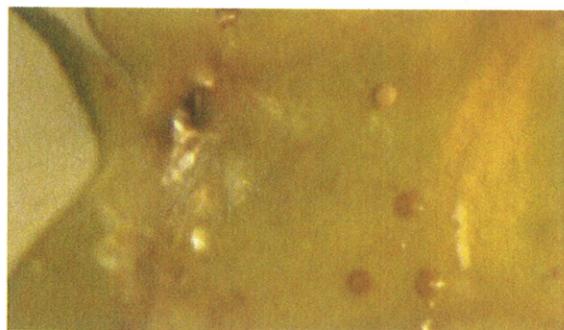
Miracidiums



Rédie



Cercaire



Métacercaires sur une feuille

Figure n°33: Photographie des différents stades larvaires de *Fasciola hepatica* (DURAND, Cours univ. de Paris) et (DARDE et DREYFUSS, laboratoire de Parasitologie de Limoges)

- Les Sporocystes et les Rédies

Le sporocyste initial provient de la transformation du miracidium. Les organes régressent et le sporocyste ressemble alors à une sorte de sac qui renferme des cellules germinales. Selon les espèces, les cellules vibratiles (cellules à fonctions urinaires) et les tâches oculaires du miracidium persistent. Dans le sporocyste, les cellules germinales se différencient rapidement en morulas pour donner soit des rédies de 1^{ère} génération soit des sporocystes de seconde génération selon les Digènes.

Ces larves migrent vers la glande digestive du mollusque pour s'y installer.

Les sporocystes de seconde génération ont la même structure que les sporocystes de 1^{ère} génération. En revanche, les rédies ont un pharynx s'ouvrant dans un intestin aveugle, un ganglion nerveux et des cellules à flamme vibratile. Chez certains Digènes comme par exemple, *Echinostoma paraense* ou *Fasciola*, 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. Que ce soient des rédies ou des sporocystes, on observe une ou plusieurs générations successives de ces larves.

La durée du développement larvaire dépend de la température extérieure, cette durée est de 4 ou 5 semaines si la température est voisine de 25°C et le temps s'allonge quand la température diminue.

Les cellules germinales forment des morulas qui vont se différencier en cercaires.

- Les Cercaires

Les cercaires ont une structure proche de l'organisation adulte à l'exception des organes génitaux qui ne sont encore qu'à l'état d'ébauche. Elles possèdent un corps et une queue de longueur variable selon les espèces ; de plus cette larve a des glandes de pénétration ou des glandes cystogènes qui lui serviront à sécréter les couches constitutives du kyste pour sa transformation en métacercaire. Leur libération par le mollusque s'effectue selon divers modes.

Le devenir des cercaires après leur sortie de l'hôte dépend de l'espèce du Digène :

- lorsque l'hôte intermédiaire est un mollusque aquatique, les cercaires nagent soit vers l'hôte définitif dans lequel elles poursuivent leur développement vers la forme adulte (cas des schistosomes), soit vers des substrats végétaux pour s'y fixer. Dans certaines espèces

de Digènes, il existe aussi des métacercaires qui flottent à la surface de l'eau et sont capables d'être disséminées lors des inondations (appelés aussi kystes flottants). Les métacercaires sont formées par l'enkystement des cercaires.

La sécrétion d'une paroi, généralement une ou deux couches, autour du corps permet de résister au système de défense de l'hôte définitif ou au milieu extérieur ou encore au second hôte intermédiaire.

Certaines douves ont deux hôtes intermédiaires : le premier est un mollusque et le second peut être un second mollusque, un crustacé ou un poisson. Les cercaires sortent du mollusque et se transforment en métacercaires dans le second hôte.

- lorsque l'hôte intermédiaire est un mollusque terrestre comme *Helicella* dans la Dicrocoeliose (même si l'homme n'est qu'une erreur dans le cycle, il peut être contaminé dans de très rares cas), les cercaires sont expulsés du mollusque en grappe dans des boules de mucus qui seront consommées par différentes espèces de fourmis. Dans ce second hôte intermédiaire, le parasite traverse la paroi du jabot et se transforme en métacercaire dans divers sites anatomiques comme dans les ganglions sous-oesophagiens et provoque un comportement anormal de la fourmi parasitée qui se fixe au sommet des herbes pendant la nuit.

b. Cas d'un Nématode

Les œufs pondus par les femelles d'*A. cantonensis* donnent dans les capillaires pulmonaires des larves qui gagnent la trachée, sont dégluties et éliminées dans les selles des rats infestés. Les larves L1 doivent poursuivre leur cycle de développement chez des mollusques, hôtes intermédiaires, pour y subir deux mues et devenir en deux semaines des larves infestantes L3. Les larves L1 peuvent survivre 2 semaines dans l'eau. De nombreux animaux se nourrissant de mollusques (crabes de mangroves et de cocotiers, crevettes, batraciens, poissons ...) sont des hôtes d'attente ou hôtes «paraténiques» pour les larves infestantes L3 qui gagnent leur encéphale, mais ne peuvent poursuivre leur développement. L'homme se contamine en consommant crus ou peu cuits des mollusques, hôtes intermédiaires ou des hôtes paraténiques ou des végétaux souillés par le mucus des mollusques, ou encore des mollusques à l'état cru ou sous forme de jus (Thaïlande) (AUBRY, 2006).

3. Relation Mollusque / Parasite

a. Cas des Digènes

- Spécificité.

La subtilité de la relation hôte intermédiaire-parasite, quoique reconnue, n'est pas entièrement comprise mais on peut considérer en terme de compatibilité deux notions : l'infectivité du miracidium et la susceptibilité du mollusque (PRESTON et SOUTHGATE, 1994). L'infectivité est l'aptitude génétique du parasite à pénétrer et à se développer chez un hôte (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).

Dans 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. C'est ainsi que les miracidiums de *Schistosoma intercalatum* du Zaïre sont compatibles avec le groupe des *Bulinus africanus* mais ils sont incompatibles avec le groupe *Bulinus forskali*. Alors que les miracidiums de *S. intercalatum* du Cameroun sont compatibles avec *B. forskali* mais incompatibles avec *B. 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. 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.

- En présence de souche étrangère du mollusque hôte, implantée 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.

Un exemple basé sur la génétique a été montré dans le cas d'une hybridation naturelle ou expérimentale entre deux espèces de Schistosomes qui a chacune un hôte intermédiaire

distinct. *S. haematobium* à Loum au Cameroun se développe chez *B. rohlfsi* et non chez *B. forskali*, contrairement à *S. intercalatum* à Loum qui se développe chez *B. forskali* et non chez *B. rohlfsi*. La lignée hybride F1 résultante de l'association *S. haematobium* mâle X *S. intercalatum* femelle est compatible avec les deux hôtes, *B. rohlfsi* et *B. forskali*. Dans ce cas, la barrière de l'hôte a été rompue en seulement une génération de parasite montrant par exemple l'hétérogénéité et l'héritage de l'infectivité. En plus, on a la preuve de l'extension en moins de 10 ans de tels hybrides dans un rayon de 100 km au Nord Ouest de Loum où les mollusques ont été récoltés dans plusieurs habitats temporaires. Ces observations soulignent la nature dynamique de ces hybrides (PRESTON et SOUTHGATE, 1994).

- En l'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*, par exemple, le développement larvaire est possible chez une autre Limnée (*Lymnaea glabra*) ou chez une planorbe (*Planorbis leucostoma*) si le mollusque est infesté simultanément par un miracidium de ce Digène et celui de *P. daubneyi*.

Le taux d'infestation fascioliennne est plus élevé chez les Limnées tronquées jeunes ou adultes que chez les deux autres espèces *L. glabra* et *R. peregra ovata* (PREVERAUD – SINDOU *et al.*, 1989).

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. 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).

- Réussite de l'infestation

La réussite de l'infestation passe d'abord par la réussite de la pénétration du miracidium dans le mollusque hôte et ensuite par 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,
- la nourriture dont dispose le mollusque.

Par exemple, pour *F. hepatica*, les prévalences élevées seront 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.

Plus précisément, les facteurs qui jouent un rôle important dans la **réussite de la pénétration du miracidium** dans le mollusque dépendent de trois paramètres qui sont les suivants : les facteurs du milieu, les facteurs propres aux mollusques et les facteurs propres aux parasites.

Les facteurs du milieu 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 dans nos régions. 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.

On doit aussi tenir compte des facteurs propres aux mollusques ; l'espèce ne joue pas un rôle important dans la pénétration car on observe souvent la pénétration de miracidium dans des espèces non hôtes (mollusque 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.

Facteurs	Impact	Observations
<p>Facteurs du milieu :</p> <p>Température du milieu</p> <p>Dessèchement du milieu de vie</p>	<p>Le développement larvaire est plus rapide si la température s'accroît.</p> <p>Retard dans le développement larvaire si infestation récente. Réduction numérique des rédies et des cercaires si infestation plus évoluée.</p> <p>Accumulation des cercaires dans le corps des mollusques.</p>	<p>Le développement se produit entre 10 et 26°C.</p> <p>Le dessèchement du milieu de vie peut être naturel en été (processus d'estivation) ou expérimental. Ceci se traduit par le jeûne du mollusque.</p>
<p>Facteurs propres aux mollusques :</p> <p>Volume interne du mollusque hôte.</p> <p>Intoxication préalable du mollusque.</p> <p>Présence d'une virose chez le mollusque.</p>	<p>Plus le volume interne est important, plus la quantité de formes larvaires est élevée.</p> <p>Taux d'infestation plus bas et charge rédienne plus faible si l'exposition aux miracidiums a lieu juste après le contact du produit chimique.</p> <p>Charge rédienne plus faible dans les colonies fortement virosées.</p>	<p>Ce facteur dépend de la vitesse de croissance du mollusque et de la qualité de sa nourriture.</p> <p>Ce processus n'est pas spécifique d'une intoxication par voie chimique. On le retrouve également après le dessèchement naturel ou expérimental.</p> <p>Les relations entre les parasites et la virose ne sont pas encore connues.</p>
<p>Facteurs propres aux parasites :</p> <p>Nombre de miracidiums</p> <p>Fréquence du contact naturel entre le mollusque et le parasite</p> <p>Ré-infestations.</p>	<p>Retard dans l'évolution de la charge parasitaire si le nombre de miracidiums est élevé.</p> <p>Les caractéristiques de l'infestation fasciolienne sont modifiées lorsque la fréquence de rencontre est rare ou exceptionnelle.</p> <p>La charge parasitaire s'accroît si le mollusque est soumis à une deuxième infestation.</p>	<p>La mortalité du mollusque augmente en cas de ré-infestation.</p>

Tableau n°2: Les effets de quelques facteurs sur le développement des formes larvaires chez la Linnée tronquée (MICHELET, 1997).

Les facteurs propres aux parasites, leur rôle n'est pas à négliger : plus la densité des miracidiums est élevée, plus le taux d'infestation augmente. Mais si leur nombre est trop important, on observe un nombre de sporocystes limité et un retard larvaire. En cas d'infestation par 20 miracidiums, on observe un taux d'infestation de 94% par rapport aux mollusques survivants, mais il ne reste que 16% des survivants contre 69% pour les mollusques mono-infestés où le taux d'infestation est de 59%. Donc le taux d'infestation augmente avec le nombre de miracidiums alors que le nombre de survivants diminue (SINDOU *et al.*, 1988).

Le second facteur lié au parasite est le site de pénétration du miracidium : si la pénétration s'effectue par le manteau cela permet une meilleure survie ; en revanche les voies pédieuses et tentaculaires sont nettement plus néfastes.

Lors de la **réussite du développement larvaire**, on retrouve différents facteurs énoncés dans le **tableau n°2**.

Dans les facteurs du milieu, 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* ou *P. daubneyi*, les premières cercaires sont émises des limnées au 35^{ème} jour pendant l'été c'est-à-dire entre 8 et 22°C. Mais si la température est de 5 à 18°C, l'éclosion a lieu au 70^{ème} jour. D'après AMAZZI *et al.* (1997), les effets d'un assèchement expérimental de 5 ou 10 jours montrent un ralentissement de la différenciation des cercaires et des sporocystes. Dans le groupe de 10 jours d'assèchement, le nombre de cercaires et de sporocystes diminue mais le nombre de sporocystes dégénérés augmente. Mais le fait d'avoir des sporocystes vivants après 10 jours suggère que si les conditions redeviennent normales, ils vont se développer et ainsi recoloniser l'hôte. Donc dans le cas de zones méditerranéennes et tropicales, où se produit un assèchement périodique du milieu, les mollusques subissent un jeûne, qui est un autre exemple de facteur influant sur le développement larvaire. Les rédies ou les sporocystes les plus différenciés dégénèrent progressivement alors que seules survivent les larves les plus jeunes (sporocyste initial, sporocystes de deuxième génération ou rédies immatures selon les espèces). Cependant l'indépendance et la maturation des cercaires se poursuivent dans le mollusque en jeûne, tout au moins dans les premiers temps, ce qui aboutit à l'accumulation de ces parasites et leur sortie en masse si l'habitat du mollusque redevient humide ou en eau.

Si le milieu est pollué de façon périodique comme le ruisseau de Thenay, on observe que cela peut entraîner un dysfonctionnement du système de défense interne du mollusque et facilite ainsi le développement larvaire du parasite (DREYFUSS *et al.*, 2000).

On retrouve aussi le plus connu des facteurs propres aux mollusques : son volume interne. Il dépend de la vitesse de croissance du mollusque : 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 : si le mollusque a une nourriture abondante en algue, la production des cercaires sera d'autant plus importante.

L'intoxication du mollusque par des 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). On observe aussi cet impact lorsque l'exposition aux miracidiums a lieu dans les jours qui suivent la fin d'un dessèchement expérimental ou au contraire à distance (RONDELAUD, 1994).

Si la colonie est atteinte d'une iridovirose, on observera un impact sur la charge rédienne (RUELLAN et RONDELAUD, 1993).

Pour les facteurs liés au parasite, on observe que les caractéristiques de l'infestation fasciolienne sont modifiées lorsque la fréquence de rencontre mollusque/parasite est rare ou exceptionnelle.

En cas de réinfestation, les mollusques sont parasités par un nombre supérieur de larves par rapport à leur première infestation.

Le nombre de miracidiums agit sur la phase prépatente : en effet elle est significativement plus courte si *Planorbarius metidjensis* est infesté par un seul miracidium de *S. haematobium* que s'il est pluri-infesté par 2 ou 5 miracidiums (MOUKRIM *et al.*, 1996).

- 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.

Deux facteurs jouent un rôle dans l'émergence des cercaires :

- la **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).

- la **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.

L'influence d'autres facteurs a été également étudiée. Les résultats ne peuvent être généralisés et semblent dépendre des espèces étudiées.

La nourriture joue un rôle dans la production des cercaires. Lors d'une étude sur *G. truncatula* infestée par différents digènes (RONDELAUD *et al.*, 2002), l'émission de cercaires est maximale si leur alimentation est composée d'algues ou d'aliment modifié de Boray. A contrario, on peut remarquer que cette émission est moindre avec une alimentation à base de la laitue ou les germes de blé.

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).

L'assèchement du milieu de vie 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 Linnées et les Planorbis ont besoin d'un milieu humide ou d'une petite étendue d'eau. Lors d'une étude (YACOUBI *et al.*, 1999) où les mollusques (*P.*

metidjensis) subissent un assèchement puis une ré-immersion du milieu de vie, le rythme circadien des émissions est perturbé. Cela peut s'expliquer par la baisse de production de cercaires à partir des sporocystes de *S. haematobium* lors de l'assèchement. De plus, les cercaires sont mises « en attente » dans le corps du mollusque et dès la ré-immersion elles sortent alors en masse. Mais ces perturbations dues à un assèchement de 10 jours ne sont pas irréversibles. Le retour à la normale est dû à la reprise de la différenciation des sporocystes survivants à cette phase.

Lors de la réhydratation, le pic d'émission peut être décalé et se produire la nuit au lieu de la journée. Donc les cercaires peuvent perdre leur capacité à réagir à la lumière et on observe ainsi que seul le retour à l'eau peut être un stimulus pour l'émergence des cercaires mais la sortie reste faible et ne dure pas longtemps ceci étant, sans doute, dû à l'absence de soleil.

Les périodes où se produisent naturellement les 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.

Par exemple, chez *G. truncatula* infestée par *F. hepatica*, on observe une périodicité de 6 à 8 jours dans l'émission cercarienne (VIGNOLES *et al.*, 2006).

Le rythme d'émission des cercaires est aussi ajusté au comportement de l'hôte définitif (DJUIKWO NOUBOUE, 2005). Le plus fréquent des rythmes est le **rythme circadien** avec un pic d'émission par 24h qui peut se faire 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 glande à albumine. Le nombre de kystes présents est indépendant de la taille *post-mortem* des mollusques. Leur nombre augmente avec la durée de survie du mollusque (supérieure à 70 jours). On suppose que ces métacercaires internes sont formées 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...

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).

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

- Prévalence

Les données sont peu nombreuses et spécifiques de parasitoses de pays tropical. 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 a 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.

- Issue : la mort du mollusque

Toute infestation d'un mollusque conduit à la mort de celui-ci.

b. Cas des Nématodes

En règle générale, la réussite d'une infestation d'un mollusque par un Nématode dépend de nombreux facteurs liés à l'hôte comme l'âge, l'état physiologique (reproduction, sorite d'estivation...) et l'expérience du mollusque vis-à-vis des infestations. Les infestations récentes protègent des réinfestations alors que celles plus anciennes (présence de larves L3) faciliteraient la réinfestation.

La réussite dépend aussi de la nature des larves : les larves âgées auront un pouvoir infestant médiocre.

4. Conséquence du parasitisme sur les mollusques

a. Cas des Digènes

- Effets directs.

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 défense 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 et les cellules des pores. Leur rôle dans la défense du mollusque contre l'infestation par un Trématode n'a pas été spécialement étudié (Van der KNAAP et LOKER, 1990).

Mais le rôle prédominant pour cette lutte contre les larves de Digènes est joué par les cellules circulantes. Ces cellules appelées aussi **hémocytes** sont donc les premiers médiateurs de la défense du mollusque. Elles se lient à la surface des parasites et émettent des toxines pour les détruire. Elles reconnaissent le soi et le non soi. Elles sont produites dans la cloison séparant le fond de la cavité palléale de la cavité péricardique. Cet organe est composé de quelques nodules cellulaires chez les mollusques non stimulés alors qu'il est formé de multitudes de cellules quand l'hôte est stimulé par la pénétration des larves. Les hémocytes se répartissent en deux catégories de cellules : la première catégorie : les granulocytes sont les plus nombreux (90 à 96% des hémocytes), ils sont responsables du capsulage des parasites en produisant de longs pseudopodes ; leur cytoplasme est formé de granules denses d'où leur nom et leur noyau est réniforme ou lobé ; la seconde catégorie : les hyalinocytes sont moins

nombreux et ces petites cellules ont un cytoplasme clair et sans granules. Les hémocytes sont capables de se lier et de détruire les parasites soit par la phagocytose avec ingestion des particules dans le lysozyme soit par la libération de composants cytotoxiques soit par synergie de ces deux mécanismes. Dans les phagosomes formés, on retrouve des radicaux oxygénés tels que les superoxydes, les peroxydes d'hydrogène qui jouent un rôle dans la destruction du parasite. D'autre part, comme il n'y a pas de formation d'immunoglobulines chez les invertébrés, la reconnaissance passe par des médiateurs, les lectines, synthétisées par les hémocytes (Van der KNAAP et LOKER, 1990). De nombreuses études ont été effectuées sur le couple *B. glabrata* / *S. mansoni* sur la corrélation entre le système immunitaire du mollusque et leur susceptibilité vis-à-vis du parasite. Dans une lignée de mollusques compatibles, les hémocytes se lient au parasite d'une manière transitoire et inefficace permettant l'établissement de l'infestation avec succès du parasite et les produits excrétés par les sporocystes vont inhiber leur mobilité (Van der KNAAP et LOKER, 1990). Contrairement aux mollusques réfractaires, où les produits favorisent la mobilité des hémocytes, ceux-ci entourent rapidement les sporocystes en les isolant et en les encapsulant dans plusieurs couches, puis les détruisent en 48h environ.

Donc la destruction du parasite ou la réussite de son développement au sein du mollusque dépend de facteurs génétiques qui contrôlent à la fois l'infectivité du parasite et le degré de résistance de l'hôte. Mais ces facteurs sont encore peu connus et restent à étudier.

Pour les mollusques aquatiques, comme la Limnée, la pénétration du parasite dans l'hôte entraîne des lésions sous forme d'une nécrose épithéliale suivie d'une reconstitution avec hyperplasie cellulaire (SINDOU *et al.*, 1988 ; HOURDIN et RONDELAUD, 1993). Le processus peut se poursuivre avec des cycles successifs nécrose-reconstitution. Dans une étude (MOUKRIM et RONDELAUD, 1992) sur l'évolution de cette atteinte sur *L. truncatula* parasitée par *F. hepatica* ou par *F. gigantica* ou par *P. daubneyi*, on a observé que le rein est le premier viscère à être touché. Les trois autres viscères étudiés sont touchés ultérieurement : la glande digestive, la gonade et la glande de l'albumine.

Dans n'importe quelle combinaison hôte-parasite examinée, le volume de la glande digestive des mollusques est réduit, comparé à celui des mollusques sains de même âge. De plus, la réduction observée est plus grande quand le mollusque est infesté jeune par rapport à un adulte. Elle résulte d'une limitation de la croissance de l'hôte lorsque les mollusques sont infestés jeunes, et d'une compétition pour l'espace entre le parasite et la glande digestive lorsqu'ils sont infestés adultes (GERARD et THERON, 1995).

La gonade s'atrophie souvent sous la pression des parasites et disparaît, correspondant ainsi à la notion de « castration parasitaire ». Cependant, la castration est rarement totale pour les mollusques infestés adultes contrairement aux mollusques infestés lorsqu'ils sont immatures. La production des œufs peut être inhibée mais il y a rarement d'arrêt total de la ponte ; au contraire parfois on a même observé une augmentation de la ponte lors de la phase prépatente. La diminution de la fécondité est variable selon les espèces de mollusques : certains sont peu touchés comme *B. truncatus* infesté par *S. haematobium* alors que chez *B. globosus* la castration est de l'ordre de 90%. On peut expliquer cette inhibition de la reproduction par deux mécanismes : premièrement, l'ingestion des gonades par les parasites et l'élaboration des produits chimiques interférant sur la fécondité des mollusques et deuxièmement l'altération du métabolisme de l'hôte par une sous-alimentation de ces derniers au profit du parasite pour une compétition des nutriments (DJUIKWO NOUBOUE, 2005).

Des perturbations d'ordre biochimique peuvent être observées : en effet les glucides, les lipides, les protides et les enzymes de dégradation sont souvent diminués en quantité et disparaissent parfois lors des différenciations des sporocystes ou des rédies. Une faible restauration a été notée lorsque les cercaires deviennent indépendantes dans le corps du mollusque. Les éléments nutritifs présents dans l'hôte sont donc détournés au profit du parasite pour le développement de ces larves ce qui correspond à une spoliation du mollusque par son parasite.

Des perturbations d'ordre neuronal ont été décrites dans le couple *Lymnaea stagnalis* / *Trichobilharzia ocellata*. Une substance nommée schistosomine dans l'hémolymphe du mollusque interfère avec le système endocrine de celui-ci et ainsi perturbe la sécrétion des neurones situés dans les ganglions cérébroïdes. Cela retentit sur la maturation des cellules germinales des gonades et la fécondité de la limnée. On a aussi vu des morts neuronales chez des *G. truncatula* parasitées par *F. hepatica*.

Une approche neurobiologique de la modulation de la réponse immunitaire a été défendue par des hollandais (SHIFF, 1994) qui ont montré l'effet sur le système nerveux central, d'un produit du développement parasitaire qui provoque la production de certaines substances neurosécrétées interférant avec l'activité phagocytaire des hémocytes. Ces études suggèrent soit que le système de défense est déficient dans certains mécanismes, soit que le parasite joue un rôle actif et manipule les mécanismes de défense de l'hôte. C'est la théorie de la compatibilité impliquée. Par exemple si on observe l'hybridation *S. haematobium* + *S.*

mattheei, tous les deux n'ont qu'un hôte intermédiaire différent. Leur hybride F1 peut se développer dans les deux espèces d'hôtes. Donc on peut dire que l'incompatibilité est donnée génétiquement par le parasite.

- Effets indirects

L'infestation par les Digènes entraîne différents effets sur la croissance du mollusque hôte intermédiaire. Ces effets peuvent être : soit une augmentation de la croissance appelée aussi gigantisme soit une diminution de la croissance. Cependant l'infestation par les Digènes peut n'avoir aucun effet sur la croissance du mollusque. Le gigantisme de certains individus dans une population a été décrit de nombreuses fois comme par exemple pour *Biomphalaria sp.* parasité par *S. mansoni*, mais ce processus n'a pas vraiment d'explication satisfaisante. Cependant il existe deux pistes : il serait dû soit à l'adaptation de l'hôte aux nouvelles conditions soit à une redistribution des ressources dans le métabolisme de l'hôte (DJUIKWO NOUBOUE, 2005). On peut aussi rattacher à cela les modifications que les mollusques parasités présentent dans leur rythme de croissance et l'existence d'anomalies au niveau de la coquille : l'amincissement, le bombement ou l'anomalie des spires... Ces modifications varient selon le parasite en cause et elles n'affectent généralement que quelques mollusques à l'intérieur d'une population donnée.

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.

Enfin, des modifications dans le comportement des mollusques ont été observées, mais on ne peut pas généraliser car tous les mollusques réagissent différemment. 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.

- Cas des pluri-infections

Le développement simultané de formes larvaires appartenant à différents Digènes n'est pas rare chez les mollusques vivant dans les zones tropicales. On peut dégager deux points de l'ensemble des études faites sur les différentes espèces :

- si un Digène a dans son cycle biologique des rédies ; celles-ci se développent aux dépens des sporocystes d'un autre parasite.

- si deux Digènes à rédies pénètrent dans le mollusque, leurs développements dépendent de l'ordre d'entrée des miracidiums : s'il y a un intervalle de 24 heures entre les deux entrées, les larves du premier Digène entré vont inhiber le développement des secondes. En revanche, s'il n'y a que quelques heures entre ces deux entrées, on observe souvent un développement simultané des deux Digènes et une émission de cercaires mixtes.

Par exemple, dans une étude d'AUGOT *et al.* (1996), le développement de la charge rédienne et de l'émission cercarienne est observé dans deux groupes de *G. truncatula* soumis à une exposition croisée successive d'un miracidium de *P. daubneyi* (*Pd*) et d'un de *F. hepatica* (*Fh*) par mollusque et vice-versa. Les résultats sont alors comparés à ceux obtenus dans le groupe soumis à une exposition de deux miracidiums à une même espèce de Trématodes.

Le taux d'infestation est de 61% dans le lot *Pd/Fh* contre 37% dans le lot *Fh/Pd*. Alors qu'il est de 37% dans *Fh/Fh* et de 21% dans *Pd/Pd*.

De plus, les mollusques hébergeant les formes larvaires des deux Trématodes sont nombreux dans les groupes à expositions croisées et leur charge rédienne est basse avec un Trématode dominant l'autre. Les cercaires libres de *Fh* et de *Pd* sont significativement plus nombreuses au 35^{ème} jour dans le groupe *Pd/Fh* que dans tous les autres lots. L'émission de cercaires mixtes est obtenue dans 40% des mollusques dans le lot *Pd/Fh* contre 21% dans *Fh/Pd*.

Donc on peut dire que le développement de la charge rédienne et de l'émission cercarienne dépend aussi de l'espèce des parasites et de l'ordre d'entrée.

La fréquence de ces mollusques polyinfestés sur le terrain est variable et dépend du mollusque en cause et de son habitat.

Plusieurs conséquences ont été notées chez les mollusques soumis à double infestation.

La mortalité lors de pluri-infestations dépend du nombre de miracidiums qui pénètrent chez le mollusque quelle que soit l'espèce des Digènes ou des Nématodes. La mortalité est moins importante pour une pénétration simultanée de deux ou plusieurs parasites que pour une pénétration décalée de plusieurs jours ou semaines.

La quantité de cercaires produites par un mollusque polyparasité diminue par rapport à celle issue d'une mono-infestation.

Les perturbations histopathologiques sont également accentuées. Une phase de nécrose épithéliale peut survenir sur une glande digestive en reconstitution, ce qui provoque la désynchronisation dans la succession des cycles.

b. Cas des Nématodes

En règle générale, les réactions du mollusque infesté par un Nématode sont précoces et importantes avec la mise en place d'un granulome. Les parasites sont alors isolés dans le pied du mollusque par un phénomène de séclusion. Ainsi le mollusque peut supporter de lourdes charges parasitaires jusqu'à plus de 300 larves chez un mollusque de taille moyenne. Une mortalité seulement due au parasitisme est très faible, de l'ordre de 5%.

CHAPITRE 4 :
Contrôle des Mollusques
dans leur habitat

Le contrôle des mollusques a pour but de rompre le cycle biologique par destruction des principaux mollusques-hôtes intermédiaires de parasitoses. Cette lutte peut être soit chimique, par l'emploi de molluscicides synthétiques ou naturels, soit biologique par l'introduction dans le biotope de prédateurs malacophages, de compétiteurs ou d'agents pathogènes responsables de maladies chez les mollusques, soit physique par la modification du biotope, rendant celui-ci défavorable à l'installation et au développement des mollusques.

Pour ce chapitre, nous avons utilisé comme références les ouvrages de RONDELAUD *et al.* (2003) et de WEBBE (1987).

1. Contrôle par voie chimique

a. Molluscicides synthétiques

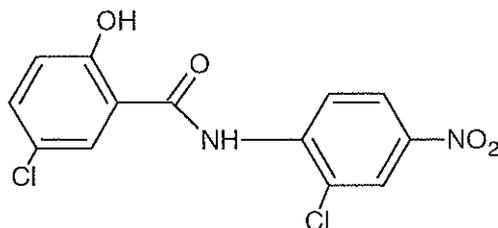
Les molluscicides synthétiques sont connus depuis longtemps et doivent répondre à plusieurs qualités dont la toxicité pour les mollusques et leurs œufs, leur spécificité, leur bonne rémanence, la biodégradabilité et surtout l'absence d'action toxique sur l'environnement (homme, faune et flore non cibles...). Ils doivent avoir un prix accessible.

- Le sulfate de calcium est abandonné car il est toxique pour les vertébrés et les invertébrés qui vivent dans les gîtes des mollusques.

- Le FRESCON[®], N-tritylmorpholine a été retiré du marché en 1988 malgré une efficacité démontrée dans la lutte contre les Pulmonés.

Claude DEJOUX en 1975 attirait déjà l'attention sur les dangers des traitements de grande ampleur avec le FRESCON[®]. En effet, ce produit est toxique pour la faune aquatique vivant dans le même biotope que les mollusques ; diverses espèces de poissons y sont très sensibles. La forte mortalité des végétaux et des invertébrés provoque un grave déséquilibre écologique. En revanche, l'innocuité pour les Mammifères est démontrée. Il fallait en plus une dose élevée de FRESCON[®] pour une bonne rémanence dans les eaux à température élevée et à pH bas car son hydrolyse y est plus rapide.

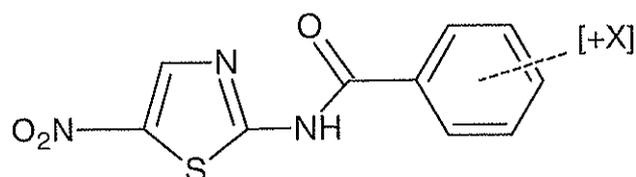
- Le BAYLUSCIDE[®] ou MOLLUTOX[®], le niclosamide est le seul produit autorisé de nos jours, de ce fait, il est le plus utilisé pour le contrôle des Schistosomoses, des Distomatoses. La dose efficace pour tuer les mollusques varie selon l'espèce et le temps de contact (1 à 2 mg/L au bout de 2 à 5h, 0,1 à 1 mg/L au bout de 24h). Le niclosamide a une stabilité suffisante et est biodégradable. On le retrouve sous deux formes : la poudre mouillable et le concentré émulsionnable. Il n'est toxique ni pour l'homme ni pour la faune ni pour la flore non cibles (plancton, poissons...) aux concentrations efficaces sur les mollusques (RIPERT, 1998).



- Benzamido-2-nitro-5-thiazole : BNT

Plusieurs dérivés de cette molécule ont été étudiés (VIGNOLES *et al.*, 1990 a, b). Nous avons observé qu'ils ont une bonne activité molluscicide. Ils aident au contrôle de la croissance des populations des Limnées et ainsi maîtrisent la transmission des parasites quand ils sont bien dosés. Leur toxicité pour les mollusques provient essentiellement de leur lipophilie pendant les premières heures d'intoxication, mais il est peu toxique pour la faune non cible. En effet, son accumulation dans les zones traitées est évitée car ils sont instables en milieu aqueux.

Ce molluscicide est optimal quand il présente à la fois une toxicité la plus élevée pour les limnées et la plus faible pour les Gammare (indice d'impact environ de 1 et indice molluscicide le plus élevé possible). Cependant ce produit est resté au stade expérimental, il n'y a jamais eu d'essai pour un développement commercial.



b. Plantes à activité molluscicide

Depuis de nombreuses années, énormément de plantes ont été étudiées pour leur activité molluscicide ceci en raison de leur coût élevé et à la toxicité des molluscicides synthétiques importés.

Le *Phytolacca dodecandra* (figure n°34, page suivante) est une plante vivace cultivée depuis des siècles dans de nombreuses parties de l'Afrique où ses baies saponifiantes sont traditionnellement employées pour la lessive et comme shampooing. En 1964, un biologiste éthiopien, Aklilu LEMMA a observé que, dans des cours d'eau où des gens lavaient des vêtements avec ces baies, des escargots morts flottaient sur l'eau en aval. Des recherches ont montré que ces baies, séchées au soleil et broyées, étaient mortelles pour toutes les grandes espèces de mollusques mais n'étaient pas toxiques pour les animaux ou les êtres humains, et étaient complètement biodégradables (FAO, 1993).

Swartzia madagascariensis a des fruits molluscicides.

Ces deux plantes ont été utilisées pour traiter des gîtes à mollusques en Afrique et notamment pour la prévention des Schistosomoses humaines.

Plusieurs autres plantes jouent un rôle dans la lutte contre l'hôte intermédiaire : *Altrenanthera sessilis* (les feuilles), *Tetrapleura tetraptera* (les baies), *Warburgia salutaris* (l'écorce), *Ambrosia maritima* (EL SAWY *et al.*, 1987).

De plus *Polyscia fulva*, *Maesa lanceolata*, *Syzygium cordatum*, *Solanum syzimbriifolium*, *Crinum zeylanicum*, *Phyllanthus nummularifolium*, *Asparagus racemosus*, *Chenopodium ugandae*,... se sont révélées efficaces contre le mollusque *Biomphalaria pfeifferi*. Les substances molluscicides retrouvées dans ces plantes sont les saponines, les alcaloïdes, les terpènes et les flavanoïdes. A l'état brut, ces substances agissent à une dose létale LC 50 comprise entre 0,01 et 0,005 mg/mL meilleur que le produit brut (BALUKU et BAGALWA, 1999).

Les plantes de la famille des Euphorbiacées ont une activité molluscicide contre *B. glabrata* (MENDES, 1987). Les tests en laboratoire avec du latex provenant de *Euphorbia splendens* var *hislopii* ont montré une grande spécificité pour le vecteur : pour une concentration de 5 à 12mg/L, on observe que 100% des mollusques exposés meurent. Ce latex n'a pas d'effet toxique sur le zooplancton, les poissons, les larves d'amphibiens, le miracidium et la furcocercaire de *S. mansoni*. L'activité molluscicide serait due à l'action acétylcholinestérasique. Dans cette étude, un second mollusque *Pomacea haustum* collecté au même endroit que *B. glabrata*, n'est pas affecté par le latex des euphorbes quelque soit la concentration.



Figure n°34: *Phytolacca dodecandra* (FAO, 1993)

2. Contrôle par voie écologique

a. Exemple réalisé dans la région de Tessaout Amont au Maroc

Dans la région de Tessaout Amont en zone irriguée, une expérience (HAMMOU *et al.*, 2002) a été réalisée pour mettre en évidence la faisabilité et l'efficacité de certaines modifications du milieu dans la lutte contre le mollusque hôte intermédiaire *B. truncatus*.

La première méthode de lutte évaluée consistait à couvrir des siphons à l'aide de dalles en fer afin de créer des conditions d'obscurité permanente.

La seconde méthode avait pour but d'évaluer l'effet du curage des siphons réalisé par les agriculteurs, et répétés (trois fois) sur les populations de mollusques.

Résultats :

L'augmentation de la fréquence de l'entretien des siphons a entraîné une diminution rapide et substantielle de la densité des mollusques. Cependant, la recolonisation des puisards s'était effectuée à nouveau après quelques mois. En effet, le curage a une action passagère : il élimine temporairement la végétation (algues et macrophytes) et le sédiment qui lui sert de support. Or la végétation sert de support pour les œufs et d'abri pour les mollusques juvéniles et adultes.

Si la couverture des siphons par des dalles en fer munies d'une porte est plus rapide et efficace dans la réduction des Bulins et de leurs pontes, elle a également l'avantage d'être durable. Elle aboutit à l'élimination des larves de mollusques en comparaison aux témoins.

L'effet de la vitesse du courant dans la lutte contre les mollusques a fait l'objet de beaucoup d'investigations. En fait, on a constaté que les mollusques ne peuvent plus s'accrocher au substratum au-delà d'une certaine vitesse : le courant exerce un effet lessivant sur la nourriture des mollusques qui sont donc éliminés par un effet indirect du courant. Donc la réduction des dimensions des siphons et par conséquent l'augmentation de la vitesse de l'eau a permis de réduire la densité des mollusques de façon significative et durable.

Discussion :

Le curage des siphons reste une méthode simple et efficace qui dépend de la communauté elle-même et qui profite non seulement à la lutte contre la bilharziose mais aussi à l'amélioration des performances des canaux d'irrigation. En effet, le nettoyage des buses augmente le débit et prévient les colmatages et les débordements qui s'en suivent et constituent une perte pour l'agriculteur qui paie le volume desservi en tête de canal et non le volume qui parvient effectivement au niveau des champs. Le curage élimine directement les mollusques et expose leurs œufs au dessèchement mais il élimine aussi le support végétal qui assure la nourriture et l'abri contre l'effet du courant. Cette méthode a cependant l'inconvénient de nécessiter des interventions répétées.

La couverture des puisards, en revanche, a l'avantage de nécessiter une seule intervention et d'être plus efficace que les curages répétés. Elle est donc durable et moins coûteuse à long terme. Elle a aussi une autre valeur ajoutée qui consiste à réduire la densité des moustiques qui se reproduisent dans les siphons. Elle peut donc être utilisée également dans la lutte contre le paludisme par modification de l'environnement. En plus, la couverture des puisards permet aux agriculteurs de disposer d'une eau stagnante pour usage domestique plus protégée contre la pollution. Cette eau qui est également utilisée pour la boisson a aussi un impact positif sur la santé des usagers. Elle permet en plus de prévenir le colmatage des buses dû aux jets de pierres et de terre dans les puisards.

Conclusion :

En conclusion, dans le périmètre de Tessaout Amont, la conception des siphons est en faveur du développement des Bulins. La gestion de l'eau peut réduire la densité des populations de mollusques. L'utilisation de ce résultat dans la lutte contre les Bulins serait possible dans le cadre d'une approche participative où les irrigants sont appelés à contribuer en gérant la même dotation en eau sous forme de plusieurs tours d'eau au lieu d'un seul.

La fréquence des lâchers serait donc plus élevée et réduirait la densité des mollusques. La mise en application de ces mesures de lutte nécessite l'implication de la communauté cible afin de pouvoir en assurer la durabilité. Le curage répété des canaux peut être utilisé comme moyen adjuvant de lutte qui profite aussi à l'amélioration des performances des canaux d'irrigation. La méthode de lutte la plus efficace consiste à couvrir les siphons par des couvertures amovibles qui n'empêchent pas l'accès à l'eau des siphons. Le coût d'une telle mesure ne doit pas être mis sur le seul compte de la bilharziose puisqu'il profite à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la prévention des nuisances et du paludisme et donc à

l'amélioration de l'état de santé de la population et de son environnement. Elle permet en plus de prévenir le colmatage des buses dû aux jets de pierre et de terre dans les puisards.

b. Les différentes méthodes utilisées

De manière générale, diverses méthodes sont utilisées dans le contrôle par voie écologique, elles sont en fonction des gîtes des mollusques.

Dans les cours d'eau, on agit en augmentant la rapidité du courant, en redressant les rives afin d'éliminer les petites formations d'eaux stagnantes et en faucardant la végétation aquatique.

Dans le cas des eaux stagnantes, il faut soit combler avec de la terre soit drainer ou pomper l'eau selon la superficie.

Pour les périphéries des lacs et des étangs, il faut nettoyer régulièrement pour éliminer la végétation aquatique. 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.

3. Contrôle par voie biologique

De nombreuses techniques sont mises en place de façon expérimentale pour la lutte contre les mollusques comme l'utilisation de bactéries, de champignons et de protozoaires.

a. Les mollusques en compétition avec les hôtes intermédiaires

En Martinique, le contrôle biologique des mollusques pour la lutte contre les bilharzioses est bien connu et bien étudié (SCHLEGEL *et al.*, 1997). Une étude a utilisé un compétiteur de l'hôte intermédiaire *Biomphalaria sp.*, *Melanooides tuberculata*, dans les sites actifs de transmission. Il a été introduit en Martinique par le commerce des plantes aquatiques des aquariums et il est originaire du Moyen-Orient et de l'Afrique de l'Est.

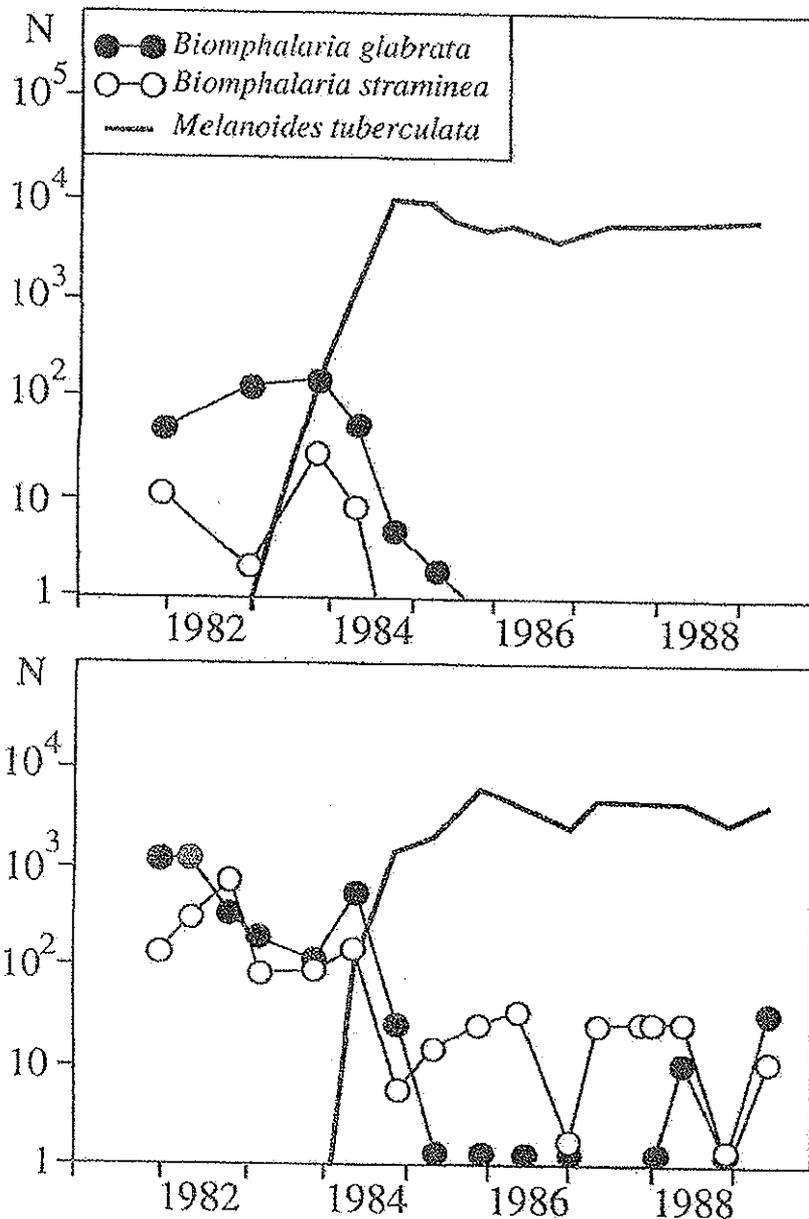


Figure n°35 : Evolution de la densité des populations de *Biomphalaria glabrata* et *B. straminea* dans deux cressonnières de Martinique à la suite de l'introduction du mollusque compétiteur *Melanoides tuberculata*.

Cercles noirs = *B. glabrata* ; cercles clairs = *B. straminea* ; lignes continues = *M. tuberculata*.

On notera la disparition totale des *Biomphalaria* dans la cressonnière de la Roxelane (en haut) mais leur maintien en faibles densités dans celle de Pointe-la-Mare (en bas). Au total, 22 cressonnières ont fait l'objet d'introductions du compétiteur. *Biomphalaria glabrata* et *B. straminea* ont totalement disparu de huit sites ; ils sont encore présents en très faibles densités dans sept autres sites ; les sept dernières cressonnières correspondent à des cultures qui sont aujourd'hui abandonnées. (SCHLEGEL *et al.*, 1997)

Ce mollusque est très ubiquiste. En effet, il est capable de coloniser de nombreux types d'habitats. Il a une croissance assez lente, un taux de reproduction faible mais une espérance de vie très longue. Ainsi ces caractères lui confèrent un avantage compétitif dans certains milieux vis-à-vis de *Biomphalaria*.

En 1983, il a été introduit dans des cressonnières, des sites actifs de transmission. Et en 1985, soit deux ans après l'introduction, on observe une disparition quasi-totale des deux espèces de Planorbes présentes initialement : *B. glabrata* et *B. straminea*. En 1996, sur les 22 sites étudiés, il y a une disparition totale des deux espèces sur sept sites ; *B. glabrata* n'est présent que dans un seul site mais en très faible densité alors que *B. straminea* est toujours dans six sites également en faible densité. Les sept autres sites sont des cressonnières dont les cultures ont été abandonnées (**Figure n°35**).

Un programme pilote réalisé à Porto Rico a montré que le mollusque *Marisa cornuarietis* est efficace pour la lutte biologique contre *B. glabrata*, hôte intermédiaire de *S. mansoni*. Son introduction a presque éliminé l'hôte et a stoppé la transmission de la Schistosomose. Cependant, on ne peut pas l'utiliser dans les écosystèmes pourvus d'une végétation dense, ni dans les marécages ou les rivières. (ACHA et SZYFRES, 1989).

De même à Sainte-Lucie, l'étude a été faite sur un autre mollusque *Thiara granifera* compétiteur de *B. glabrata*, mais le problème est le risque potentiel de servir d'hôte intermédiaire à *Paragonimus westermani*. (ACHA et SZYFRES, 1989).

Des travaux ont mis également en évidence un mollusque *Pila ovata* compétiteur de *B. pfeifferi*, mollusque hôte intermédiaire de *S. mansoni* (BALUKU et BAGALWA, 1999).

b. Les prédateurs

- Les larves de Diptères

Des larves de Diptères de la famille des Sciomyzidae se nourrissent de mollusques mais leur introduction dans plusieurs pays n'a pas fourni les résultats escomptés.

- Les poissons prédateurs

Peu d'études (REDDING et MIDLEN, 1992) ont été consacrées à l'élimination des mollusques par des poissons molluscivores. En 1975, on a capturé dans le lac Victoria 20 espèces de Cichlidae consommateurs d'escargots, dont seulement 50 % avaient été décrites. Ce travail a suscité une récente étude concernant l'utilisation des cichlides, tels que *Astatoreochromis alluaudi*, *Haplochromis ishmaeli* et *Macroploerodis bicoloras*, en tant qu'agents de lutte contre les escargots aquatiques dans les canaux d'irrigation faisant partie du système d'irrigation de la rivière Bénouie, au Cameroun.

En Afrique, il est connu que d'autres espèces de poissons sont également malacophages : par exemple *Synodontis* sp., *Clarias* sp., *Haplochromis mellaudi* et *Chrysichthys mabusi*. Des expériences effectuées dans des barrages du Kenya occidental, utilisant *A. alluaudi* pour contrôler différentes espèces de gastéropodes, ont eu quelque succès. Cependant, cette espèce était moins efficace pour combattre les Gastéropodes lorsque la végétation était dense. Alors que l'introduction de différentes espèces de poissons dans les canaux d'irrigation représente une contribution potentielle considérable à la lutte contre de nombreuses maladies véhiculées par l'eau, son efficacité a souvent été limitée par de mauvaises stratégies de gestion.

La lutte biologique utilisant différentes espèces de poissons pourrait apporter une solution valable puisque des résultats encourageants ont déjà été obtenus dans plusieurs régions.

De plus, en les associant à des poissons phytophages, tels que *Tilapia melanopleura* qui détruit les supports et la nourriture des mollusques, on augmente les effets de la lutte contre ces mollusques.

- Les mollusques prédateurs : *Zonitoides nitidus* et *Oxychilus draparnaudi*

Zonitoides nitidus est utilisé contre *G. truncatula*, hôte intermédiaire de *F. hepatica*. Une expérience dans le Limousin (RONDELAUD, 1975) a mis en évidence que durant l'estivation, *Z. nitidus* est carnivore et attaque les autres espèces de mollusques. Il se nourrit indifféremment des limnées saines ou infestées et le plus important c'est qu'il n'y a pas de transmission de parasites des proies aux prédateurs.

En observant la distribution de *Z. nitidus*, on s'aperçoit que sa densité est maximale durant l'estivation dans les rigoles de toutes les zones marécageuses. L'aire de distribution des populations suit le retrait des eaux.

Son régime alimentaire est carnivore au moins pendant la phase estivale d'assèchement des rigoles. Il mange tous les mollusques vivant dans le biotope de *G. truncatula* mais il s'attaque de préférence à *G. truncatula*. Il peut montrer une tendance nécrophage pour les individus de sa propre espèce. Il attaque sa proie généralement par le pied et se nourrit par périodes de 20-30 min suivies d'accalmies de 30-60 min au cours desquelles il est immobile. En moyenne, il s'alimente d'un mollusque par jour, sa période d'activité s'étend de 17h à 4h du matin et sa période de repos a donc lieu le jour où l'animal s'enfouit dans les crevasses du sol ou sous les détritiques. Il mange des individus sains ou infestés sans préférence.

Dans l'expérience, on a considéré deux types de terrains :

- des rigoles couvertes d'herbe fauchée, la fauche ayant été faite juste avant le début de l'expérience,
- des rigoles témoins situées dans des parcelles non fauchées donc plus ou moins envahies par la végétation.

On observe que si la fauche est pratiquée au début de juillet lorsqu'il n'y a plus d'eau de ruissellement dans les rigoles, la densité de *Z. nitidus* augmente dans les zones où la teneur en eau du sol reste élevée sous la couverture végétale morte. Dans ces habitats, les Limnées ne se mettent pas en estivation et sont attaquées par les prédateurs : leur destruction est totale dans les zones recouvertes par la fauche.

Une seconde étude de RONDELAUD (1977) a permis de démontrer qu'une association de deux Zonitidae (*Z. nitidus* et *O. draparnaudi*) aboutit à une élimination plus

efficace des Limnées que l'introduction d'un seul prédateur. La période de prédation se situe au début du dessèchement estival du milieu. La couverture d'herbe fraîchement fauchée en entretenant plus longtemps l'humidité résiduelle favorise la prédation.

L'inconvénient est parfois que la prédation s'est relevée moins efficace du fait de :

- la survenue d'une précipitation de forte intensité lors de l'essai qui provoque le départ des prédateurs et la survie de 25 à 58% des Limnées,
- la présence des Acariens phorétiques sur les coquilles des prédateurs qui finissent par se rétracter dans leur coquille avec une mort éventuelle,
- la destruction des prédateurs par le passage répété des ovins dans les rigoles.

Nous avons aussi mis en évidence que la présence de pierres plus ou moins nombreuses sur l'habitat influe sur la survie des Limnées lors de l'application d'une technique de lutte biologique par les prédateurs.

Dans les gîtes temporaires en Haute-Vienne, l'élimination des Limnées tronquées est complète au bout de deux ans avec fauchage au début de l'assèchement. La descendance de *Z. nitidus* est peu nombreuse. Par contre, dans les zones permanentes, l'introduction de *Z. nitidus* limite seulement l'évolution démographique des Limnées.

Pour les berges de rivière seulement, on peut utiliser un effectif élevé de *Z. nitidus* sans fauche car l'assèchement est lent et donc l'action des prédateurs sera maximale. Alors que dans les jonçaises de pente et dans les empreintes de sabot, il faut une introduction de *Z. nitidus* accompagnée de fauches.

c. L'emploi de Digènes utilisant les mêmes hôtes intermédiaires

C'est le cas de *Riberoia marini* en Guadeloupe. Son emploi a permis de monopoliser les hôtes intermédiaires de *Schistosoma sp.* et a ainsi permis de diminuer la transmission de la bilharziose sur le terrain. Cet helminthe se nourrit de la glande génitale du mollusque *B. glabrata* et le rend définitivement stérile (RIPERT, 1998). Mais cette méthode nécessite de connaître parfaitement le cycle biologique des parasites, leurs hôtes définitifs et les facteurs conditionnant l'épidémiologie de ces affections.

CONCLUSION

Les mollusques sont des invertébrés présents sur la Terre depuis des millions d'années. Ils colonisent tous les milieux (terre ferme, eau douce ou saumâtre) et toutes les latitudes. Ils sont majoritairement herbivores. La présence de ces mollusques a précédé leur parasite dont ils sont les hôtes intermédiaires. Il y a eu une adaptation du mollusque en fonction de son parasite.

Les mollusques sont certainement plus connus dans leur rôle alimentaire pour leur valeur gustative que dans leur rôle d'hôtes intermédiaires de parasitoses humaines ou animales. Ils font partie en particulier de ce que l'on appelle communément les fruits de mer comme certains Bivalves : les moules, les huîtres... et certains Gastéropodes : les Bigorneaux, les Bulots... Certains Céphalopodes sont aussi appréciés pour leur chair par exemple la seiche, les poulpes ou encore le calmar. Parfois ils peuvent être contaminants mais ce n'est pas le cas le plus fréquent.

Les mollusques, plus précisément les Gastéropodes, jouent un rôle essentiel dans la transmission de nombreuses parasitoses humaines ou animales (Schistosomoses, Distomatoses, Nématodoses...). Ils peuvent exercer pleinement leur rôle d'hôtes intermédiaires soit en assurant la transmission des larves à un autre hôte intermédiaire soit en produisant les larves qui vont s'accumuler sur les végétaux servant à l'alimentation humaine.

Ces dernières années, les études sur les mollusques se sont multipliées pour mieux connaître leurs rôles dans les parasitoses et leurs relations avec le parasite. Plus on connaît le

mode de vie des mollusques, plus on améliore les connaissances sur le parasite et mieux on peut limiter les zones d'extension des parasitoses.

Les zones endémiques autrefois saisonnières sont devenues de plus en plus souvent annuelles par le développement de l'irrigation agricole et domestique. On observe des changements dans les relations hôte/parasite et ainsi dans la prévention de ces maladies.

Le contrôle des mollusques fait partie d'un ensemble de mesures prises contre les parasitoses. Il fait partie des programmes de lutte intégrée, associé à la diminution du péril fécal, à l'assainissement des zones d'irrigation (mise en place des égouts) et aux contrôles des parasites avec des antihelminthiques. Seule, l'association de ces trois mesures est efficace.

Nous pouvons nous poser la question suivante : le réchauffement de la planète va-t-il influencer le développement des parasitoses ayant un mollusque hôte intermédiaire ? Le réchauffement n'entraînera pas de forts changements dans le développement des maladies ayant un mollusque comme hôte. Les biotopes seront inchangés, mais s'étendront du fait du besoin impérieux d'irrigation pour l'agriculture. On risque d'assister à un déplacement géographique des biotopes vers des zones climatiques devenues favorables. Cependant, les nouvelles zones d'extension des mollusques ne correspondront pas obligatoirement à une augmentation de l'endémicité des maladies, compte tenu du développement important de l'assainissement dans ces régions. Nous ne pouvons pas oublier le processus permanent d'adaptation des espèces parasites à des hôtes nouveaux.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACHA P.N., SZYFRES B. **Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux.** 2^{ème} éd. Office international des Epizooties, Paris. 1989, 1063 p

AMAZZI L., YACOUBI B., RONDELAUD D., MOUKRIM A., ZEKHNINI A. Les effets d'un assèchement expérimental sur les formes larvaires de *Schistosoma haematobium* chez *Planorbarius metidjensis* Forbes. **Bulletin de la Société Française de Parasitologie** 1997 5 (2) 185-191.

AUGOT D., ABROUS M., RONDELAUD D., DREYFUSS G. *Paramphistomum daubneyi* and *Fasciola hepatica*: the redial burden and cercarial shedding in *Lymnaea truncatula* subjected to successive unimiracidial exposures. **Parasitology Research** 1996 82 623-627.

BEAUMONT A., CASSIER P. **Biologie animale : Des protozoaires aux Métazoaires épithélioneuriens.** Dunod université 2^{ème} édition Paris. Tome 1. 1978, 447 p.

DJUIKWO NOUBOUE F. **Les couples Bulins/*Schistosoma haematobium* : Compatibilité, chronobiologie cercarienne et action du parasite sur la croissance, la fécondité et l'immunisation des hôtes intermédiaires.** Thèse Doct. 3^{ème} cycle de Biologie Animale Science. Université de Yaoundé I. 2005, 89 p.

DREYFUSS G., VIGNOLES P., RONDELAUD D. Variability of *Fasciola hepatica* infection in *Lymnaea ovata* in relation to snail population and snail age. **Parasitology Research** 2000 86 69-73.

EL SAWY M. F.; DUNCAN J.; AMER S.; EL RUWEINI H.; BROWN N.; HILLS M. The molluscicidal properties of *Ambrosia maritima* L. (Compositae). III: A comparative field trial using dry and freshly-harvested plant material. **Tropical Medicine and Parasitology** 1987 38 (2) 101-105.

GERARD C., THERON A. Spatial interaction between parasite and host within the *Biomphalaria glabrata*/*Schistosoma mansoni* system: influence of host size at infection time. **Parasite** 1995 2 (4) 345-350.

GRASSE P.P. **Zoologie- Invertébrés**. Tome 1. Masson, édition revue et complétée. Paris.1970, 935 p.

HOURDIN P., RONDELAUD D. 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** 1993 11 (1) 55-61.

MENDES N.M., BAPTISTA D.F., de VASCONCELLOS M.C., SCHALL V.T. Evaluation of molluscicidal properties of *Euphorbia splendens* var. *hislopii* (N.E.B)- I. Experimental test in a lentic habitat. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 1987 21-23.

MICHELET S. **Les générations rédieenne d'une trématode *F. hepatica* Linné chez le mollusque hôte**. Thèse Doct. Pharmacie, Limoges n°302, 1997 97 p.

MOUKRIM A., RONDELAUD D. 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** 1992 52 39-45.

MOUKRIM A., ZEKHNINI A., RONDELAUD D. *Schistosoma haematobium*: influence of the number of miracidia on several characteristics of infection in newborn *Planorbarius metidjensis*. **Parasitology Research** 1996 82 267-269.

NOZAIS JP., DATRY A., DANIS M.- **Traité de Parasitologie Médicale**. Pradel éd. Paris. 1996, 817 p.

PRESTON T.M., SOUTHGATE V.R. The species specificity of *Bulinus-Schistosoma* interactions. **Parasitology Today** 1994 10 (2) 69-73.

PREVERAUD-SINDOU M., SINDOU P., RONDELAUD D. Nouvelles observations sur l'attraction des miracidiums de *Fasciola hepatica* par plusieurs espèces de Linnées. **Bulletin de la Société Française de Parasitologie** 1989 7 (1) 55-60.

RIPERT C. **Epidémiologie des Maladies Parasitaires**. Tome 2 : Helminthoses. Editions Médicales Internationales. 1998, 562 p.

RONDELAUD D. La prédation de *Lymnaea (Galba) trunculata* Müller par *Zonitoides nitidus* Müller, moyen de lutte biologique. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée** 1975 50 55-61.

RONDELAUD D. L'évolution démographique de *Lymnaea trunculata* en Haute-Vienne. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée** 1977a 52 511-520.

RONDELAUD D. Résultats et problèmes posés par l'introduction de Mollusques Zonitidae dans quelques biotopes à Linnées tronquées en Indre et Haute-Vienne. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée** 1977b 52 521-530.

RONDELAUD D. *Fasciola hepatica*: the infection rate and the development of redial generation in *Lymnaea truncatula* exposed to miracidia after experimental desiccation and activation in water. **Journal of Helminthology** 1994 68 63-66.

RONDELAUD D. The characteristics of redial generations in *Lymnaea truncatula* exposed to *Fasciola hepatica* miracidia after poisoning by sublethal doses of cupric chloride. **Veterinary Research** 1995 26 21-26.

RONDELAUD D., ABROUS M., DREYFUSS G. The influence of different food sources on cercarial production in *Lymnaea truncatula* experimentally infected with Digenea. **Veterinary Research** 2002 33 95-100.

RONDELAUD D., BARTHE D. Les modifications structurales du rein chez *Lymnaea truncatula* Müller infestée par *Fasciola hepatica* L. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée** 1983 58 109-116.

RONDELAUD D., DREYFUSS G., CABARET J. **Principales maladies infectieuses et parasitaires du Bétail : Mollusques d'intérêt vétérinaire.** Lavoisier. 2003, 1761 p.

RUELLAN L., RONDELAUD D. Les caractéristiques de générations rédiennes chez *Lymnaea truncatula* Müller infestée d'une iridovirose et *Fasciola hepatica* L. **Bulletin de la Société Française de Parasitologie** 1993 11 71-78.

SCHLEGEL L., POINTIER J.P., PETITJEAN-ROGET V., NADEAU Y., BLATEAU A., MANSUY J.M. Le contrôle de la Schistosomose intestinale de l'île de la Martinique. **Parasite** 1997 4 217-225.

SHIFF C.J. Molluscan defence mechanisms: immunity or population biology? **Parasitology Today** 1994 10 (5) 188-189.

SINDOU P., RONDELAUD D., BARTHE D. Etude des lésions viscérales chez les Limnées tronquées soumises à des infestations plurimiracidiennes. **Bulletin de la Société Française de Parasitologie** 1988 6 (1) 101-104.

Van der KNAAP W.P.W., LOKER E.S. Immune mechanisms in Trematode-snail interactions. **Parasitology Today** 1990 6 (6) 175-182.

VAREILLE-MOREL C., ESCLAIRE F., HOURDIN P., RONDELAUD D. Internal metacercarial cysts of *Fasciola hepatica* in the pulmonate snail *Lymnaea truncatula*. **Parasitology Research** 1993 79 259-260.

VIGNOLES P., ALARION N., BELLET V., DREYFUSS G., RONDELAUD D. A 6- to 8-day periodicity in cercarial shedding occurred in some *Galba truncatula* experimentally infected with *Fasciola hepatica*. **Parasitology Research** 2006 98 385-388.

VIGNOLES P., DREYFUSS G., CLEDAT D., DEBORD J., PENICAUD B., RONDELAUD D. Lutte antivectorielle dans la distomatose à *Fasciola hepatica* L. I. Relation structure/activité quantitative de composés molluscicides sur *Lymnaea peregra ovata* Müller. **Bulletin de la Société Française de Parasitologie** 1990 8 (1) 119-125.

VIGNOLES P., DREYFUSS G., CLEDAT D., DEBORD J., PENICAUD B., RONDELAUD D. 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 pulex* L. **Bulletin de la Société Française de Parasitologie** 1990 8 (2) 271-276.

YACOUBI B., ZEKHNINI A., DREYFUSS G., RONDELAUD D., MOUKRIM A. 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** 1999 17 43-49.

WEBBE G. **The Toxicology of molluscicides**. Pergamon Press, Oxford. 1987, 167 p.

REFERENCES ELECTRONIQUES

AUBRY P. **Angiostrongyloïdose nerveuse**. 2006. Disponible sur le site : http://medecinotropical.free.fr/cours/angiostrongylose_nerveuse.htm
(Page consultée en avril 2007).

BALUKU B. et BAGALWA M. **Problèmes posés par les Bilharzioses en République Démocratique du Congo**. 1999. Disponible sur le site : <http://www.grandslacs.net/doc/2213.pdf> (Page consultée en mars 2007).

DEJOUX C. **Action du molluscicide « Frescon » sur certains éléments de la faune non cible des lacs tropicaux**. 1975. Disponible sur le site : http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cahiers/entomo/19043.pdf
(Page consultée en mars 2007).

DARDE M.L., DREYFUSS G. **Photographies de *Fasciola hepatica***. Disponible sur le site : <http://www.umvf.fmt.rnu.tn/campus-parasitologie/cycle2/poly/1603ico.asp>
(Page consultée en mai 2007).

DURAND R. **Distomatoses hépatiques**. Cours de DCM1. Disponible sur le site :
http://www-smbh.univ-Paris13.fr/smbh/pedago/resour_parasitologie/cours_distomatoses_hep.pdf
(Page consultée en mai 2007).

FAO. **Savoirs traditionnels et biodiversité**, 1993. Disponible sur le site :
<http://www.fao.org/DOCREP/004/V1430F/V1430F03.htm>
(Page consultée en mars 2007).

HAMMOU L., ELINE B. **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**. 2002. Disponible sur le site :
<http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/print/e-docs/00/00/EB/33/article.md>
(Page consultée en mars 2007).

HOUSEMAN J.G. **Les Mollusques**. 2000. Disponible sur le site :
<http://simulium.bio.uottawa.ca/bio2525/labo/protocoles/mollusca.pdf>
(Page consultée en Avril 2007).

REDDING T.A., MIDLEN AB. **Lutte contre les maladies dans les canaux d'irrigation**. 1992. Disponible sur le site : <http://www.fao.org/docrep/003/T0401F/T0401F05.htm>
(Page consultée en mars 2007).

TABLES DES MATIERES

PLAN.....	1
INTRODUCTION	4
Chapitre1:Classification des Mollusques	8
1. Classification générale	9
a. Classe des Aplacophores ou Solénogastres	9
b. Classe des Polyplacophores ou Chitons.....	13
c. Classe des Monoplacophores.....	18
d. Classe des Gastéropodes	23
e. Classe des Scaphopodes ou Solénoconques.....	25
f. Classe des Lamellibranches ou Bivalves	27
g. Classe des Céphalopodes	32
2. Classification des hôtes intermédiaires : les Gastéropodes	39
Chapitre2:Généralités sur les Gastéropodes.....	41
1. Généralités sur l'anatomie des Gastéropodes	42
a. Coquille.	42
b. Pied.	44
c. Tête.	44
d. Masse viscérale.	44
e. Respiration.	44
2. Habitat.....	44
3. Cycle biologique.....	46
4. Reproduction	47
5. Alimentation	48
6. Résistance.....	49
Chapitre3:Les Mollusques et le Parasitisme	50
1. Les parasites transmis.....	51
a. Cas des Digènes.....	51
b. Cas d'un Nématode : <i>Angiostrongylus cantonensis</i>	56

2.	Développement larvaire chez le Mollusque.....	56
a.	Cas des Digènes.....	56
b.	Cas d'un Nématode	60
3.	Relation Mollusque / Parasite	61
a.	Cas des Digènes.....	61
b.	Cas des Nématodes	69
4.	Conséquence du parasitisme sur les mollusques	70
a.	Cas des Digènes.....	70
b.	Cas des Nématodes	75
Chapitre4:Contrôle des Mollusques dans leur habitat		76
1.	Contrôle par voie chimique	77
a.	Molluscicides synthétiques	77
b.	Plantes à activité molluscicide.....	79
2.	Contrôle par voie écologique.....	81
a.	Exemple réalisé dans la région de Tessaout Amont au Maroc	81
b.	Les différentes méthodes utilisées.....	83
3.	Contrôle par voie biologique	83
a.	Les mollusques en compétition avec les hôtes intermédiaires.....	83
b.	Les prédateurs	86
c.	L'emploi de Digènes utilisant les mêmes hôtes intermédiaires	88
CONCLUSION		89
BIBLIOGRAPHIE.....		92
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		93
REFERENCES ELECTRONIQUES		97

SERMENT DE GALIEN

Je jure en présence de mes Maîtres de la faculté et de mes condisciples :

- d'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;
- d'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;
- de ne jamais oublier ma responsabilité, mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères, si j'y manque.

BON A IMPRIMER N° 375

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ

MEUNIER Sandra. Les mollusques d'intérêt médical et vétérinaire : état de la question en 2006. Thèse Doct. Pharmacie, Limoges. 2007.101 p.

RESUME :

Les mollusques sont des invertébrés présents sur la Terre depuis des millions d'années. Ils colonisent tous les milieux (terre ferme, eau douce ou saumâtre) et toutes les latitudes. Ils sont majoritairement herbivores. La présence de ces mollusques a précédé leur parasite dont ils sont les hôtes intermédiaires. Il y a eu une adaptation du mollusque en fonction de son parasite.

Les mollusques sont certainement plus connus dans leur rôle alimentaire pour leur valeur gustative que dans leur rôle d'hôtes intermédiaires de parasitoses humaines ou animales. Parfois ils peuvent être contaminants mais ce n'est pas le cas le plus fréquent.

Les mollusques, plus précisément les Gastéropodes, jouent un rôle essentiel dans la transmission de nombreuses parasitoses humaines ou animales (Schistosomoses, Distomatoses, Nématodoses...). Ils peuvent exercer pleinement leur rôle d'hôtes intermédiaires soit en assurant la transmission des larves à un autre hôte intermédiaire soit en produisant les larves qui vont s'accumuler sur les végétaux servant à l'alimentation humaine.

Le contrôle des mollusques fait partie d'un ensemble de mesures prises contre les parasitoses. Il fait partie des programmes de lutte intégrée, associé à la diminution du péril fécal, à l'assainissement des zones d'irrigation (mise en place des égouts) et aux contrôles des parasites avec des antihelminthiques. Seule, l'association de ces trois mesures est efficace.

MOTS-CLES :

Mollusques, épidémiologie, hôtes intermédiaires, Digènes, contrôle.

EXAMINATEURS de la THESE :

Monsieur le Professeur DREYFUSS.....Président
Madame le Professeur DARDE, *PU-PH*.....Juge
Monsieur le Docteur RONDELAUD, *MCU-PH*..... Juge
Madame DARON, *Docteur en Pharmacie*.....Juge