

UNIVERSITE de LIMOGES  
Faculté de Pharmacie

ANNEE 2001

Thèse n° 303

INFLUENCE A POSTERIORI DE L'HOTE DÉFINITIF  
SUR LE DÉVELOPPEMENT RÉDIEN  
DE *Fasciola hepatica* Linné  
ET LA PRODUCTIVITE CERCARIENNE  
CHEZ LE MOLLUSQUE *Lymnaea truncatula* Müller



**THESE**

POUR LE

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

*présentée et soutenue publiquement le 29 janvier 2001*

par

**Cyril APOSTOLOFF**

né le 11 avril 1976 à Beaumont (Puy-de-Dôme)

**EXAMINATEURS de la THESE**

Monsieur DREYFUSS, <i>Professeur</i> .....	PRESIDENT
Monsieur RONDELAUD, <i>Maître de Conférences</i> .....	JUGE
Monsieur VIGNOLES, <i>Maître de Conférences</i> .....	JUGE
Monsieur VINCENT, <i>Maître de Conférences</i> .....	JUGE
Madame MILLET-LACOMBE, <i>Pharmacien</i> .....	MEMBRE INVITE
Monsieur HOSPITAL, <i>Pharmacien</i> .....	MEMBRE INVITE

UNIVERSITÉ DE LIMOGES

FACULTÉ DE PHARMACIE

Année 2001

Thèse n° 303

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT  
DE DOCTEUR EN PHARMACIE

présentée et soutenue publiquement

le 29 janvier 2001

par

**Cyril APOSTOLOFF**

Né le 11 avril 1976 à Beaumont (Puy-de-Dôme)

INFLUENCE A POSTERIORI DE L'HÔTE DÉFINITIF SUR  
LE DÉVELOPPEMENT RÉDIEN DE *Fasciola hepatica* Linné  
ET LA PRODUCTIVITÉ CERCARIENNE CHEZ LE  
MOLLUSQUE *Lymnaea truncatula* Müller



EXAMINATEURS DE LA THÈSE

Monsieur DREYFUSS, Professeur . . . . . Président  
Monsieur RONDELAUD, Maître de Conférences . . . . . Juge  
Monsieur VIGNOLES, Maître de Conférences . . . . . Juge  
Monsieur VINCENT, Maître de Conférences . . . . . Juge  
Madame MILLET-LACOMBE, Pharmacien . . . . . Membre Invité  
Monsieur HOSPITAL, Pharmacien . . . . . Membre Invité

**UNIVERSITE DE LIMOGES**  
**FACULTE DE PHARMACIE**

---

**DOYEN DE LA FACULTE:** Monsieur le Professeur GHESTEM Axel

**ASSESEURS:** Monsieur le Professeur HABRIOUX Gérard  
Monsieur COMBY Francis Maître de Conférences

**PROFESSEURS:**

<b>BENEYTOUT Jean-Louis</b>	BIOCHIMIE et BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>BERNARD Michel</b>	PHYSIQUE-BIOPHYSIQUE
<b>BOSGIRAUD Claudine</b>	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE PARASITOLOGIE
<b>BROSSARD Claude</b>	PHARMACOTECHNIE
<b>BUXERAUD Jacques</b>	CHIMIE ORGANIQUE CHIMIE THERAPEUTIQUE
<b>CARDOT Philippe</b>	CHIMIE ANALYTIQUE
<b>CHULIA Albert</b>	PHARMACOGNOSIE
<b>CHULIA Dominique</b>	PHARMACOTECHNIE
<b>DELAGE Christiane</b>	CHIMIE GENERALE ET MINERALE
<b>DREYFUSS Gilles</b>	PARASITOLOGIE
<b>GHESTEM Axel</b>	BOTANIQUE ET CRYPTOLOGIE
<b>HABRIOUX Gérard</b>	BIOCHIMIE - BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>LACHATRE Gérard</b>	TOXICOLOGIE
<b>MOESCH Christian</b>	HYGIENE-HYDROLOGIE-ENVIRONNEMENT
<b>LOUDART Nicole</b>	PHARMACODYNAMIE

**SECRETARE GENERAL DE LA FACULTE - CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS**

**POMMARET Maryse**



*A notre Président de Thèse*

Monsieur le Professeur G. DREYFUSS,  
Service de Parasitologie,  
Faculté de Pharmacie de Limoges,

*Nous sommes très sensible à l'honneur  
que vous nous faites en acceptant  
de présider ce Jury de soutenance.*

*Nous vous remercions pour votre aide,  
vos conseils et vos critiques tout  
au long de cette étude.*

*Veillez accepter l'expression  
de notre gratitude respectueuse.*

*A nos Juges*

Madame E. MILLET-LACOMBE,

Pharmacien,  
C.H.S. Esquirol, Limoges.

Monsieur J.L. HOSPITAL,

Pharmacien,  
Nieul, Haute-Vienne.

Monsieur D. RONDELAUD,  
Maître de Conférences-Praticien Hospitalier,

Laboratoire d'Histopathologie Parasitaire,  
Faculté de Médecine de Limoges.

Monsieur P. VIGNOLES,  
Maître de Conférences,

Service de Biophysique-Informatique,  
Faculté de Pharmacie de Limoges.

Monsieur M. VINCENT,  
Maître de Conférences,

Laboratoire de Malacologie Appliquée,  
Faculté des Sciences de Limoges.

*Nous vous remercions pour vos conseils  
et vos critiques lors de la lecture  
du prédocument.*

*Veillez agréer l'expression de  
nos remerciements les plus vifs.*

Nous adressons nos remerciements les plus vifs :

- à M. le Professeur CHAUVIN, Laboratoire de Parasitologie, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, et à ses doctorants,
- à M. le Vétérinaire Inspecteur, Abattoir Municipal de Limoges et à son personnel,
- à plusieurs personnes, de l'A.C.C.A. de Nieul.

*qui nous ont fourni les souches de F. hepatica  
à l'origine de ce travail.*

A mon père et ma mère,

*pour leur soutien tout au long  
de notre cursus universitaire,*

A ma famille,

*pour leurs encouragements.*

A mes amis.





# SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION GÉNÉRALE . . . . .	1
CHAPITRE PREMIER : <i>Fasciola hepatica</i> : ses hôtes et ses larves . . . . .	4
I. - <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	4
A. Position systématique de l'espèce . . . . .	4
B. Le parasite adulte . . . . .	7
1. Morphologie externe . . . . .	7
2. Structure interne . . . . .	7
C. Cycle évolutif . . . . .	9
D. Les hôtes définitifs . . . . .	11
1. Les différents taxons concernés . . . . .	11
2. Développement parasitaire et signes cliniques chez l'homme . . . . .	13
a). Période d'incubation . . . . .	13
b). Période d'invasion . . . . .	15
c). Période d'état . . . . .	15
E. Les hôtes intermédiaires . . . . .	17
1. Qu'est-ce qu'un hôte intermédiaire ? . . . . .	17
2. Les différents stades larvaires de <i>Fasciola hepatica</i> chez le mollusque . . . . .	19

	Pages
3. Quelques données sur <i>Lymnaea truncatula</i> . . . . .	21
II. - Les rédies de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	27
A. Le stade rédien . . . . .	27
B. Les générations rédiennes de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	29
1. Développement typique . . . . .	29
2. Développement atypique . . . . .	31
3. Données numériques . . . . .	31
C. Caractères permettant de reconnaître ces générations . . . . .	33
1. Données morphométriques . . . . .	33
2. Données chétotaxiques . . . . .	35
D. Productivité cercarienne . . . . .	35
1. Les différents types de masses germinatives . . . . .	35
2. Leurs variations numériques . . . . .	37
3. Les caractéristiques des émissions . . . . .	37
III. - Les facteurs capables d'influencer le développement des générations rédiennes de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	38
A. Le volume corporel du mollusque hôte . . . . .	38
B. L'origine de l'hôte définitif . . . . .	41
C. Facteurs moins connus . . . . .	43
1. L'origine géographique des limnées et des miracidiums . . . . .	43
2. Autres éléments . . . . .	43
IV. - Commentaires . . . . .	44
CHAPITRE DEUXIÈME : Matériel et méthodes . . . . .	46
I. - Matériel biologique . . . . .	46
A. Les mollusques . . . . .	46
B. Les oeufs de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	48
II. - Protocole expérimental . . . . .	51
III. - Méthodologie . . . . .	53
A. Les oeufs de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	53
B. L'exposition de la limnée aux miracidiums . . . . .	53

	Pages
C. L'élevage des limnées . . . . .	55
D. La dissection des limnées . . . . .	55
IV. - Paramètres étudiés . . . . .	56
A. Caractéristiques générales des expériences . . . . .	56
B. Paramètres liés aux rédies . . . . .	56
C. Paramètres intéressant le contenu rédien . . . . .	56
V. - Tests statistiques . . . . .	57
CHAPITRE TROISIÈME : Les caractéristiques de l'infestation fasciolienne chez	
<i>Lymnaea truncatula</i> . . . . .	58
I. - La survie de <i>Lymnaea truncatula</i> au cours de l'expérience . . . . .	58
II. - La prévalence de l'infestation fasciolienne . . . . .	60
III. - La croissance des limnées parasitées au cours de l'expérience . . . . .	61
A. Cas des séries bovins . . . . .	61
B. Cas des autres séries . . . . .	64
C. Interprétation statistique . . . . .	64
IV. - Limnées parasitées et mode de développement rédien . . . . .	66
V. - La charge rédienne globale de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	66
A. Cas des séries bovins . . . . .	66
B. Cas des autres séries . . . . .	69
C. Interprétation statistique . . . . .	69
CHAPITRE QUATRIÈME : La croissance des rédies chez les limnées parasitées	
par <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	71
I. - Les rédies étudiées . . . . .	71
II. - La longueur du corps rédien . . . . .	74
A. Chez les limnées avec un développement rédien typique . . . . .	77
1. Dans les séries bovins . . . . .	77
2. Dans les autres séries . . . . .	77
3. Interprétation statistique . . . . .	80
B. Chez les mollusques avec un développement rédien atypique . . . . .	80

	Pages
1. Dans les séries bovins . . . . .	80
2. Dans les autres séries . . . . .	83
3. Interprétation statistique . . . . .	83
III. - La largeur de la lumière pharyngienne . . . . .	83
A. Chez les limnées avec un développement rédien typique . . . . .	83
1. Dans les séries bovins . . . . .	83
2. Dans les autres séries . . . . .	86
3. Interprétation statistique . . . . .	86
B. Chez les mollusques avec un développement rédien atypique . . . . .	89
1. Dans les séries bovins . . . . .	89
2. Dans les autres séries . . . . .	89
3. Interprétation statistique . . . . .	89
IV. - Relations entre les deux paramètres . . . . .	92
<b>CHAPITRE CINQUIÈME : La productivité des rédies chez les limnées infestées</b>	
par <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	93
I. - Le nombre total de masses germinatives intra-rédiennes . . . . .	93
A. Chez les limnées avec un développement typique . . . . .	93
1. Cas des séries bovins . . . . .	96
2. Cas des autres séries . . . . .	96
B. Chez les limnées avec un développement rédien atypique . . . . .	99
1. Cas des séries bovins . . . . .	99
2. Cas des autres séries . . . . .	99
C. Interprétation statistique . . . . .	102
II. - Le nombre de masses germinatives dans chaque rédie de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	102
A. Présentation des résultats . . . . .	102
B. Interprétation statistique . . . . .	108
III. - La dynamique du contenu rédien . . . . .	109
A. Modalités de l'étude . . . . .	109
B. Chez les mollusques à développement rédien typique . . . . .	112
1. Cas des séries bovins . . . . .	112

	Pages
2. Cas des autres séries . . . . .	112
C. Chez les limnées avec un développement rédien atypique . . . . .	115
1. Cas des séries bovins . . . . .	115
2. Cas des autres séries . . . . .	115
IV. - Productivité cercarienne au 49 <sup>e</sup> jour . . . . .	118
A. Chez les mollusques à développement rédien typique . . . . .	118
B. Chez les limnées avec un développement rédien atypique . . . . .	118
CHAPITRE SIXIÈME : Commentaires . . . . .	119
I. - Synthèse . . . . .	119
A. Caractéristiques de l'infestation fasciolienne . . . . .	120
B. La croissance des rédies de <i>Fasciola hepatica</i> . . . . .	120
C. La productivité des rédies . . . . .	121
II. - Discussion . . . . .	122
A. Remarque préliminaire . . . . .	122
B. Prévalence de l'infestation fasciolienne . . . . .	123
C. Charge rédienne globale . . . . .	124
D. Croissance propre des rédies . . . . .	127
E. Productivité rédienne . . . . .	127
F. Cas des ragondins . . . . .	128
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES . . . . .	131
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	134
ANNEXE . . . . .	141

-oOo-



## INTRODUCTION GÉNÉRALE

C'est au détour de nos études pharmaceutiques que nous avons découvert l'existence de *Fasciola hepatica* car ce parasite, totalement inconnu de la plupart des citoyens, croise rarement le chemin de l'être humain. En effet, l'impact de la fasciolose est aujourd'hui plus d'ordre économique que médical. Si on évalue, en France, à 300 le nombre de cas cliniques par an (DENIS *et al.*, 1996), la parasitose touche largement le cheptel domestique (250 000 morts parmi les moutons en 1969, par exemple, dans le département de la Haute-Vienne).

Comme pour la plupart des autres Digènes, le cycle de *F. hepatica* nécessite l'intervention d'un mollusque (hôte intermédiaire) qui assure le développement des formes larvaires. A partir d'une seule larve (miracidium) pénétrant ce mollusque hôte, il s'ensuit une multiplication des larves avec un nombre de rédies plus élevé et, par suite, un effectif de cercaires encore plus important.

L'un des problèmes, qui se pose à l'heure actuelle, réside dans la quantité de rédies capables de produire des cercaires chez un hôte intermédiaire. Certes, les chiffres moyens ont déjà été fournis par KENDALL (1949) et par BORAY (1969) mais il reste toujours des inconnues sur l'effectif des larves capables de se développer. Différentes expériences réalisées dans les conditions du laboratoire suggèrent l'existence de lignées en fonction de la nature de l'hôte définitif dans lequel le parasite s'est développé. C'est ainsi que des



mesures morphométriques réalisées sur les oeufs de *F. hepatica* prélevés chez différents Mammifères (ABROUS *et al.*, 1999) démontrent que l'origine de l'hôte définitif a une influence directe ou indirecte sur la morphologie de ces oeufs. Ces résultats confortent des travaux plus anciens (RONDELAUD et DREYFUSS, 1995) selon lesquels la charge rédienne du Digène chez le mollusque hôte présente des variations numériques en relation étroite avec l'origine des oeufs qui donnent naissance aux miracidiums. Ces deux recherches suggèrent donc l'existence de lignées parasitaires au sein de l'espèce *F. hepatica*, qui seraient adaptées à tel ou tel Mammifère.

Deux techniques ont permis de caractériser les rédies de *F. hepatica* en fonction de la génération à laquelle elles appartiennent. C'est ainsi que les dimensions des larves sont plus importantes pour la première génération que pour celles qui suivent. A l'inverse, le nombre de sensilles s'accroît avec la génération (AUGOT, 1998). Comme ces travaux n'ont été réalisés qu'avec des miracidiums provenant d'oeufs prélevés chez des bovins, il était intéressant de répondre à la problématique suivante :

- 1) Est-ce-que la composition et la structure de la charge rédienne présentent des variations lorsque la nature de l'hôte définitif d'où proviennent les oeufs de *F. hepatica* -et, par suite, les miracidiums utilisés- n'est pas la même ?

- 2) Est-ce-que ce dernier paramètre intervient sur la dynamique et la productivité des rédies pour le Digène précité ?

Pour répondre à ces deux questions, une expérimentation dans les conditions du laboratoire a été réalisée en procédant à l'infestation de *L. truncatula* par *F. hepatica*. Les rédies en résultant ont été analysées au niveau de leurs dimensions d'une part, et de leur productivité d'autre part.

Les résultats correspondant à ces essais nous ont été confiés pour analyse afin de préparer notre mémoire de thèse. Pour les présenter, nous avons adopté le plan suivant :

- 1) Le chapitre premier rappelle des données sur *F. hepatica*, son cycle évolutif, ses hôtes définitifs et intermédiaires. A côté de ces éléments, nous passerons en revue les caractéristiques des générations rédiennes et les problèmes qui se posent à l'heure actuelle.

- 2) Le chapitre deuxième expose le matériel biologique sur lequel nous avons travaillé. Il présente, en plus, le protocole des investigations, la méthodologie et les paramètres utilisés.

- 3) Le chapitre troisième traite des principales caractéristiques de l'infestation expérimentale et de la charge rédienne.

- 4) Le chapitre quatrième est consacré aux dimensions des rédies provenant de miracidiums prélevés chez des hôtes définitifs différents.

- 5) Le chapitre cinquième porte sur la productivité de ces rédies en fonction de la nature de l'hôte définitif et de la génération à laquelle elles appartiennent;

- 6) Le dernier chapitre traite de la comparaison de nos données avec celles parues dans la littérature sur le même sujet.

Enfin, une annexe à la fin de ce mémoire rassemble les valeurs moyennes et les écarts types sur le nombre de rédies indépendantes pour chaque groupe.

## ***Fasciola hepatica* : SES HÔTES ET SES LARVES**

Le but de ce chapitre est de rappeler un certain nombre de termes techniques habituellement employés pour ce Digène. C'est pourquoi nous passerons en revue le cycle évolutif du parasite avant d'aborder le stade rédie et ses particularités.

Le plan tient compte de cette trilogie. Les trois paragraphes sont énumérés dans l'ordre indiqué. Ils seront suivis de commentaires spécifiques.

### **I. - *Fasciola hepatica*.**

#### **A. POSITION SYSTÉMATIQUE DE L'ESPÈCE.**

Cette dernière appartient aux taxons suivants :

- Embranchement des Plathelmintha,
- Classe des Digenea,
- Ordre des Echinostomida,
- Famille des Fasciolidae,
- Genre *Fasciola*,
- Espèce *F. hepatica* Linné, 1758.

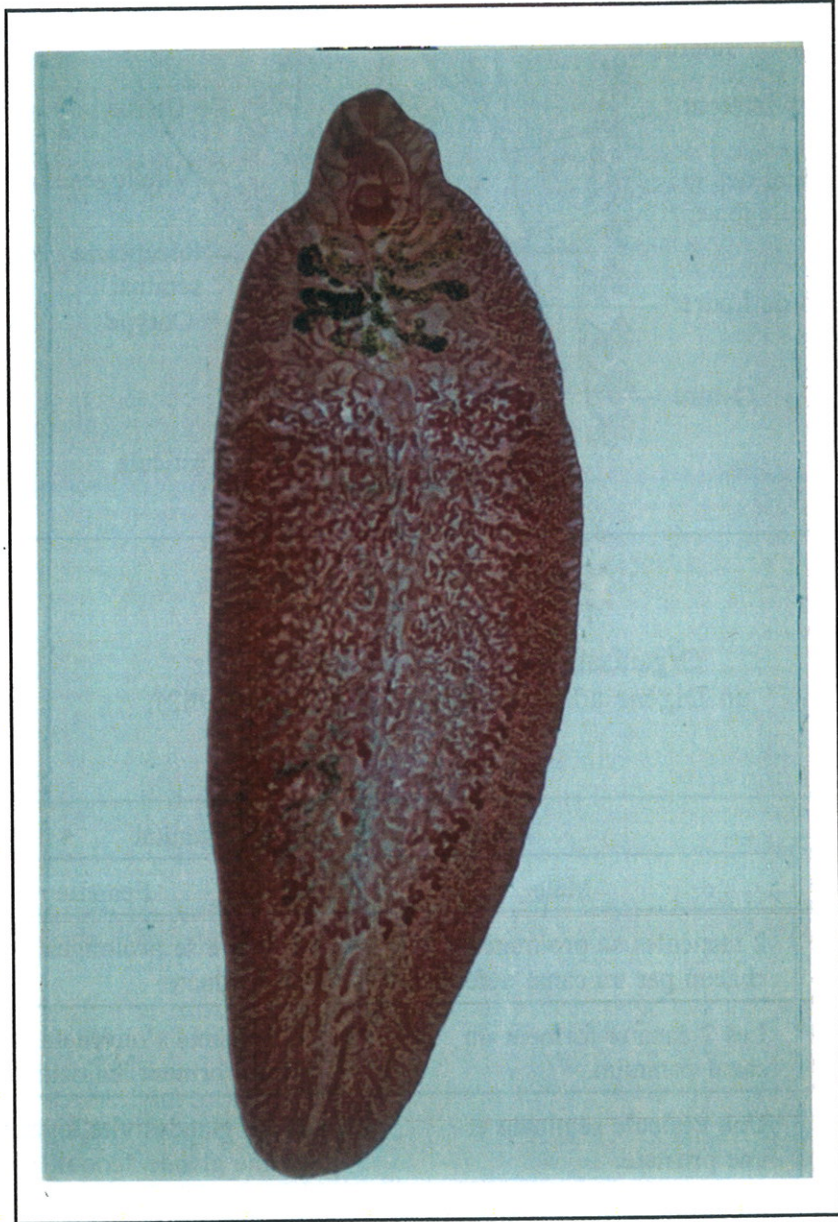


Planche A.  
*Fasciola hepatica* adulte.  
Crédit photo : Prof. H. MEHLHORN,  
Université de Düsseldorf, Allemagne.

## B. LE PARASITE ADULTE.

Notre propos a été construit en utilisant a) la description faite par THOMAS (1883b) sur *F. hepatica* adulte et b) les synthèses que plusieurs auteurs (CAVIER, 1970 ; SOULSBY, 1982 ; NOZAIS *et al.*, 1996, par exemple) ont réalisées par la suite.

### 1. Morphologie externe.

Le corps est aplati dorso-ventralement, de forme ovoïde et foliacée. Il mesure 20 à 30 mm de long pour 8 à 13 mm de large et 1 mm d'épaisseur environ (planche A). L'extrémité antérieure, ou cône céphalique, est de forme triangulaire et de dimension inférieure à la largeur moyenne du corps. Font suite deux élargissements scapulaires typiques de l'espèce, ce qui donne au corps son aspect caractéristique.

L'adulte possède deux ventouses localisées dans le tiers antérieur du corps. La première, lisse et musculeuse, est portée par le cône céphalique. Mesurant 1 mm de diamètre, elle entoure l'ouverture orale du tube digestif. La deuxième, ou acétabulum, présente une localisation plus ventrale et permet la fixation du parasite à la paroi des canaux biliaires chez l'hôte définitif. Elle est de plus grande taille (1,6 mm de diamètre), de forme triangulaire et ne porte pas d'orifice.

### 2. Structure interne.

Plusieurs organes sont contenus dans le corps de ce parasite adulte. Le tube digestif comporte un pharynx court, suivi d'un oesophage se prolongeant par deux caecums latéraux, très ramifiés et se terminant chacun en cul-de-sac.

Le système excréteur comporte des protonéphridies (cellules à flamme vibratile) reliées à un canal excréteur de chaque côté. On note également la présence d'un système nerveux réduit à un ganglion cérébroïde donnant naissance à des nerfs. L'anatomie ne comporte pas d'appareil circulatoire, ni de système respiratoire.

L'appareil génital est hermaphrodite. La figure 1 et le tableau I présentent l'organisation de cet appareil en tenant compte des parties mâle et femelle.



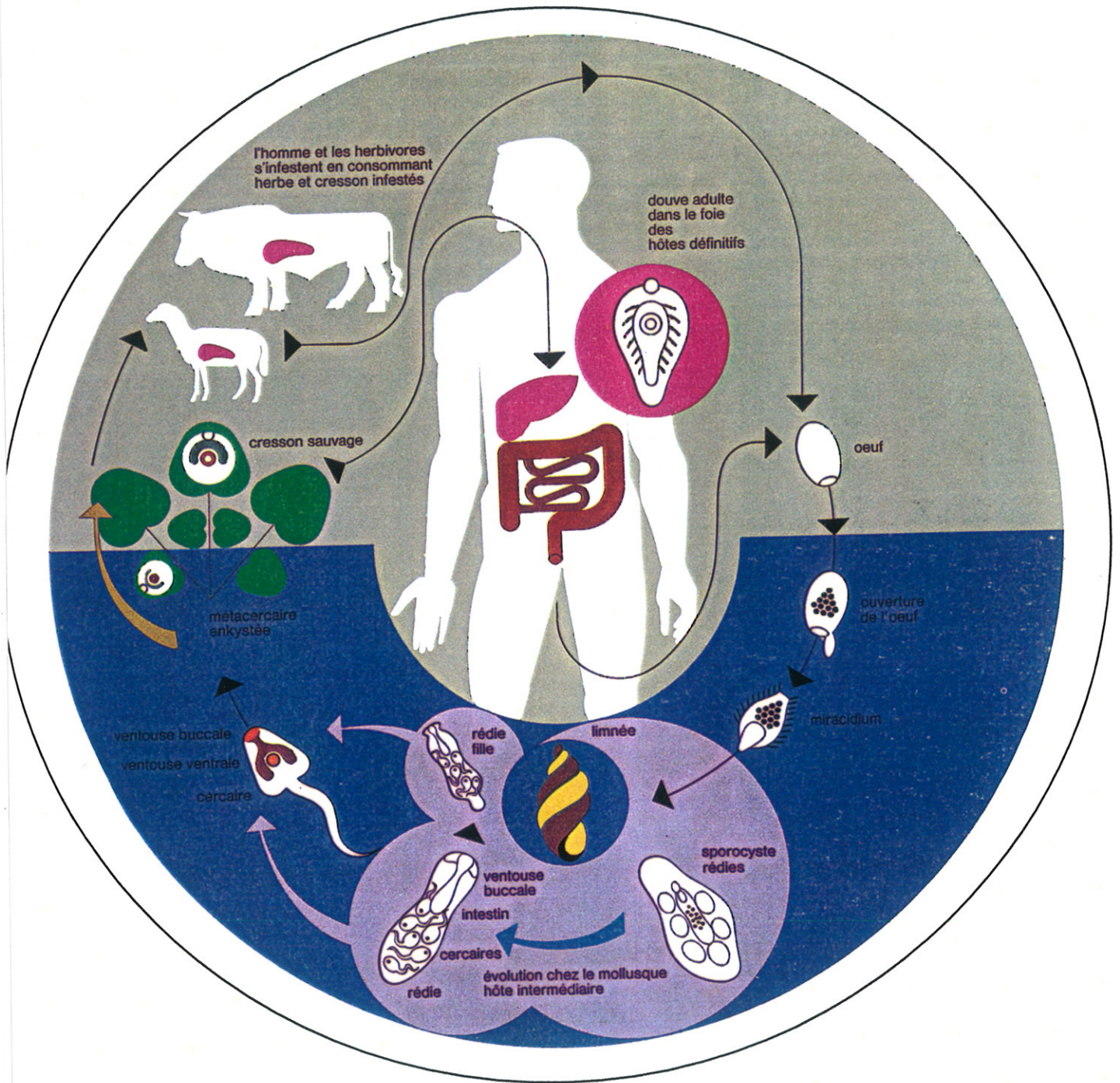


Planche B.  
 Cycle évolutif de *Fasciola hepatica*  
 (d'après Laboratoires ROLAND MARIE, 1974)

### C. CYCLE ÉVOLUTIF.

Son accomplissement requiert l'intervention de deux hôtes successifs. Le premier est un Mammifère, parfois un Oiseau et héberge le parasite adulte : c'est l'hôte définitif. Le deuxième assure le développement des formes larvaires. Cet hôte intermédiaire est un mollusque d'eau douce. On peut subdiviser ce cycle (planche B) en quatre étapes :

- 1) Dans le milieu extérieur.

Après la ponte, les oeufs sont éliminés dans les fèces de l'hôte définitif. Leur différenciation n'est possible que dans des conditions favorables de température et d'humidité. Ils éclosent au bout de 15 jours à 25° C constant ou de 20 jours à 20° C (OLLE-RENSHAW, 1971) et donnent naissance à des embryons ciliés : les miracidiums.

- 2) Chez le mollusque.

Les larves sont attirées par les sécrétions de l'hôte intermédiaire (chimiotropisme positif) et nagent à sa rencontre. Elles y pénètrent par voie mécanique et enzymatique. Chaque miracidium se transforme en sporocyste qui forme des rédies de première génération. Celles-ci forment ensuite des rédies filles et des cercaires. L'émergence de ces dernières larves se produit 7 à 10 semaines après la pénétration du miracidium.

- 3) Dans le milieu extérieur.

Les cercaires sortent du mollusque par effraction. Ce sont des larves mobiles grâce à leur queue. Elles nagent pendant quelques minutes pour s'enkyster à la surface de l'eau ou sur la végétation aquatique. On parle alors de métacercaires.

- 4) Chez l'hôte définitif.

Ce dernier se contamine en ingérant les métacercaires. Sous l'action des sucs digestifs, les larves se désenkystent dans le duodénum et traversent la muqueuse pour gagner la cavité péritonéale et atteindre le foie en 4-6 jours. Là, elles effectuent une migration intraparenchymateuse de 6 semaines et s'installent finalement dans les canaux biliaires où elles deviennent adultes. Les premiers oeufs sont pondus 3 mois après le repas infestant.

## D. LES HÔTES DÉFINITIFS.

### 1. Les différents taxons concernés.

*F. hepatica* est un Digène peu spécifique quant à la nature de ses hôtes définitifs. La liste de ces derniers est longue et variée selon le continent où la parasitose a été étudiée. La figure 2 présente les principales espèces connues pour héberger naturellement ou expérimentalement *F. hepatica*. La maladie a été décrite principalement chez les Mammifères, depuis les Métathériens jusqu'à l'homme en passant par les Rongeurs, les Artiodactyles et les Lagomorphes. Néanmoins, certains Oiseaux comme l'émeu (VAUGHAN *et al.*, 1997) peuvent assurer naturellement le développement du Digène.

Ce sont les herbivores domestiques, ovins surtout mais aussi bovins, qui représentent le réservoir de parasites le plus important pour la contamination humaine. La nuisance est tout d'abord d'ordre sanitaire car, en souillant les pâtures et les cressonnières, ils exposent l'homme aux métacercaires de *F. hepatica* (revue d'EUZEBY, 1971). L'autre impact de la maladie est d'ordre économique en raison du coût financier (JOLIVET, 1973). Ce sont les ovins qui paient le plus lourd tribut car la maladie revêt plus fréquemment chez eux une forme aiguë, aboutissant à la mort de l'animal. La plupart du temps, les Ruminants n'ingèrent qu'un petit nombre de parasites, ce qui aboutit à une forme chronique. Les animaux atteints deviennent alors cachectiques, anémiés et présentent un ralentissement dans leur croissance et la production de viande. On note aussi une diminution de la fertilité, de la fécondité, une chute dans la production de laine et, enfin, un "manque à gagner" pour l'éleveur sur les foies parasités, qui sont saisis et rejetés par les abattoirs (MAGE, 1988).

Les autres herbivores (cheval, chèvre, lapin, lièvre) et le porc ne constituent pour l'homme que des sources secondaires d'infestation.

L'homme se contamine par consommation de végétaux ou d'eau souillés par des métacercaires. Le cresson naturel, le pissenlit et la mâche sont les plantes les plus impliquées sur le plan épidémiologique (FRUT, 1981 ; GAILLET, 1983 ; CAILLAULT, 1993). La menthe, les herbes aromatiques ou la salade verte sont des sources potentielles de contamination (CAILLAULT, 1993). Enfin, les cas humains de fasciolose, consécutives à l'ingestion d'une eau souillée par des kystes flottants, restent rares (SADAILLAN *et al.*, 1949).



## 2. Développement parasitaire et signes cliniques chez l'homme.

Notre synthèse provient de l'analyse des documents suivants : JACQUEMIN et JACQUEMIN, 1974 ; GOLVAN, 1990 ; DENIS *et al.*, 1996 ; NOZAIIS *et al.*, 1996 ; RIPERT, 1996 ; SZYMKOWIAK, 1999. D'autres références sont citées dans le texte.

Mauvais hôte définitif pour cette douve, l'homme ne développe le plus souvent que des formes infra-cliniques, méconnues ou révélées au hasard d'une sérologie (JACQUEMIN et JACQUEMIN, 1974). Ainsi, pourrait-on expliquer l'apparent paradoxe de la prévalence de l'infestation humaine qui est faible dans les régions où le cheptel est largement atteint :

- Certaines études ont montré qu'entre 1970 et 1982, 5.863 cas de fasciolose humaine avaient été diagnostiqués en France, principalement dans les grandes régions d'élevage : Aquitaine, Ardennes, Bourgogne, Limousin, Lorraine et Normandie (NOZAIIS *et al.*, 1996).

- Ces chiffres sont confirmés par ceux de GAILLET (1983) qui recense 8.898 cas de distomatose humaine survenus sur le territoire français de 1950 à 1982.

A titre de comparaison, sur la seule année 1988, les abats de plus de 730.000 bovins, 330.000 ovins et 28.000 porcs ont été retirés de la vente pour cause de distomatose (MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, 1988, *in* NOZAIIS *et al.*, 1996).

La figure 3 schématise l'évolution de la métacercaire jusqu'à la forme adulte de *F. hepatica* chez l'homme. Trois étapes se dégagent dans ce développement, conduisant à l'existence de trois phases cliniques dans le déroulement de la maladie :

### a). Période d'incubation.

Cette phase, cliniquement muette, correspond a) au désenkystement des métacercaires dans le duodénum sous l'action du brassage gastrique et de l'action des sucs digestifs, et b) de la traversée de la paroi digestive.

Sa durée est variable et dépend de la charge parasitaire (nombre de larves ingérées) et des possibilités réactionnelles du sujet parasité. On l'estime de quelques jours (8 d'après BROUET, *in* GOLVAN, 1983) à quelques semaines en général.

b). *Période d'invasion.*

Elle correspond à la migration entéro-hépatique des jeunes douvules (jeunes douves immatures) dans la cavité péritonéale, puis dans le parenchyme hépatique et à leur différenciation sexuelle. Cette phase dure en général 2 à 3 mois.

Les premiers signes cliniques (Figure 4) ne sont pas spécifiques de la parasitose et portent sur de l'asthénie parfois importante, persistant pendant plusieurs semaines, des troubles du transit, des douleurs épigastriques ou de l'hypochondre droit, des myalgies, des arthralgies, des céphalées, ... Cette symptomatologie d'évolution insidieuse et progressive aboutit à un tableau d'hépatite toxi-infectieuse s'accompagnant d'irradiations vers l'épaule droite. On note un foie douloureux à la palpation et une hépatomégalie.

Un fébricule vespéral à 38°-38,5° C apparaît par la suite, avec des pics thermiques imprévisibles à 39°-40° C. L'atteinte hépatique peut être soulignée par des crises subictériques ou ictériques, des urines foncées, des épisodes nauséux. Enfin, on peut observer une hyperéosinophilie (jusqu'à 50 %) et des signes allergiques (urticaire, oedème de Quincke).

c). *Période d'état.*

Elle coïncide avec l'apparition des premiers oeufs dans les selles 3 ou 4 mois après la date du repas infestant. Les signes subaigus de la phase d'invasion tendent à s'estomper dans un premier temps. Cette phase de sédation relative est brève.

En se fixant à la paroi des canaux biliaires, les douves adultes entraînent des lésions inflammatoires. Le tableau clinique est dominé par un syndrome d'obstruction des voies biliaires, causé par les douves elles-mêmes et par les précipités ou les calculs qu'elles engendrent. On observe alors des épisodes pseudo-lithiasiques responsables des crises de colique hépatique, caractérisés par un ictère rétentionnel, une hépatomégalie, une hyperthermie et des douleurs vives, irradiant vers la ceinture scapulaire. Rarement la clinique s'aggrave vers une angiocholite aiguë hyperthermique et une altération sévère de l'état général. L'hémogramme montre un taux de polynucléaires éosinophiles inférieur à 8 %.

L'hépatite chronique peut évoluer vers une cirrhose biliaire pouvant se Cancériser.

## E. LES HOTES INTERMÉDIAIRES.

### 1. Qu'est-ce qu'un hôte intermédiaire ?

Par ce terme, on qualifie l'être vivant chez lequel doit obligatoirement séjourner un Plathelminthe pour y subir des transformations asexuées qui l'amèneront à la forme infestante pour le Mammifère. Pour que le cycle évolutif de *F. hepatica* s'accomplisse, il faut l'intervention d'un hôte intermédiaire unique et passif. Ce dernier va héberger les formes larvaires du parasite et en assurer la différenciation.

Dans le cas de *F. hepatica*, l'hôte est un mollusque dont la position systématique est la suivante :

- Embranchement des Mollusca,
- Classe des Gastropoda,
- Sous-classe des Pulmonata,
- Ordre des Basommatophora,
- Famille des Lymnaeidae.

L'hôte intermédiaire préférentiel, sinon quasi-exclusif, du Digène est *Galba*<sup>1</sup> *truncatula*. Un certain nombre d'auteurs ont cité la présence de cette espèce en Europe, sur une partie de l'Asie, dans certaines zones de l'Afrique et en plusieurs points du continent américain (Alaska, Bolivie) comme le tableau II le montre.

Selon la localisation géographique, les conditions climatiques et la nature des habitats, d'autres espèces de *Lymnaea* sont capables de répondre au statut d'hôte intermédiaire pour *F. hepatica*. Un certain nombre d'espèces sont citées sur le tableau II. Mais, en plus de leur apparente diversité, les limnées qui peuvent assurer le développement complet du parasite (avec des émissions cercariennes) n'ont pas toutes la même sensibilité vis-à-vis du Digène.

---

<sup>1</sup> - A l'heure actuelle, la Limnée tronquée répond au nom scientifique de *Galba truncatula* (GLÖER et MEIER-BROOK, 1994 ; FALKNER et al., 2000). Mais, dans le cadre de ce mémoire, nous avons préféré utiliser *L. truncatula* pour cette limnée car cette dénomination est encore la plus utilisée dans les écrits scientifiques. Nous avons effectué la même démarche pour les autres espèces de limnées.

Dans ses travaux de 1978, BORAY a regroupé la plupart des limnées en quatre groupes. Ces derniers sont présentés sur le tableau III. Nous pouvons en dégager les remarques suivantes :

- Groupe I. Les limnées ont une sensibilité maximale au parasite. Ces espèces peuvent s'infester à tout âge et ont une production cercarienne importante. La mortalité de ces mollusques est faible lorsqu'ils sont soumis aux miracidiums. Leur résistance à *F. hepatica* est donc faible, voire nulle. *L. truncatula* appartient à cette catégorie.

- Groupe II. Les limnées ont des relations disparates avec *F. hepatica*. Si le mollusque peut s'infester à tout âge, le développement larvaire est variable selon les populations : la production cercarienne peut être importante ou non, ou bien l'évolution du parasite s'arrête au stade rédie. Les autres paramètres (mortalité, prévalence, ...) sont de même variables.

- Groupe III. Les limnées possèdent une résistance partielle à l'infestation fasciolienne. Cette inaptitude est liée à leur âge. Le développement complet du parasite n'est possible que si l'exposition aux miracidiums s'effectue avec de jeunes individus (moins de 2 semaines de vie après l'éclosion). La production cercarienne est faible.

- Groupe IV. Les limnées sont totalement résistantes, quel que soit leur âge. Les miracidiums ne pénètrent pas ou s'ils entrent chez le mollusque, le développement s'arrête au stade sporocyste ou au stade rédies immatures.

Cependant cette classification ne tient pas compte des espèces proches des Lymnaeidae. C'est le cas de *Bulinus truncatus* qui peut assurer le développement du parasite jusqu'au stade rédies à cercaires (BARTHE et RONDELAUD, 1986).

En outre, des résultats récents risquent de remettre la classification de BORAY (1978) en cause. Lorsqu'on soumet des *L. glabra* de 1 à 8 mm de hauteur à une infestation double avec deux Digènes (1 miracidium de *Paramphistomum daubneyi* + 1 autre de *F. hepatica* par mollusque), les limnées peuvent assurer le développement de l'un des parasites, de l'autre ou encore des deux simultanément (ABROUS *et al.*, 1998). La co-infestation de cette limnée par les deux Plathelminthes permet donc de vaincre la résistance que cette espèce développe lors d'un parasitisme avec la seule *F. hepatica*.

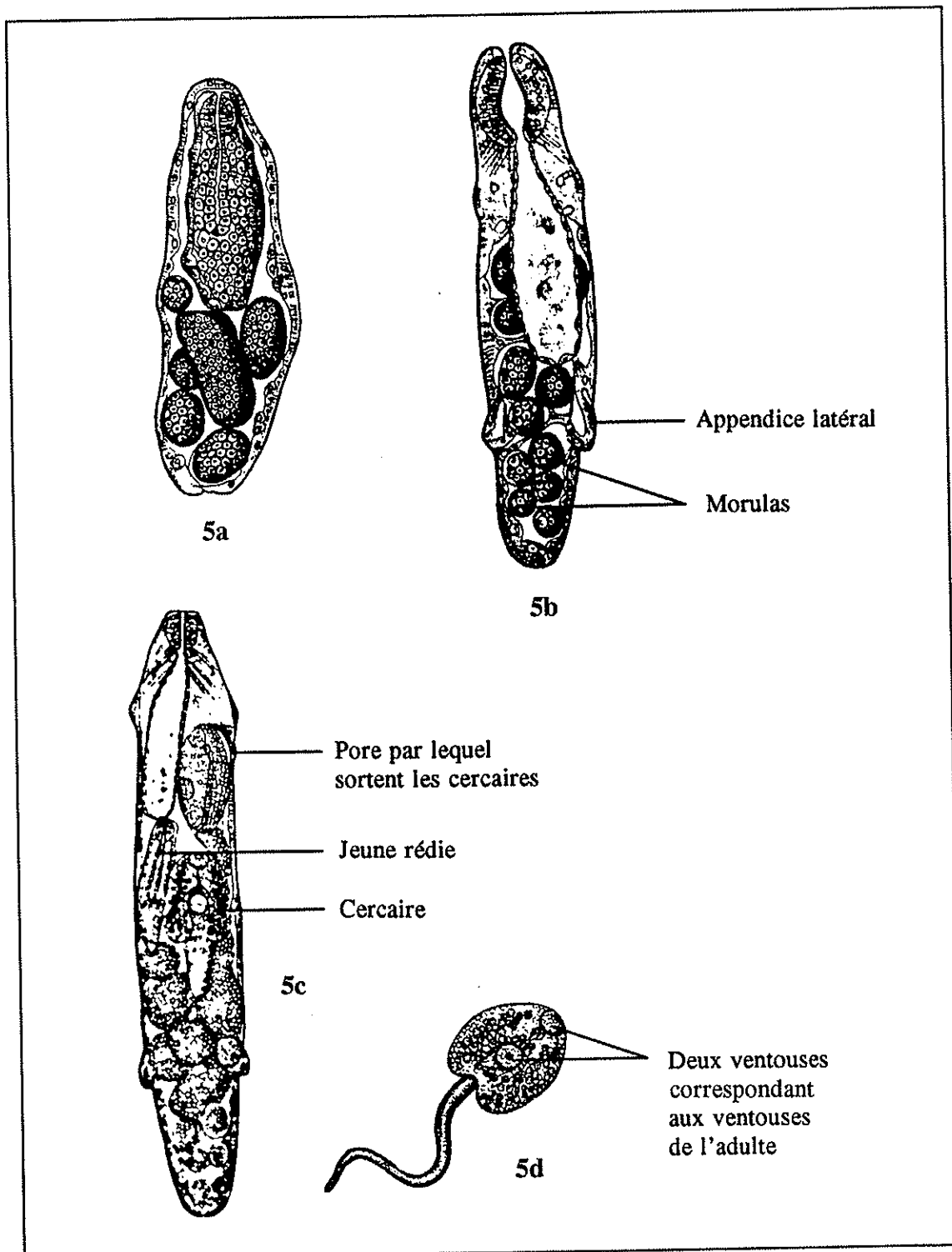


Figure 5.  
 Les différentes formes larvaires de *Fasciola hepatica* (d'après THOMAS, 1883b, redessiné par ANDREWS, 1999, modifié) : sporocyste (5a), rédie de première génération (5b), rédie de deuxième ou de troisième génération (5c), cercaire libre (5d).

## 2. Les différents stades larvaires de *F. hepatica* chez le mollusque.

Dans les 6 ou 7 jours qui suivent la pénétration du miracidium chez le mollusque, la larve voit certaines structures involuer : on parle alors de sporocyste (Fig. 5a). La ciliature externe, l'ébauche du tube digestif, les cellules glandulaires apicale et latérales, ainsi que la paire d'ocelles régressent. Le sporocyste ne conserve qu'un tégument lisse, soutenu par une mince assise musculaire. Les cellules germinales intra-sporocystaires se multiplient de façon végétative pour former des morulas qui se différencient progressivement en rédies. Le sporocyste effectue des migrations à l'intérieur du mollusque jusqu'à la région réno-péricardique où il se fixe préférentiellement (PRÉVERAUD-SINDOU et RONDELAUD, 1995). Il mesure alors 500 à 700  $\mu\text{m}$  de long sur 50  $\mu\text{m}$  de large (EUZEBY, 1971).

Les rédies (Fig. 5b, c) constituent un stade larvaire intermédiaire chez le mollusque. Trois générations se succèdent comme le montre la figure 6. Les premières de chaque génération deviennent indépendantes dans le corps de la limnée à partir du 7<sup>e</sup> jour (première génération), du 18<sup>e</sup> jour (2<sup>e</sup> gén.) et du 35<sup>e</sup> (3<sup>e</sup> gén.). Ces larves sont le siège d'une prolifération intense des cellules germinales, permettant d'augmenter fortement la charge parasitaire chez le mollusque hôte (polyembryonie). Elles prennent naissance dans le corps du sporocyste (1<sup>e</sup> gén.), ou dans celui des rédies précédentes (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> gén.). La différenciation de leur contenu germinal<sup>2</sup> aboutit à la formation de cercaires.

Ces dernières (Fig. 5d) ont une organisation anatomique qui rappelle celle d'une douve adulte, à l'exception des organes génitaux qui restent à l'état d'ébauches. Elles sortent du mollusque par effraction au niveau de la région péri-anale (KENDALL et McCULLOUGH, 1951) et les émissions se déroulent en vagues successives de périodicité nocturne. Elles nagent quelques minutes et s'enkystent pour se transformer en métacercaires. Ce stade enkysté correspond à la forme de résistance et à la forme infestante de la cercaire. La plupart des métacercaires sont fixées sur un support végétal mais 10 % d'entre elles, munies d'une collerette à lacunes aérifères, constituent des kystes flottants (ESCLAIRE *et al.*, 1989). Ces derniers permettraient de propager la maladie sur de grandes distances et pourraient donner lieu à des contaminations épidémiques lors d'une inondation (MAS-COMA *et al.*, 1999).

---

<sup>2</sup> - La structure de ces rédies et l'évolution de leur contenu général seront détaillées dans le paragraphe suivant (à partir de la page 26).

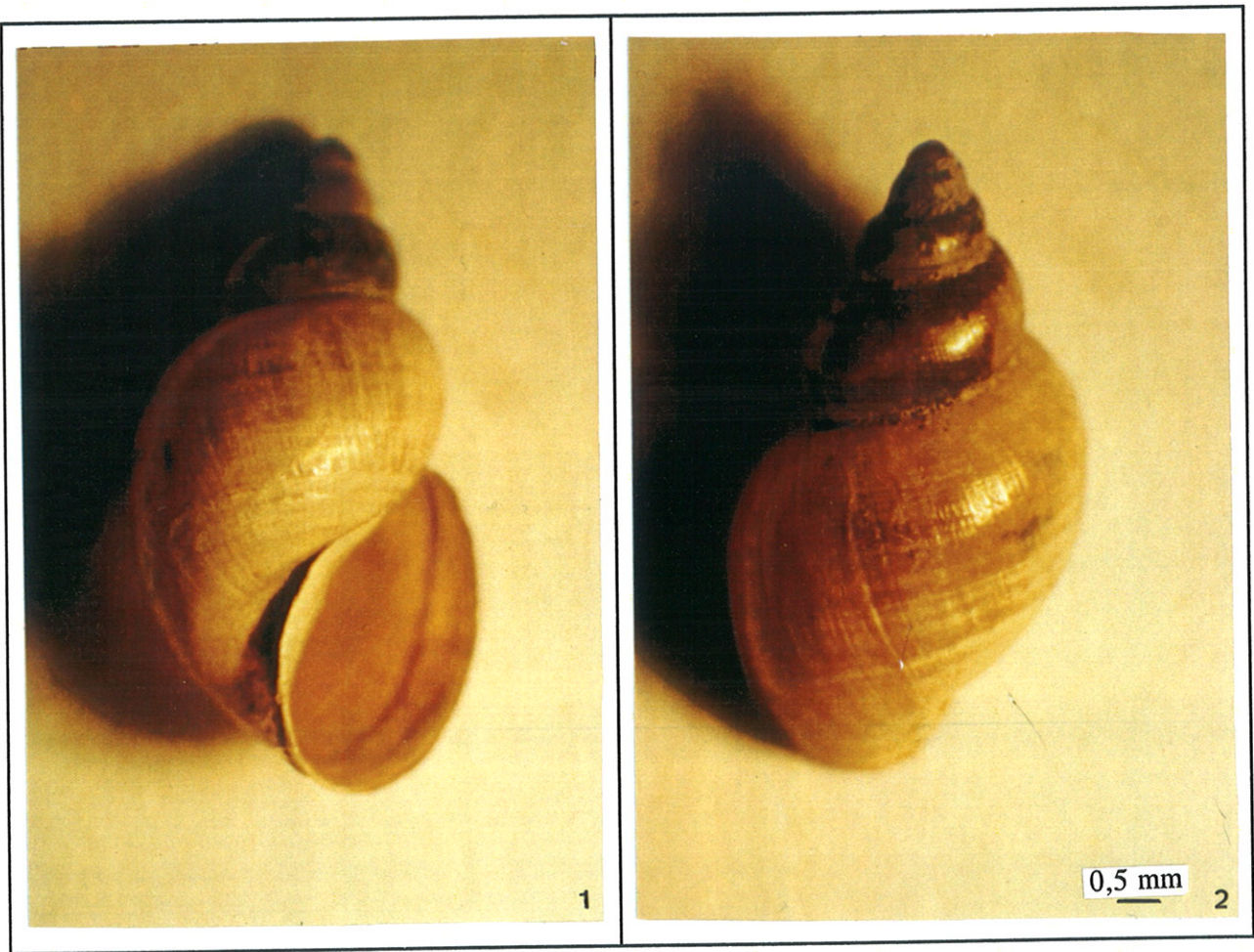


Planche C.

La coquille de *Lymnaea truncatula* vue par  
la face inférieure (n° 1) et la face supérieure (n° 2).

Crédit photo : Professeur G. DREYFUSS,  
Faculté de Pharmacie, Université de Limoges.

### 3. Quelques données sur *Lymnaea truncatula*.

Nous avons consacré ce sous-paragraphe à la description de cette limnée car c'est l'espèce que la plupart des auteurs européens reconnaissent comme hôte intermédiaire préférentiel de *F. hepatica* (revue d'EUZEBY, 1971).

La planche C montre deux illustrations se rapportant à la face inférieure de la coquille (avec l'ouverture) et à la face supérieure. Ce mollusque présente un enroulement dextre (avec l'ouverture se présentant à droite lorsque l'on regarde l'animal par la face inférieure). On peut constater sur la photographie n° 1, la présence d'une spire étagée "comme des marches d'escalier" (EUZEBY, 1971), permettant de reconnaître facilement cette espèce lorsqu'elle est présente sur le terrain. La longueur de la coquille peut atteindre 12 mm de hauteur pour 4 à 5 mm de large.

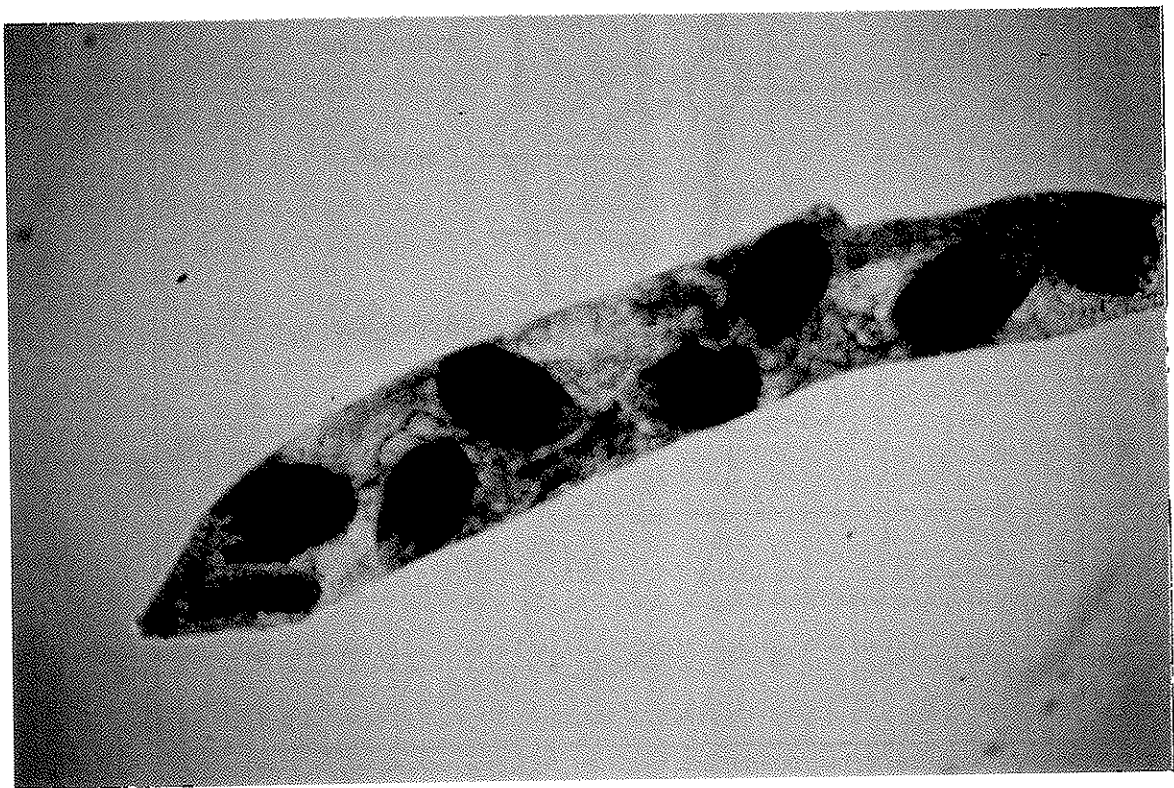
Cette limnée fait partie des mollusques que l'on rencontre dans les eaux continentales. En réalité, elle a un comportement amphibie et peut s'observer dans l'eau ou sur les terrains émergés selon la saison. Au cours des mois d'hiver, le mollusque est complètement immergé. Au printemps, les émergences deviennent de plus en plus fréquentes et sont totales lorsque l'eau disparaît des habitats en été. A partir de septembre, le mouvement inverse se produit, avec des immersions de plus en plus longues (revue de TAYLOR, 1965). Cette aptitude à l'amphibiose est liée à l'existence d'un "poumon" (cavité palléale) qui lui permet de respirer l'oxygène atmosphérique bien que l'espèce possède une certaine respiration cutanée (LAMBERT, 1990).

Le nombre des générations annuelles est fortement dépendant des conditions climatiques où l'espèce vit. Le plus souvent, la limnée a deux générations (l'une au printemps, l'autre en automne) séparées par le dessèchement estival du site. Lors des années très humides, mais possédant un mois de février clémente, une génération supplémentaire peut s'intercaler entre les deux précédentes, ce qui augmente la densité des limnées dans leur habitat (revue de TAYLOR, 1965). Mais dans certaines zones (cas des habitats d'altitude ou des berges de cours d'eau), on peut n'avoir qu'une seule génération avec dépôt des pontes en juillet ou au début d'août (de MASSIAS *et al.*, 1986 ; VAREILLE-MOREL *et al.*, 1998). Ces trois générations sont consignées dans la revue de SZMIDT-ADJIDÉ *et al.* (1996).





1



2

Planche D.

Les rédies de *Fasciola hepatica* lors de la dissection d'un mollusque infesté (n° 1) : noter la couleur blanche des corps rédiens, et au microscope optique : cas d'une rédie de génération B, contenant des cercaires (n° 2). Crédit photo : Professeur G. DREYFUSS, Faculté de Pharmacie, Université de Limoges.

## II. - LES RÉDIES DE *Fasciola hepatica*.

### A. LE STADE RÉDIEN.

Il s'agit d'un stade intermédiaire chez le mollusque hôte. Les rédies se forment par différenciation des cellules germinales, aboutissant à des amas ovoïdes ou morulas. La planche D et la figure 7 montrent la morphologie allongée et cylindrique de la larve.

Chaque morula s'allonge et s'aplatit. L'extrémité antérieure du cône céphalique s'invagine alors et se différencie pour former l'appareil digestif de la rédie : la partie proximale, ou bouche, présente deux lèvres s'ouvrant sur un pharynx sphérique, se poursuivant par un caecum intestinal court, globuleux et en cul-de-sac. Ce dernier va s'allonger lors du développement de la rédie jusqu'au sixième de la longueur du corps (OLLERENSHAW et GRAHAM, 1986). Initialement translucide, cet intestin va devenir noir-de-jais au point de permettre la détection d'une rédie au travers de la coquille transparente d'un mollusque parasité (RONDELAUD et MAGE, 1990).

Le tégument est sous-tendu par une assise musculaire conférant à la larve une grande mobilité. Il présente deux types d'excroissance. Au niveau du tiers antérieur, à la jonction pharyngo-caecale, on observe un collier circulaire, musculeux. Au niveau du tiers postérieur, le tégument se renfle pour former deux appendices latéro-ventraux (BAYSSADE-DUFOUR *et al.*, 1980) en forme de languette "rappelant des nageoires" (EUZEBY, 1971).

En arrière du collier, en position latérale, se trouve un orifice de ponte par lequel sortiraient les rédies filles et les cercaires (THOMAS, 1883a). Mais AUGOT *et al.* (1997) font part de la possibilité de sortie pour les rédies filles et les cercaires par la partie postérieure du corps si bien que le rôle exact de cet orifice de ponte est encore imprécis.

L'appareil excréteur comprend quatre groupes de cellules à flamme vibratile, prolongés par des canalicules débouchant sur un pore extérieur (THOMAS, 1883b). La présence d'un système nerveux est encore discutée. D'après GRABDA-KAZUBSKA *et al.* (1991), il y aurait un ganglion péri-oesophagien d'où partent des filets nerveux.

Dans la partie postérieure du corps rédien, se trouvent des cellules germinales dont la multiplication formera les générations ultérieures de rédies filles et de cercaires.

## B. LES GÉNÉRATIONS RÉDIENNES DE *Fasciola hepatica*.

Ce terme s'applique à une population rédienne issue d'un même stade larvaire antérieur (sporocyste ou rédie) et qui se développe de façon concomitante au cours du cycle parasitaire chez le mollusque hôte. Au sein d'une même génération de rédies, on distingue des sous-populations, appelées cohortes. Cette subdivision regroupe des individus qui sont devenus indépendants au même moment à partir du stade larvaire antérieur.

Jusqu'en 1980, le schéma consensuel d'apparition des générations rédiennes distinguait deux voies simultanées : une voie directe (les cercaires naissent de rédies issues du sporocyste) et une voie indirecte (les cercaires sortent du corps de rédies, elles-mêmes provenant d'autres rédies issues du sporocyste). Pour qualifier les rédies issues du sporocyste, on a alors proposé l'appellation de rédies mères alors que les rédies provenant d'autres rédies ont été désignées comme des rédies filles.

Certains auteurs pensaient alors que l'orientation du cycle parasitaire vers la voie indirecte plutôt que vers la voie directe était liée à des facteurs relatifs au milieu : la saison (été : THOMAS, 1883b ; hiver : LEUCKART, 1886-1901), le froid (KENDALL, 1964, 1965), la chaleur (SAINT-GUILLAIN, 1968 ; WILSON et DRASKAU, 1976), le jeûne physiologique par assèchement du milieu (WILSON et DRASKAU, 1976). Les relations paradoxales entre ces différents facteurs ainsi que les observations réalisées depuis 1974 ont permis d'affiner le schéma de succession des générations rédiennes. D'après les travaux de RONDELAUD et BARTHE (1982), on distingue deux types de développement rédien, résumés schématiquement sur les figures 8 et 9.

### 1. Développement typique (Fig. 9a, page suivante).

Dans ce cas, la première rédie issue du sporocyste -donc de génération 1, cohorte 1- produit des rédies filles à partir du 18<sup>e</sup> jour post-exposition (appartenant à la génération 2) et meurt tardivement après le 49<sup>e</sup> jour post-exposition à 20° C.

Les autres rédies qui sortent plus tardivement du sporocyste -donc de génération 1, cohorte 2- se développent en même temps que les rédies de deuxième génération (citées ci-dessus).

Ces deux groupes produisent à leur tour des rédies filles qui deviennent indépendantes à partir du 35<sup>e</sup> jour post-exposition. Selon leur origine, elles appartiennent à la génération 3, cohorte 1 (pour celles issues de la deuxième génération) et à la deuxième génération, cohorte 2 (pour celles provenant de la génération 1).

## 2. Développement atypique.<sup>3</sup>

Par rapport au mode de développement commenté dans le paragraphe précédent, les modifications qui s'opèrent lors d'un développement atypique sont représentées sous forme de barres noires sur la figure 9b.

Lorsque la première rédie issue du sporocyste meurt dans le courant de la deuxième semaine post-exposition, elle n'a produit que 4 ou 5 larves de deuxième génération.

La première rédie fille -donc de génération 2, cohorte 1- subit un développement préférentiel car il y a alors peu de formes larvaires dans le mollusque. Elle forme rapidement plusieurs rédies petites-filles appartenant à la génération 3, cohorte 1a.

Les autres rédies filles se différencient plus lentement et ne produisent qu'une ou deux rédies petites-filles -donc de génération 3, cohorte 1b.

## 3. Données numériques.

Elles sont fournies sur le tableau ci-dessous :

Génération	Cohorte	Nombre de rédies lors d'un développement	
		typique	atypique
1	1	1	1 (morte)
	2	9	9
2	1	18	4,6
	2	6	2,5
3	1a	6	6,1
	1b		1,1

<sup>3</sup> - En réalité, il existe deux variantes de développement atypique. Dans le cadre de ce mémoire, nous n'en citerons qu'une car la deuxième est très rare (0,2 % d'après MICHELET, 1997).

### C. CARACTÈRES PERMETTANT DE RECONNAÎTRE CES GÉNÉRATIONS.

Les données utilisées pour la rédaction de ce paragraphe proviennent de la synthèse de MICHELET (1997) et des travaux d'AUGOT (1998).

Les techniques les plus probantes de discrimination des générations rédiennes reposent sur deux modes d'investigation : a) une analyse morphologique des rédies et b) une étude chétotaxique basée sur le nombre et la distribution des sensilles.

#### 1. Données morphométriques.

Les travaux d'AUGOT *et al.* (1998, 1999) font apparaître une diminution progressive de la longueur et de la largeur du corps rédien en fonction des générations rédiennes. Mais les deux paramètres semblent peu utiles pour discriminer les groupes rédiens entre eux en raison du chevauchement important des écarts types calculés à partir des valeurs individuelles.

A l'inverse, les dimensions des pharynx rédiens seraient plus spécifiques de chaque génération. Celles-ci concernent l'épaisseur de la paroi pharyngienne, le diamètre maximal de la lumière et le diamètre de l'ouverture externe (bouche). La figure 10 présente la morphologie de ces pharynx.

- Les rédies de première génération ont un pharynx court avec une chambre interne sphérique ou ronde en coupe transversale.

- Les rédies de deuxième génération (cohorte 1) ont un pharynx de morphologie différente. La chambre interne, d'aspect piriforme, présente un épaississement de la paroi pharyngienne et un retentissement marqué de la lumière pharyngienne dans le secteur buccal.

- Enfin, chez les rédies suivantes (génération 2, cohorte 2, et génération 3), on note une accentuation de ces trois tendances. Le pharynx de forme ovoïde, allongée présente une paroi épaisse délimitant une lumière étroite et linéaire.

A l'inverse des deux générations décrites ci-dessus, l'accroissement des dimensions du pharynx est indépendant de celui du corps rédien.

Le tableau IV fournit des moyennes pour la largeur de la lumière pharyngienne et démontre que les moyennes diminuent au fil des générations. D'après AUGOT (1998), c'est le paramètre le plus probant pour discriminer les différentes générations rédiennes.

## 2. Données chétotaxiques.

Il s'agit d'une méthode d'analyse basée sur l'étude du nombre et de la répartition des sensilles péri-buccales et péri-pharyngiennes. Ces papilles correspondent à des récepteurs sensoriels tégumentaires reliés à des nerfs.

Les travaux d'AUGOT (1998), d'AUGOT *et al.* (1998) mettent en évidence un accroissement numérique des sensilles péri-buccales au fil des générations ainsi qu'une raréfaction des sensilles péri-pharyngiennes.

Ces fluctuations papillaires de même que la morphométrie du pharynx seraient des critères fiables pour l'identification des générations rédiennes de *F. hepatica*.

## D. PRODUCTIVITÉ CERCARIENNE.

### 1. Les différents types de masses germinatives.

La formation intra-rédienne des cercaires s'effectue en plusieurs étapes :

- Les cellules germinales se multiplient et s'associent en morulas (masses rondes) de 8 à 16 cellules.
- Chaque morula se différencie en un embryon procercarien. Un étranglement médian vient délimiter l'ébauche du corps et celle du prolongement caudal.
- La partie antérieure se renfle en un disque de 250 à 300  $\mu\text{m}$  de diamètre. Cette structure correspond au corps des futures douves et présente deux ventouses (buccale, ventrale). La queue est bien différenciée mais non fonctionnelle : c'est la procercaire.
- Des cellules cystogènes produisent alors une sécrétion formant une couche sur le tégument externe. La queue devient mobile. C'est la cercaire.

## 2. Leurs variations numériques.

Nous nous sommes servi des données qu'AUGOT (1998) fournit sur la productivité cercarienne de *F. hepatica* en fonction de chaque mode de développement pour les rédies. Ces chiffres sont indiqués sur le tableau V. Nous constatons l'existence d'une différence entre les deux modes de développement.

Si la première rédie de première génération (cohorte 1) reste en vie au cours du cycle parasitaire, ce sont les rédies de deuxième génération, cohorte 1 qui sont les plus nombreuses (13,5 en moyenne au 63<sup>e</sup> jour) et qui forment 62 % des cercaires. La première génération, cohorte 1 ne comprend que 6 rédies en moyenne et forme seulement 28 % des cercaires. Les rédies des générations et cohortes ultérieures sont en nombre assez important (12,3/limnée) mais elles ne produisent que 9 % des cercaires au 63<sup>e</sup> jour.

Si la première rédie de première génération meurt (développement atypique), on constate des différences. La génération 1, cohorte 2 produit 69 % des cercaires alors qu'elle ne comprend que 6,2 rédies en moyenne. Les autres groupes sont forts de 18,5 rédies au total mais elles sont peu développées au 63<sup>e</sup> jour car 20 % des cercaires sont formées par la génération 2, cohorte 1 et les 10 % restantes par les groupes ultérieurs.

Du tableau V, il ressort que la production cercarienne est nettement plus importante si le développement rédien est typique.

## 3. Les caractéristiques des émissions.

Ces larves sortent du mollusque hôte par effraction au niveau de la région péri-anale du mollusque (KENDALL et McCULLOUGH, 1951).

Il existe deux rythmes d'émission cercarienne. Le premier est un rythme circadien : en effet, la plupart de ces larves sortent au cours de la nuit et les émissions sont maximales entre minuit et 1 heure du matin dans le couple *F. hepatica*-*L. truncatula* (AUDOUSSET *et al.*, 1989). Le deuxième est un rythme infradien : dans des conditions semi-naturelles, on observe des vagues d'émission cercarienne successives, séparées entre elles par des interruptions de 7 jours sans émission (AUDOUSSET *et al.*, 1989).

Les travaux de nombreux auteurs (KENDALL et McCULLOUGH, 1951 ; STY-CZYNSKA-JUREWICZ, 1965 ; BORAY, 1969 ; RONDELAUD, 1974, 1978 ; BARRET, 1996) ont permis de déterminer l'influence de facteurs sur les émissions cercariennes :

- La température ambiante : l'optimum est de 20 °C. Il n'y a plus d'émission cercarienne au-dessous de 10° C et au-dessus de 28° C.

- La luminosité : on observe des pics d'émission de périodicité nocturne.

- L'assèchement du milieu de vie des limnées (par exemple, lors de l'estivation) : le mollusque se rétracte dans sa coquille et entame une période de jeûne. Il n'y alors plus d'émission. Dès que le mollusque est immergé, les cercaires, qui s'étaient accumulées dans le corps de la limnée, sortent massivement.

L'alternance de périodes de diapause, liées à la sécheresse estivale et de fortes humidités semble donc favorable à la productivité cercarienne (revue d'EUZEBY, 1971).

Le pH de l'eau ou l'appauvrissement de celle-ci en oxygène ne semblent pas avoir d'effet apparent sur l'émergence des cercaires.

### III. - LES FACTEURS CAPABLES D'INFLUENCER LE DÉVELOPPEMENT DES GÉNÉRATIONS RÉDIENNES DE *Fasciola hepatica*.

#### A. LE VOLUME CORPOREL DU MOLLUSQUE HÔTE.

La croissance d'une limnée s'effectue à la vitesse de 1 mm par semaine pendant les sept premières semaines de vie (à 20° C). Au-delà, le développement de l'animal se ralentit de plus en plus pour arriver à un plateau à partir de la 12<sup>e</sup> semaine (MOREL-VAREILLE, 1973, par exemple).

Si l'on utilise des nouveau-nés ou des limnées préadultes (4 mm de hauteur) pour réaliser des infestations expérimentales avec *F. hepatica*, la croissance de la coquille ne sera pas la même car les limnées préadultes auront un développement corporel plus important que celui des juvéniles. C'est la raison pour laquelle nous rapportons les charges rédiennes et



cercarienne chez des limnées infestées à la hauteur de 4 mm (RONDELAUD et BARTHE, 1987) ou encore à la naissance (RONDELAUD et BARTHE, 1978).

Les données sont présentées respectivement sur le tableau VII (pour les limnées préadultes) et sur la figure 11 (pour les individus nouveau-nés). Elles portent sur la charge rédienne et le nombre de cercaires émises.

Dans la population des préadultes, le nombre total de rédies contenues dans un mollusque augmente avec sa taille. En effet, si l'on dénombre en moyenne 43 rédies par limnée de 7 à 7,5 mm de hauteur, ce chiffre passe à 62 pour des limnées de 10 à 10,5 mm de hauteur. De façon plus précise, le nombre de rédies de première génération est assez constant jusqu'à la hauteur de 10 mm et s'accroît légèrement au-delà de cette taille. La génération 2, première cohorte présente des chiffres voisins, quelle que soit la taille de la limnée. Ce sont les rédies des générations ultérieures (génération 2, cohorte 2 + génération 3) qui augmentent le plus en nombre, en passant de 13 à plus de 41 par mollusque lorsque la hauteur de la coquille s'accroît. Dans le cas des cercaires émises, il existe une relation linéaire entre leur nombre et la taille du mollusque.

Les mêmes tendances s'observent au sein de la population des juvéniles (Figure 11). Néanmoins, le nombre total de rédies indépendantes (Fig. 11a) par limnée reste très faible : de 2,7 à 15,2 en moyenne alors que la taille du mollusque s'accroît de 0,5 à 3 mm. Si l'on considère chaque génération rédienne de manière isolée, on constate que les rédies de la génération 1 et celle de la génération 2, cohorte 1 s'accroissent régulièrement en nombre avec la hauteur de la coquille. Par contre, les rédies des générations ultérieures sont absentes en-dessous de 2 mm de hauteur et sont en faible nombre chez des limnées de taille plus élevée. Sur la figure 11b, on note également un accroissement numérique des cercaires en fonction de la taille du mollusque malgré des chiffres très faibles.

Il ressort de l'analyse de ces résultats que la croissance du mollusque et, par suite, le volume corporel de ce dernier ont une influence positive sur l'importance de la charge parasitaire que ce dernier peut héberger. On constate, en plus, que la quantité de larves en différenciation est plus élevée chez les mollusques infestés au stade préadulte que chez les nouveau-nés.

## B. L'ORIGINE DE L'HÔTE DÉFINITIF.

La seule référence en notre possession est celle de RONDELAUD et DREYFUSS (1995) sur les résultats d'une infestation expérimentale chez *L. truncatula* lorsque l'origine des miracidiums de *F. hepatica* par rapport à l'hôte définitif (bovins, ovins ou lapins) n'est pas la même.

Le tableau ci-dessous résume les résultats de ces auteurs :

Paramètres	Nombre moyen de rédies indépendantes ou de cercaires émises par mollusque appartenant au :		
	groupe bovin	groupe ovin	groupe lapin
Nombre total de rédies.	43,7	38,4	21,3
Nombre de rédies indépendantes et en vie.	29,8	22,7	3,7
Nombre de rédies indépendantes et dégénérées.	9,9	8,6	12,7
Nombre de cercaires émises	216,4	157,8	54,5

Ce tableau démontre qu'il existe une variabilité dans les résultats que l'on peut imputer directement à la nature de l'hôte définitif d'où proviennent les oeufs du Digène. Si l'on considère les différents paramètres étudiés, il apparaît que les rédies indépendantes et en vie diminuent en nombre lorsque l'on passe des limnées infestées par des miracidiums issus d'oeufs prélevés chez des bovins à des mollusques parasités par des larves provenant de lapins. Le même fait s'observe pour le nombre de cercaires. Par contre, les rédies indépendantes et dégénérées présentent une augmentation numérique depuis le groupe bovin jusqu'au lot lapin.

Les résultats indiquent que le développement larvaire de *F. hepatica* est fortement influencé par l'hôte définitif d'où proviennent les oeufs de ce parasite et, par suite, les miracidiums. Il est logique de penser que tous les hôtes définitifs potentiels de *F. hepatica* ont le même type d'influence sur le développement des larves à l'intérieur de la limnée.

## C. FACTEURS MOINS CONNUS.

### 1. L'origine géographique des limnées et des miracidiums.

L'influence de ces deux facteurs est démontrée sur le tableau VII que nous avons construit à partir des indications fournies par BORAY (1969) pour *L. tomentosa*.

Ce tableau montre que les relations entre le parasite et la limnée sont normales lorsque les deux souches proviennent du sud de l'Australie. Par contre, si *L. tomentosa* est infestée par des miracidiums issus d'oeufs prélevés en Europe, on note une disparité dans les relations hôte-parasite. Ce résultat sous-entend l'existence d'une adaptation entre les deux partenaires pour que le développement larvaire du parasite soit "normal".

Cette interprétation est confirmée par RONDELAUD (1993) dans l'étude que cet auteur a faite sur la sensibilité de 17 populations de *L. truncatula* vis-à-vis des miracidiums locaux issus d'oeufs prélevés chez des bovins. D'après cet auteur, plus le mollusque rencontre le parasite dans le milieu naturel, plus la sensibilité de la limnée est élevée.

En réalité, le processus est beaucoup plus complexe que le laissent supposer les interprétations de BORAY (1969) et de RONDELAUD (1993). Différents possibilités existent dans le contact entre les deux partenaires. D'après BORAY (1969), la mortalité des mollusques exposés aux miracidiums est élevée dans certaines colonies et les quelques mollusques parasités montrent un développement larvaire irrégulier. Pour d'autres populations, l'évolution des larves est assez lente, avec la différenciation de quelques rédies et de quelques cercaires. GOUMGHAR *et al.* (2000) trouvent que des miracidiums marocains induisent la différenciation de rédies filles assez nombreuses dans les rédies de la première génération alors que ce n'est pas le cas avec des miracidiums d'origine française.

### 2. Autres éléments.

Les travaux sont encore fragmentaires. Si l'on ne considère que les références concernant *F. hepatica*, on sait maintenant qu'un stress du mollusque juste avant l'exposition aux miracidiums se traduit par un accroissement significatif de la prévalence de l'infestation (ABROUS *et al.*, 2000). Mais ce facteur n'est probablement pas le seul en cause.

De cet exposé, il ressort que la liste des facteurs capables d'influencer le développement larvaire de *F. hepatica* chez le mollusque hôte est loin d'être connue. Si l'action des facteurs principaux est maintenant bien établie, il reste à expliciter les conséquences d'une infestation et à préciser les mécanismes lorsque les deux partenaires (mollusque-parasite) diffèrent par l'origine géographique des souches.

#### IV. - COMMENTAIRES.

Les connaissances présentées au titre des rappels dans les paragraphes précédents peuvent se résumer de la manière suivante :

- *F. hepatica* est un Digène à cycle évolutif hétéroxène. L'accomplissement de ce dernier nécessite l'intervention de deux hôtes successifs. Le premier, ou hôte définitif, est un Mammifère dans la quasi-totalité des cas. Le second, ou hôte intermédiaire, est un mollusque d'eau douce de la famille des Lymnaeidae.

- Cette limnée assure la multiplication et la différenciation des stades larvaires du parasite depuis le sporocyste, provenant de la transformation du miracidium, à la cercaire qui n'a plus qu'à s'enkyster pour être infestante.

- Les facteurs capables d'influencer le développement des générations rédiennes de *F. hepatica* et, par suite, la productivité cercarienne sont nombreux et complexes. On sait notamment que le nombre de rédies contenues dans une limnée évolue de façon similaire à sa croissance. Il en va de même pour le nombre de cercaires émises. On dénombre plus de rédies et de cercaires lorsque les mollusques sont parasités au stade préadulte. Enfin, on note une nette influence de l'origine de l'hôte définitif sur le développement rédien.

Ce dernier point apporte un éclairage très novateur sur la connaissance du développement larvaire de *F. hepatica*. A l'heure actuelle, la littérature scientifique sur le sujet se résume aux travaux de RONDELAUD et DREYFUSS (1995). Les résultats préliminaires de ces auteurs permettent de formuler de nombreuses interrogations quant à la nature exacte des interactions hôte définitif-parasite qui peuvent influencer sur le développement rédien de *F.*

*hepatica*. La porte est ainsi ouverte à des recherches fondamentales qui pourront s'attacher à :

- 1) étudier un plus large panel d'hôtes définitifs. En effet, on ne dispose aujourd'hui que de données relatives à trois groupes de Mammifères différents : les bovins, les ovins et les lapins. Ces recherches permettraient de savoir si tous les hôtes définitifs potentiels sont capables d'induire des modifications dans le développement rédien à l'image de ce qui a été observé chez les groupes cités précédemment.

- 2) analyser l'influence de la population à laquelle appartient un même hôte définitif. En effet, les études antérieures de RONDELAUD et DREYFUSS (1995) ont été menées sur une seule population pour chacun des trois groupes de Mammifères. Il nous semble donc utile de suivre le développement des rédies chez des mollusques infestés par des miracidiums issus d'oeufs récoltés chez des hôtes définitifs de provenance variée.

- 3) faire varier la souche de *L. truncatula* utilisée pour les infestations expérimentales. En effet, l'expérience de RONDELAUD et DREYFUSS (1995) n'a été réalisée qu'avec une seule colonie de mollusques et on peut se demander si leurs résultats se retrouvent lorsque l'on emploie une autre population. Cette expérimentation permettrait de s'affranchir d'un éventuel effet d'une population de *L. truncatula* sur le développement rédien.

Pour répondre en partie à ces questions, nous avons développé une expérience en soumettant deux souches de *L. truncatula* à des miracidiums issus d'oeufs provenant de quatre hôtes définitifs différents.

Les résultats correspondant à ces recherches sont présentés respectivement dans les chapitres troisième, quatrième et cinquième de ce mémoire.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons regroupé dans ce chapitre les informations générales à l'origine de notre expérience. Celles-ci portent sur l'origine du matériel biologique utilisé, le protocole de l'étude, la méthodologie et les paramètres dont nous nous sommes servi.

Le plan tient compte de cette présentation et présente les dites données respectivement dans quatre paragraphes.

Le principe de notre expérience dérive de celui que RONDELAUD et DREYFUSS (1995) ont utilisé dans une expérience préliminaire en infestant une population de *L. truncatula* par des miracidiums provenant de trois isolats différents (bovins, ovins, lapins). C'est la raison pour laquelle notre présentation du protocole, des techniques employées et des paramètres étudiés s'inspire fortement de plusieurs thèses soutenues dans le laboratoire d'accueil depuis 1996 (SZMIDT-ADJIDÉ, 1996 ; AUGOT, 1998 ; ABROUS, 1999).

### I. - MATÉRIEL BIOLOGIQUE.

#### A. LES MOLLUSQUES.

Deux populations de *L. truncatula* différant par leur origine ont été utilisées dans le cadre de ce travail. Le tableau VIII (page suivante) indique leurs coordonnées géographiques.

Le choix de ces deux colonies nous a été dicté par les deux raisons suivantes :

- Les deux populations de limnées proviennent de terrains de nature différente. La première vit sur terrains calcaires si bien que la hauteur de coquille à l'état adulte atteint 12 mm. Par contre, l'habitat de la seconde est sur sol acide (granite) et l'animal adulte ne dépasse pas 8 mm de hauteur.

- Ces deux populations sont déjà connues pour la prévalence élevée de l'infestation fasciolienne lorsqu'on soumet les mollusques aux miracidiums dans les conditions du laboratoire. Les pourcentages sont respectivement de 64-72 % et de 44-56 % pour chacune des colonies précitées.

Des mollusques hauts de 4 mm ont été récoltés dans chaque population en novembre-décembre 1999. Ils ont été transportés au laboratoire dans des conditions isothermes et soumis à une période d'acclimatation de 48 heures au moins à la température de 20° C avant d'être exposés aux miracidiums.

#### B. LES OEUFES DE *Fasciola hepatica*.

Le tableau IX indique la nature de l'hôte définitif chez lequel les oeufs de *F. hepatica* ont été récoltés. Il précise aussi la localisation géographique de la ferme (ou du secteur) où vivent ces Mammifères.

Quatre isolats de miracidiums ont été utilisés dans le cadre de ce travail :

- Deux d'entre eux proviennent de bovins ou d'ovins. Ils sont issus du département de la Haute-Vienne.

- L'origine des oeufs récoltés chez les lapins est identique à celle utilisée par RONDELAUD et DREYFUSS (1995) dans leur travail.

- Enfin, les oeufs prélevés chez des ragondins nous ont été fournis par le Dr. MÉNARD, du Laboratoire de Parasitologie, École Nationale Vétérinaire de Nantes. Ces oeufs ont été récoltés dans la vésicule biliaire d'animaux naturellement parasités dans un marais côtier de Loire-Atlantique.

Isolat de miracidiums ( <i>Fasciola hepatica</i> )	Nombre de limnées soumises aux miracidiums de <i>Fasciola hepatica</i>	
	Population de Berneuil (87)	Population de Migné (36)
Bovins, Pierre-Buffière.	100	100
Lapins de garenne, Nieul	100	100
Ovins, Nexon.	100	100
Ragondins, Loire-Atlantique	100	100

Tableau X.  
Les différentes séries expérimentales réalisées  
avec *Fasciola hepatica* et *Lymnaea truncatula* pour  
étudier la morphométrie et la productivité des rédies.



## II. - PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL.

Le tableau X indique le nombre et la constitution des huit séries expérimentales que nous avons réalisées avec les deux populations de limnées et les isolats de miracidiums. La figure 12 présente les étapes du protocole.

Les 100 mollusques de chaque série sont exposés individuellement à deux miracidiums de *F. hepatica* pendant 4 heures. Le choix de deux larves par mollusque (au lieu d'une seule) a été dicté par les résultats de PRÉVERAUD-SINDOU et RONDELAUD (1995) : d'après ces auteurs, le taux d'infestation du mollusque est plus élevé dans le cas de deux miracidiums (60 à 80 %) et dans 85 % des cas, une seule larve se développe en sporocyste.

Les mollusques sont ensuite élevés dans des bacs d'élevage standard (aquaterrariums) dans une salle soumise à des conditions constantes (20° C, éclairage de 12 heures diurnes). Le nombre de mollusques par bac est de 50. L'élevage se poursuit jusqu'au 49<sup>e</sup> jour post-exposition.

Des sacrifices réguliers de 10 limnées par série (ou moins) ont lieu pour chacune des dates suivantes : 21<sup>e</sup>, 28<sup>e</sup>, 35<sup>e</sup>, 42<sup>e</sup>, 49<sup>e</sup>, 56<sup>e</sup> et 63<sup>e</sup> jours d'expérience. Ces dates ont été retenues pour les deux raisons suivantes :

- 1) Avant le 21<sup>e</sup> jour post-exposition, le nombre de rédies par mollusque et par génération est encore trop faible, ce qui nécessite de sacrifier un nombre plus important de limnées pour avoir un nombre suffisant de mesures pour la morphométrie (au moins 30 par génération et par cohorte).

- 2) Le second fait provient des études d'AUGOT (1998). A partir du 49<sup>e</sup> jour post-exposition, on note une certaine constance dans le nombre total des rédies indépendantes que la limnée héberge si bien que notre étude a été arrêtée au 63<sup>e</sup> jour.

Les limnées de chaque échantillon sont disséquées sous le stéréomicroscope pour isoler les rédies de *F. hepatica* et reconnaître leur génération et leur cohorte. Ces dernières sont examinées à l'aide d'un système d'analyse d'image pour mesurer leurs dimensions. Le nombre de masses germinatives intra-rédiennes est ensuite décompté pour chaque type (morulas, embryons procercariens, procercaires, cercaires).

### III. - MÉTHODOLOGIE.

#### A. LA PRÉPARATION DES OEUFS DE *Fasciola hepatica*.

Leur origine diffère en fonction de l'hôte définitif. Dans le cas des bovins, des lapins et des ragondins, les oeufs ont été prélevés dans la vésicule biliaire d'animaux fortement parasités. Dans le cas des ovins, nous avons récupéré des douves adultes dans les canaux biliaires à l'abattoir de Limoges. Les vers adultes recueillis sont alors placés dans une solution physiologique (chlorure de sodium, 0,9 % ; glucose, 0,45 %) à l'étuve (40° C) pendant trois heures. Dans de telles conditions, les douves pondent et leurs oeufs se déposent sur le fond du récipient.

Quel que soit le mode de prélèvement, la bile ou le liquide physiologique sont filtrés afin d'éliminer les parasites adultes. Une série de dix dilutions au demi à l'eau du robinet est alors effectuée de façon à purifier le sédiment contenant les oeufs. Ces derniers sont ensuite placés, à raison de 100 à 150 par récipient de 8 cm de hauteur, sous 1 cm d'eau (Fig. 13).

Les oeufs sont incubés à l'obscurité totale pendant 20 jours à 20° C selon un protocole mis au point par OLLERENSHAW (1971) pour *F. hepatica*.

A l'issue de ce délai, une exposition d'une heure au soleil ou à une lumière électrique suffit à provoquer l'éclosion massive des miracidiums.

#### B. L'EXPOSITION DE LA LIMNÉE AUX MIRACIDIUMS.

Chaque limnée des 11 séries expérimentales est placée dans un tube à hémolyse, rempli aux trois-quarts d'eau de source. Deux miracidiums venant d'éclore sont prélevés sous une loupe binoculaire à l'aide d'une pipette Pasteur effilée. Cette dernière est introduite dans le tube à hémolyse afin d'expulser par pression les deux larves qui sont ainsi placées au contact du mollusque.

La durée de contact entre les deux partenaires est de 4 heures. Cette phase nécessite une surveillance pour veiller à ce que les mollusques ne se soustraient pas à l'infestation en sortant de l'eau. Au terme de ce délai, les limnées sont replacées dans leurs récipients pour y rester pendant 30 jours.

### *C. L'ÉLEVAGE DES LIMNÉES.*

Le dispositif d'élevage est constitué par une série d'aquaterrariums dont le schéma est présenté sur la figure 14.

Une motte de marne est disposée sur le fond de chaque bac à l'une des extrémités. Elle permettra le développement de callitriches (plante aquatique) qui servent de nourriture et de refuge aux limnées. Des feuilles de salade sont également introduites. Le bac est rempli de deux ou de trois litres d'eau pour obtenir une couche de 1 cm d'épaisseur. Il est à noter que l'eau comme le sédiment proviennent du site dans lequel les mollusques ont été prélevés.

Une poignée de graminées en décomposition est enfin introduite pour éviter l'émersion des mollusques car ces derniers sont amphibiens et toute sortie de l'eau leur serait fatale. Le milieu est oxygéné en permanence par un aérateur et éclairé 12 heures par jour à l'aide d'une rampe de lumière artificielle. Un tel dispositif permet l'élevage d'une cinquantaine de limnées par bac.

### *D. LA DISSECTION DES LIMNÉES.*

Le mollusque est placé sous une loupe binoculaire, dans une boîte de Pétri contenant de l'eau du robinet.

On procède à un simple écrasement de la coquille en appuyant, avec le mors des deux pinces, sur la face supérieure du dernier tour de spire. L'animal est ensuite extrait des débris de la coquille mais, comme l'un des muscles de la limnée adhère à la columelle (axe central de la coquille), la paroi interne du corps se déchire si bien que les rédies sortent et se voient facilement lorsqu'il y en a.

Une dissection fine de l'hépatopancréas du mollusque est réalisée afin de mettre en évidence les quelques rédies qui se trouvent entre les tubules de cette glande.

Les larves sont transférées à l'aide d'une pipette Pasteur sur une lame histologique creuse avec un peu d'eau du robinet. Elles sont enfin examinées à l'aide d'un système d'analyse d'images afin de déterminer la valeur de deux paramètres : la longueur du corps et la largeur de la lumière pharyngienne.

#### IV. - PARAMÈTRES ÉTUDIÉS.

##### A. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES EXPÉRIENCES.

Le taux de survie au 49<sup>e</sup> jour post-exposition se calcule à l'aide du rapport suivant :  
(nombre de survivants) / (effectif des limnées lors de l'exposition aux miracidiums).

La prévalence de l'infestation fasciolienne intéresse tous les mollusques contenant des rédies de *F. hepatica*. On détermine ce pourcentage en rapportant le nombre de mollusques contenant des formes larvaires de ce Digène à l'effectif des survivants au 49<sup>e</sup> jour post-exposition.

La croissance du mollusque est la troisième variable étudiée. Elle correspond à la différence qui existe entre la hauteur de la coquille à la mort du mollusque et celle qu'il présentait lors de l'exposition aux miracidiums (soit 4 mm).

##### B. PARAMÈTRES LIÉS AUX RÉDIÉS.

Les deux premiers sont l'effectif total des rédies indépendantes et en vie contenues dans chaque mollusque et leur nombre pour chaque groupe (R1a, R1b, R2a ou R2b/R3a).

Deux variables intéressent la croissance de ces rédies. Il s'agit de la longueur du corps (mesurée depuis la bouche jusqu'à l'extrémité postérieure du corps) et de la largeur de la lumière pharyngienne (mesurée dans le secteur le plus large de cette dernière).

##### C. PARAMÈTRES INTÉRESSANT LE CONTENU RÉDIEN.

Ils sont au nombre de cinq.

Le tableau de la page 57 indique la nature de quatre d'entre eux. Ces paramètres ont été calculés en tenant compte de la nature de ces masses (morulas, rédies filles, embryons procercariens, procercaires, cercaires). Les résultats sur le nombre de masses germinatives en fonction de la longueur des rédies ont été présentés en cumulant les valeurs obtenues au 49<sup>e</sup> jour d'expérience dans les séries bovins. Un procédé identique a été utilisé pour les chiffres fournis par les autres groupes pour la même date de sacrifice.

Paramètre	Autres facteurs pris en compte
Nombre total de masses germinatives dans un mollusque.	Nature de la masse germinative et date de sacrifice
Nombre de masses germinatives par groupe rédien.	Groupe rédien, nature de la masse germinative et date de sacrifice
Nombre de rédies dans chaque série par rapport à leur masse germinative la plus différenciée.	Mode de développement, groupe rédien et date de sacrifice
Nombre de masses germinatives dans chaque rédie en fonction de sa longueur (exprimée sous forme de classes de 200 $\mu\text{m}$ chacune).	Mode de développement, groupe rédien et nature de la masse germinative.

La dernière variable est la productivité cercarienne. C'est la différence entre deux chiffres. Le premier est le nombre moyen de morulas dans les rédies de chaque groupe lorsqu'elles sont longues de 0,3-0,5 mm. Le second regroupe a) les morulas restant dans les rédies parentales les plus longues au 49<sup>e</sup> jour et b) les rédies filles. La présentation des données tient compte du mode de développement et du groupe rédien.

## V. - TESTS STATISTIQUES.

Des moyennes, accompagnées de leurs écarts types, ont été calculées pour chaque paramètre, chaque groupe rédien et chaque date de sacrifice.

Les pourcentages ont été comparés entre eux par le test de comparaison des fréquences expérimentales ou le test  $\text{Chi}^2$ .

Les moyennes ont été confrontées entre elles à l'aide d'un logiciel de statistiques. Les tests utilisés sont l'analyse de variance (ANOVA) à trois ou quatre facteurs et le test de Scheffé (l'un des tests ANOVA *a posteriori*). Enfin, le calcul des coefficients de corrélation de Pearson a été réalisé dans les deux séries bovins.

## LES CARACTÉRISTIQUES DE L'INFESTATION FASCIOLIENNE CHEZ *Lymnaea truncatula*

Ce chapitre présente les valeurs que nous avons obtenues pour différents paramètres dans les huit séries expérimentales de *L. truncatula*. Ces derniers se rapportent à la survie des mollusques, à la prévalence de l'infestation, à la croissance des limnées au cours de l'expérience et à la charge rédienne de *F. hepatica*.

Les différents résultats sont exposés selon l'ordre indiqué ci-dessus.

### I. - LA SURVIE DE *Lymnaea truncatula* AU COURS DE L'EXPÉRIENCE.

Ce paramètre n'a été établi qu'au 49<sup>e</sup> jour : les survivants ont été comptés avant de faire le prélèvement des limnées destinées au sacrifice.

Le tableau XI (page suivante) présente les résultats dans les huit séries. La lecture de ce dernier montre que la survie au 49<sup>e</sup> jour est assez faible car les pourcentages ne dépassent pas 40 %. Les valeurs les plus basses sont celles des séries lapins (19 et 24 %). Dans les autres groupes, les séries sont légèrement plus élevés et se distribuent de 22 à 36 %.

La confrontation de ces taux par le test de comparaison des fréquences expérimentales fournit des résultats qui sont consignés sur le tableau de la page 60.

Population	Séries concernées	Signification
<b>Berneuil</b>	Bovins/lapins	NS
	Bovins/ovins	NS
	Bovins/ragondins	NS
	Lapins/ovins	$P < 5 \%$
	Lapins/ragondins	NS
	Ovins/ragondins	NS
<b>Migné</b>	Bovins/lapins	NS
	Bovins/ovins	NS
	Bovins/ragondins	NS
	Lapins/ovins	NS
	Lapins/ragondins	NS
	Ovins/ragondins	NS
Entre <b>Berneuil</b> et <b>Migné</b>	Séries bovins	NS
	Séries lapins	NS
	Séries ovins	NS
	Séries ragondins	$P < 5 \%$

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

Pour chaque population de limnées considérée isolément, la plupart des différences entre les séries ne sont pas significatives. La même remarque peut être formulée lorsque l'on compare les taux entre les deux colonies, à l'exception des groupes ragondins pour lesquels la survie est plus élevée dans la population de Migné que dans celle de Berneuil.

## II. - LA PRÉVALENCE DE L'INFESTATION FASCIOLIENNE.

Elle a été établie a) en considérant le nombre de limnées contenant des formes larvaires de *F. hepatica* lors de leur dissection et b) en rapportant la valeur obtenue au nombre de mollusques survivant au 49<sup>e</sup> jour d'expérience.

L'examen du tableau XI montre que les prévalences les plus faibles sont celles des groupes lapins (37 % pour Migné et 47 % pour Berneuil). Les autres pourcentages sont plus élevés et se situent au-dessus de 60 %, à l'exception de la série ragondins de Migné pour laquelle la prévalence n'est que de 52 %.

Ces pourcentages ont été comparés par voie statistique. Nous avons regroupé les résultats dans le tableau ci-après :

Population	Séries concernées	Signification
<b>Berneuil</b>	Bovins/lapins	NS
	Bovins/ovins	NS
	Bovins/ragondins	NS
	Lapins/ovins	NS
	Lapins/ragondins	$P < 5 \%$
	Ovins/ragondins	NS
<b>Migné</b>	Bovins/lapins	$P < 5 \%$
	Bovins/ovins	NS
	Bovins/ragondins	$P < 5 \%$
	Lapins/ovins	$P < 5 \%$
	Lapins/ragondins	NS
	Ovins/ragondins	NS
Entre <b>Berneuil</b> et <b>Migné</b>	Séries bovins	NS
	Séries lapins	NS
	Séries ovins	NS
	Séries ragondins	$P < 5 \%$

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

Dans la population de Berneuil, la seule différence significative relevée est celle qui existe entre les prévalences des séries lapins et ragondins. Dans la colonie de Migné, les différences nettes sont plus nombreuses, avec des pourcentages significativement plus faibles dans les groupes lapins et ragondins que dans les deux autres séries. Enfin, si l'on compare les résultats entre les deux populations, la seule différence est celle qui existe entre les deux séries ragondins.

### III. - LA CROISSANCE DES LIMNÉES PARASITÉES AU COURS DE L'EXPÉRIENCE.

Ce paramètre correspond à la différence qui existe entre la hauteur de la coquille à la mort du mollusque et celle qu'il présentait lors de l'exposition aux miracidiums (4 mm).

#### A. DANS LES SÉRIES BOVINS.

La figure 15 (page suivante) montre l'évolution de ce paramètre tout au long des 63 jours pour chaque population de limnées. On constate que la taille s'accroît de manière corrélative avec la durée de l'expérience comme le montre le tableau de la page 64 :



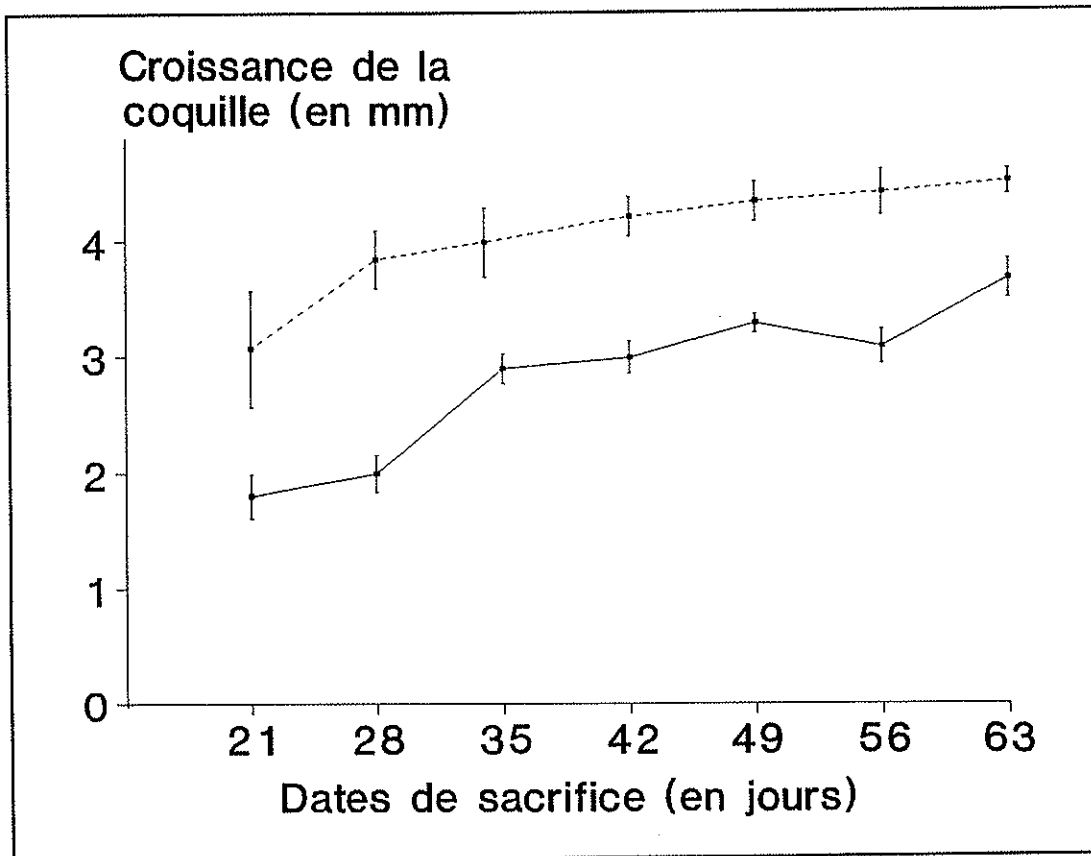


Figure 15.  
La croissance des limnées infestées par *Fasciola hepatica*  
(origine : bovins) jusqu'au 63<sup>e</sup> jour post-exposition :  
colonies de **Berneuil** (trait continu) et de **Migné** (tirets).

Population	Valeur de $r$	Signification
Berneuil	$r = 0,87$	$P < 0,1 \%$
Migné	$r = 0,56$	$P < 0,1 \%$

Abréviation :  $P$  (probabilité au seuil de).

### B. DANS LES AUTRES SÉRIES.

Les valeurs moyennes et les écarts types sont consignés sur le tableau XII pour le 28<sup>e</sup> et le 49<sup>e</sup> jour d'expérience. A titre de comparaison, nous y avons également indiqué les chiffres correspondants que nous avons recueillis pour les deux séries bovins.

La lecture de ce tableau démontre que la croissance des limnées est plus faible pour Berneuil que pour Migné. Dans chaque population considérée isolément, elle est légèrement plus faible au 28<sup>e</sup> jour qu'au 49<sup>e</sup>.

### C. INTERPRÉTATION STATISTIQUE.

Les moyennes obtenues ont été confrontées entre elles par l'analyse de variance à trois facteurs. Les résultats sont fournis sur les deux tableaux suivants :

Facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport $F$	Signification
Population	1/223	88,50	$P < 0,1 \%$
Origine du parasite	3/223	0,31	NS
Durée d'infestation	1/223	81,59	$P < 0,1 \%$

Interactions des facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport $F$	Signification
Population $\times$ Origine du parasite	3/223	1,86	NS
Population $\times$ Durée d'infestation	1/223	15,09	$P < 0,1 \%$
Origine du parasite $\times$ Durée d'infestation	3/223	3,01	$P < 5 \%$
Population $\times$ Origine du parasite $\times$ Durée d'infestation	3/223	1,09	NS

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

La lecture de ces données montre que la croissance des mollusques parasités dépend de l'origine de leur population (Migné > Berneuil) et de la durée d'infestation (la taille augmente en fonction du temps). De plus, on constate qu'il existe une synergie d'effet entre le facteur durée d'infestation et l'un des deux autres paramètres suivants, à savoir la population du mollusque ou l'origine du parasite.

#### IV. - LIMNÉES PARASITÉES ET MODE DE DÉVELOPPEMENT RÉDIEN.

Les résultats sont présentés sur le tableau XIII pour les deux séries bovins et sur le tableau XIV pour les six autres groupes.

Dans la plupart des cas, un seul miracidium évolue mais l'évolution des formes larvaires peut être typique ou atypique selon le comportement de la première rédie de première génération (groupe R1a). Si l'on examine les deux tableaux, on constate que la voie typique domine largement dans les huit séries.

Les deux miracidiums peuvent évoluer en même temps et ce mode particulier se reconnaît facilement au nombre plus élevé de rédies. Les limnées concernées sont peu nombreuses dans les huit séries. Elles n'ont pas été étudiées dans la suite de ce mémoire.

#### V. - LA CHARGE RÉDIENNE GLOBALE DE *Fasciola hepatica*.

Il s'agit des rédies indépendantes et en vie que la limnée peut contenir.

##### A. DANS LES SÉRIES BOVINS.

La lecture de la figure 16 (page suivante) montre que dans les deux populations de mollusques, la charge rédienne globale s'accroît de manière corrélative avec la durée de l'expérience comme le montre le tableau suivant :

Population	Valeur de $r$	Signification
Berneuil	$r = 0,81$	$P < 0,1 \%$
Migné	$r = 0,70$	$P < 0,1 \%$

Abréviation :  $P$  (probabilité au seuil de).

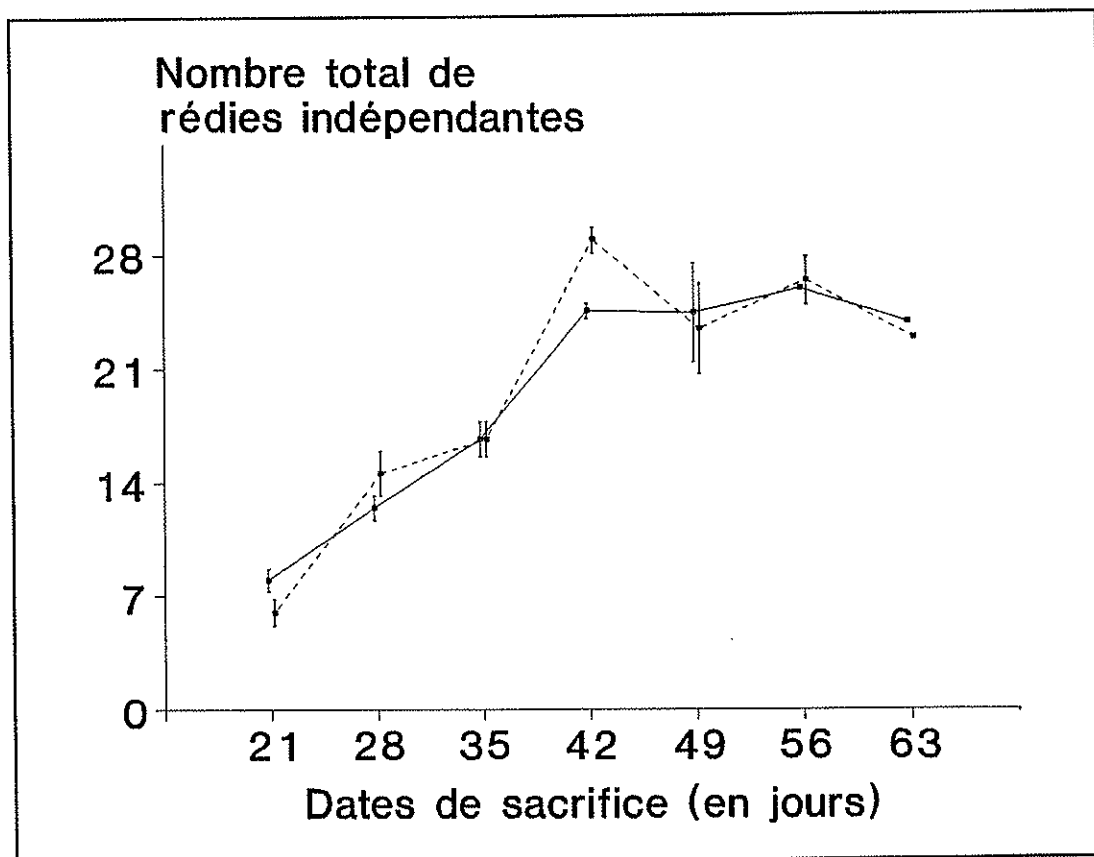


Figure 16.  
 La charge rédienne globale de *Fasciola hepatica* dans  
 les séries bovins jusqu'au 63<sup>e</sup> jour post-exposition :  
 colonies de **Berneuil** (trait continu) et de **Migné** (tirets).

## B. DANS LES AUTRES SÉRIES.

Les résultats sont fournis sur le tableau XV. A titre de comparaison, nous y avons également indiqué les résultats des deux séries bovins.

Les moyennes sont nettement plus élevées dans les deux séries bovins que dans les autres groupes, que ce soit au 28<sup>e</sup> jour ou au 49<sup>e</sup>. Dans les séries lapins, ovins et ragondins, les chiffres oscillent entre 5,5 et 10,6 rédies par limnée au 28<sup>e</sup> jour, et entre 10,5 et 17,9 rédies au 49<sup>e</sup> jour.

## C. INTERPRÉTATION STATISTIQUE.

Les moyennes obtenues pour la croissance des deux populations ont été confrontées entre elles par l'analyse de variance à trois facteurs. Les résultats sont fournis sur les deux tableaux suivants :

Facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Population	1/223	3,39	NS
Origine du parasite	3/223	0,91	NS
Durée d'infestation	1/223	102,31	$P < 0,1 \%$

Interactions des facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Population × Origine du parasite.	3/223	0,98	NS
Population × Durée d'infestation.	1/223	2,01	NS
Origine du parasite × Durée d'infestation.	3/223	3,60	$P < 5 \%$
Population × Origine du parasite × Durée d'infestation.	3/223	1,60	NS

Abréviations : NS (non significatif). *P* (probabilité au seuil de).

La lecture de ce tableau montre que le nombre total des rédies indépendantes s'accroît significativement avec la durée d'infestation. Les deux autres facteurs étudiés : population de la limnée et origine du parasite, n'ont pas d'influence sur ce paramètre.

De plus, on note une interaction nette entre l'origine du parasite et la durée d'infestation. Les autres interactions ne sont pas significatives.

**LA CROISSANCE DES RÉDIES CHEZ  
LES LIMNÉES PARASITÉES PAR  
*Fasciola hepatica***

Le présent chapitre regroupe les résultats que nous avons notés en mesurant la longueur du corps rédien et la largeur de la lumière pharyngienne sur des rédies indépendantes et en vie (appartenant à quatre groupes) dans les huit séries expérimentales.

Le premier paragraphe est consacré à la distribution numérique des rédies par rapport à leur groupe d'appartenance dans les séries. La deuxième subdivision traite de la longueur du corps rédien tandis que la troisième porte sur la largeur de la lumière pharyngienne.

**I. - LES RÉDIES ÉTUDIÉES.**

Les tableaux XVI, XVII et XVIII (pages suivantes) indiquent la distribution numérique des rédies dans les dix séries par rapport aux dates de sacrifice des mollusques, au mode de développement rédien (typique ou atypique) et à leur groupe (R1a, R1b, R2a, ou R2b/R3a). L'étude de ces tableaux permet les commentaires suivants :

- Le nombre total de rédies est plus élevé chez les mollusques de Migné que chez ceux de Berneuil : 740 au lieu de 647 larves, par exemple, dans les séries bovins.

Dates de sacrifice	Développement rédien	Nombre total de rédies indépendantes et en vie, mesurées							
		Chez les limnées de Berneuil				Chez les mollusques de Migné			
		R1a	R1b	R2a	R2b/R3a	R1a	R1b	R2a	R2b/R3a
21 <sup>e</sup> jour	typique	4	10	18	0	3	9	6	0
	atypique	0	5	4	0	0	4	1	0
28 <sup>e</sup> jour	typique	6	28	40	1	5	29	39	0
	atypique	0	6	3	1	0	13	3	0
35 <sup>e</sup> jour	typique	4	26	36	1	4	27	34	2
	atypique	0	7	2	1	0	7	3	1
42 <sup>e</sup> jour	typique	3	23	36	12	3	22	43	19
	atypique	0	7	5	2	0	0	0	0
49 <sup>e</sup> jour	typique	8	51	98	39	13	78	149	60
	atypique	0	26	19	15	0	32	20	12
56 <sup>e</sup> jour	typique	2	11	26	13	2	12	27	12
	atypique	0	0	0	0	0	0	0	0
63 <sup>e</sup> jour	typique	2	11	21	14	2	11	21	12
	atypique	0	0	0	0	0	0	0	0
Au total	typique	29	160	275	80	32	188	319	105
	atypique	0	51	33	19	0	56	27	13

Tableau XVI.

La distribution numérique des rédies indépendantes et en vie de *Fasciola hepatica* dans les séries bovins par rapport à la date de sacrifice, au mode de développement et au groupe rédien.



- Dans les deux populations, ce sont les rédies issues d'un développement typique qui prédominent.

- Le groupe R2a domine largement sur le groupe R1b dans les deux séries si le mode est typique. Par contre, chez les limnées avec un développement rédien atypique, la dominance appartient au groupe R1b.

L'étude statistique n'a été réalisée qu'avec les résultats obtenus au 49<sup>e</sup> jour car les effectifs sont les plus nombreux. Si l'on exprime les chiffres des tableaux XVI, XVII et XVIII sous forme de pourcentages par rapport à l'ensemble des rédies décomptées dans chaque série, on obtient les valeurs suivantes :

Développement rédien	Séries	Pourcentage de chaque groupe rédien chez les mollusques							
		de Berneuil				de Migné			
		R1a	R1b	R2a	R2b/R3a	R1a	R1b	R2a	R2b/R3a
typique	bovins	4,0	26,0	50,0	19,8	4,3	26,9	49,6	20,0
	lapins	9,5	34,9	42,8	12,7	7,0	30,0	43,0	20,0
	ovins	6,1	21,2	47,5	25,1	8,3	20,3	46,6	24,8
	ragondins	6,4	21,7	53,2	18,7	5,9	25,7	48,7	19,8
atypique	bovins	0	43,3	21,6	25,0	0	50,0	31,2	18,7
	lapins	0	75,0*	25,0*	0	0	52,0	24,0	24,0
	ovins	0	58,8	14,7	26,5	0	66,7	29,6	3,7
	ragondins	0	34,2	28,9	36,8	0	66,7	25,0	8,3

\* Un seul individu parasité dans ce groupe.

L'analyse de ces valeurs par le test Chi<sup>2</sup> montre l'absence de différence significative entre les pourcentages relevés dans les quatre séries de Berneuil, quels que soient le mode de développement et le groupe rédien considéré. La même remarque peut être formulée pour les quatre séries de Migné, à l'exception des rédies R1a chez lesquelles on note une différence significative entre les pourcentages (Chi<sup>2</sup> = 10,49, P < 1 %).

## II. - LA LONGUEUR DU CORPS RÉDIEN.

Ce paramètre n'a été mesuré que pour les rédies indépendantes et en vie.

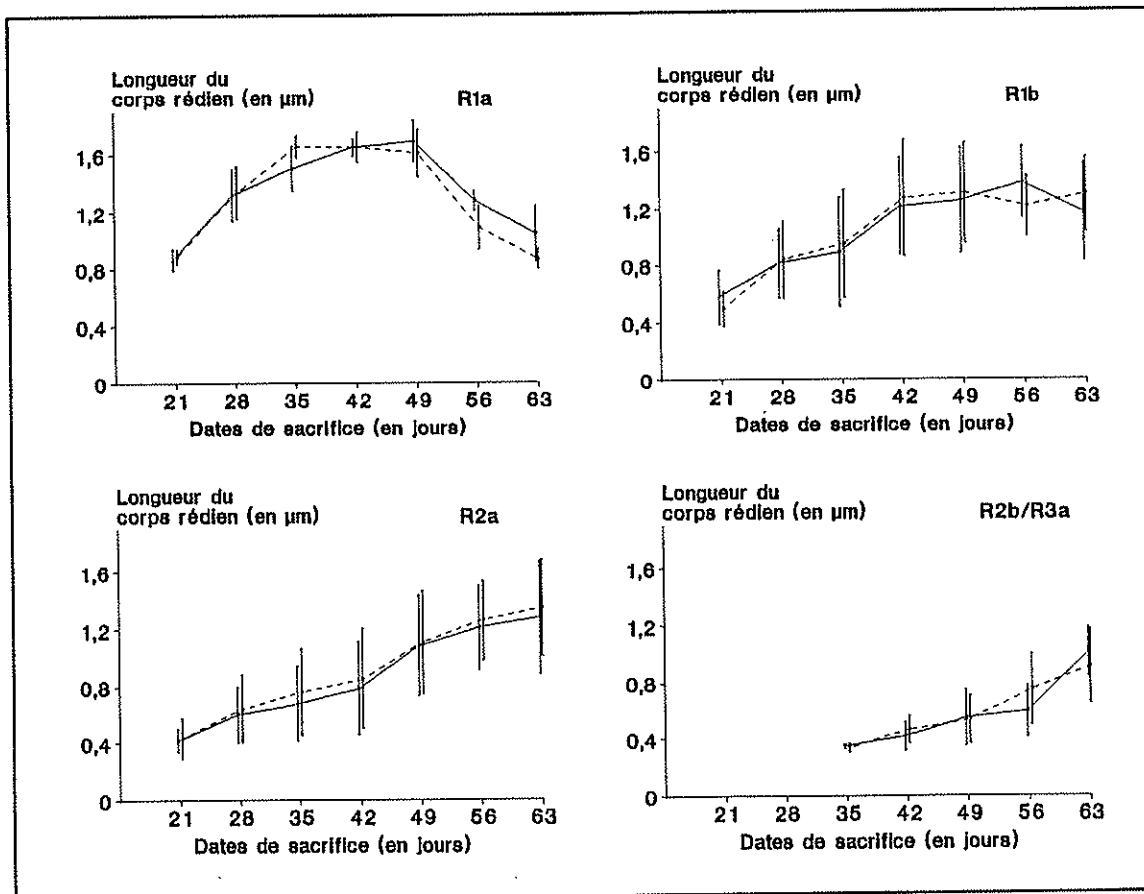


Figure 17.  
 La longueur des rédies indépendantes de *Fasciola hepatica*  
 dans les séries bovins avec un développement typique par  
 rapport à leur groupe d'appartenance :  
 limnées de Berneuil (trait continu) et de Migné (tirets).

## A. CHEZ LES LIMNÉES AVEC UN DÉVELOPPEMENT RÉDIEN TYPIQUE.

### 1. Cas des séries bovins.

Sur la figure 17, on constate que la longueur des rédies s'accroît de manière corrélative avec la durée de l'expérience comme le montrent les coefficients de corrélations suivants :

Groupe rédien	Population	Coefficient de corrélation $r$	Signification
R1a	Berneuil	0,84	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,69	$P < 0,1 \%$
R1b	Berneuil	0,95	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,94	$P < 0,1 \%$
R2a	Berneuil	0,96	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,94	$P < 0,1 \%$
R2b/R3a	Berneuil	0,92	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,77	$P < 0,1 \%$

Abréviation :  $P$  (probabilité au seuil de).

Il existe cependant une variabilité selon les rédies. Si l'on considère les rédies R1a, la longueur de leur corps s'accroît jusqu'au 35<sup>e</sup> jour et reste ensuite constante jusqu'au 49<sup>e</sup> jour avant de diminuer lorsque les larves sont vides. Chez les rédies R1b, le plateau commence au 42<sup>e</sup> et au 49<sup>e</sup> jour par ordre respectif. Enfin, chez les rédies R2a et R2b/R3a, on n'observe qu'une augmentation régulière de leur longueur dans le temps.

### 2. Cas des autres séries.

Les moyennes (Fig. 18) sont plus importantes au 49<sup>e</sup> jour qu'au 28<sup>e</sup>.

Si l'on considère les chiffres de la première date, on constate que les longueurs se distribuent entre 1,3 et 1,7 mm pour les rédies R1a alors qu'elles se situent entre 1 et 1,2 mm pour les rédies R1b. Dans les groupes R2a et R2b/R3a, la gamme des longueurs est plus faible : 0,9-1,1 mm et 0,5-0,6 mm par ordre respectif.

Facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Groupe rédien	3/616	181,67	$P < 0,1 \%$
Origine du parasite	3/616	11,80	NS
Population	1/616	1,66	NS
Durée d'infestation	1/632	234,41	$P < 0,1 \%$

Interactions des facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Population × Origine du parasite	3/616	1,76	NS
Population × Groupe rédien	3/616	0,32	NS
Origine du parasite × Groupe rédien	9/616	0,60	NS
Groupe rédien × Origine du parasite × Population	9/616	0,42	NS
Population × Groupe rédien	3/632	1,48	NS
Population × Durée d'infestation	1/632	1,43	NS
Groupe rédien × Durée d'infestation	3/632	6,50	$P < 0,1 \%$
Durée d'infestation × Groupe rédien × Population	3/632	1,45	NS

Abréviations : NS (non significatif). *P* (probabilité au seuil de).

Tableau XIX.

Les résultats de deux analyses de variance (à 3 facteurs chacune) sur la longueur des rédies indépendantes de *Fasciola hepatica* dans les huit séries avec un développement typique.

Comparaison des groupes rédiens	Différence moyenne	Différence critique	Signification
R1a, R1b	361,20	82,18	$P < 0,1 \%$
R1a, R2a	513,59	83,09	$P < 0,1 \%$
R1a, R2b/R3a	803,04	100,51	$P < 0,1 \%$
R1b, R2a	152,40	83,20	$P < 0,1 \%$
R1b, R2b/R3a	441,84	100,60	$P < 0,1 \%$
R2a, R2b/R3a	289,44	101,35	$P < 0,1 \%$

Abréviation : *P* (probabilité au seuil de).

Tableau XX.

Les résultats du test de Scheffé sur les groupes rédiens de *Fasciola hepatica*.

### 3. Interprétation statistique.

Les moyennes relevées dans les huit séries expérimentales ont été comparées entre elles par deux analyses de variance à trois facteurs. La première d'entre elles porte sur les facteurs groupe rédien, origine du parasite et population du mollusque alors que la seconde concerne le groupe rédien, la population de la limnée et la durée d'infestation.

Les résultats de cette étude sont fournis sur le tableau XIX. L'examen de ces données montre qu'il existe un effet significatif pour les facteurs suivants : groupe rédien, et durée de l'infestation. De plus, seule l'interaction du groupe rédien avec la durée d'infestation est significative.

Le test de Scheffé (Tableau XX) permet de montrer que tous les groupes rédiens diffèrent significativement entre eux.

#### B. CHEZ LES MOLLUSQUES AVEC UN DÉVELOPPEMENT RÉDIEN ATYPIQUE.

##### 1. Cas des séries bovins.

Comme chez leurs homologues à développement typique, il existe une relation positive entre la longueur moyenne des rédies dans chaque groupe atypique (Fig. 19) et la durée de l'expérience comme l'indiquent les coefficients de corrélation suivants :

Groupe rédien	Population	Coefficient de corrélation $r$	Signification
R1b	Berneuil	0,91	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,84	$P < 1 \%$
R2a	Berneuil	0,57	NS
	Migné	0,53	NS
R2b/R3a	Berneuil	0,97	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,12	NS

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

L'examen de la figure 19 montre, d'autre part, que l'accroissement en longueur est nettement plus important pour les rédies R1b que pour les deux autres groupes.

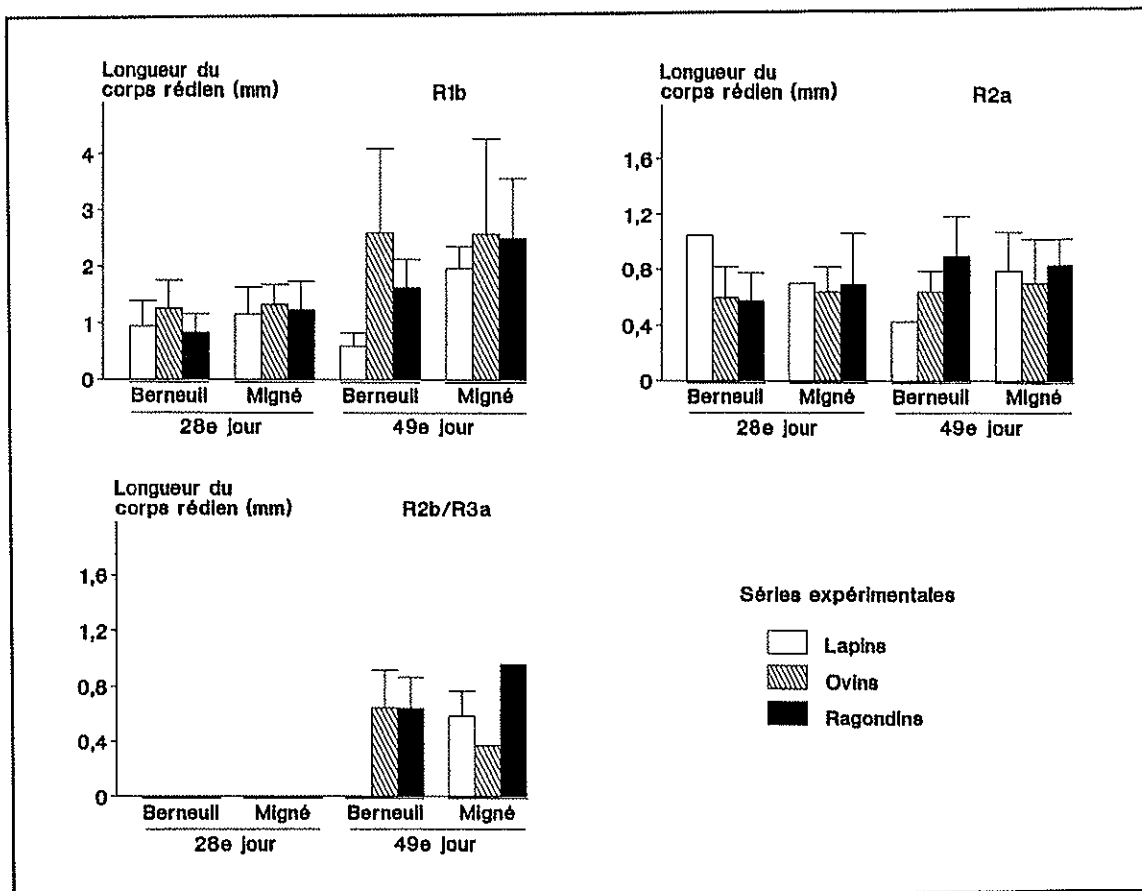


Figure 20.  
 La longueur des rédies indépendantes de *Fasciola hepatica* dans les six autres séries avec un développement atypique par rapport à leur groupe d'appartenance.

## 2. Cas des autres séries.

Les résultats sont transcrits sur la figure 20.

La longueur moyenne des rédies R1b au 49<sup>e</sup> jour d'expérience se distribue entre 1,6 et 2,6 mm à l'exception de la série **Berneuil** x lapins pour laquelle la moyenne n'est que de 0,6 mm.

Les valeurs sont nettement plus faibles pour les deux autres groupes : 0,6-0,8 mm pour les rédies R2a et de 0,3 à 0,9 mm pour les R2b/R3a.

## 3. Interprétation statistique.

Les moyennes relevées dans les huit séries expérimentales ont été comparées entre elles par deux analyses de variance. La première d'entre elles porte sur les facteurs durée d'infestation, origine du parasite et population du mollusque alors que la seconde ne concerne que le groupe rédien.

Les résultats de cette analyse sont fournis sur le tableau XXI. L'examen des résultats montre que seul le groupe rédien a un effet significatif sur la longueur du corps chez les rédies indépendantes.

Le test de Scheffé (Tableau XXII) permet de montrer que le groupe rédien responsable de l'effet significatif correspond aux rédies R1b. Il se démarque des autres lots par une croissance plus rapide pour la même durée d'infestation.

## III. - LA LARGEUR DE LA LUMIÈRE PHARYNGIENNE.

### A. CHEZ LES LIMNÉES AVEC UN DÉVELOPPEMENT RÉDIEN TYPIQUE.

#### 1. Cas des séries bovins.

Sur la figure 21 (page suivante), on constate que la longueur des rédies s'accroît de manière corrélative avec la durée de l'expérience comme le montrent les coefficients de corrélations suivants :

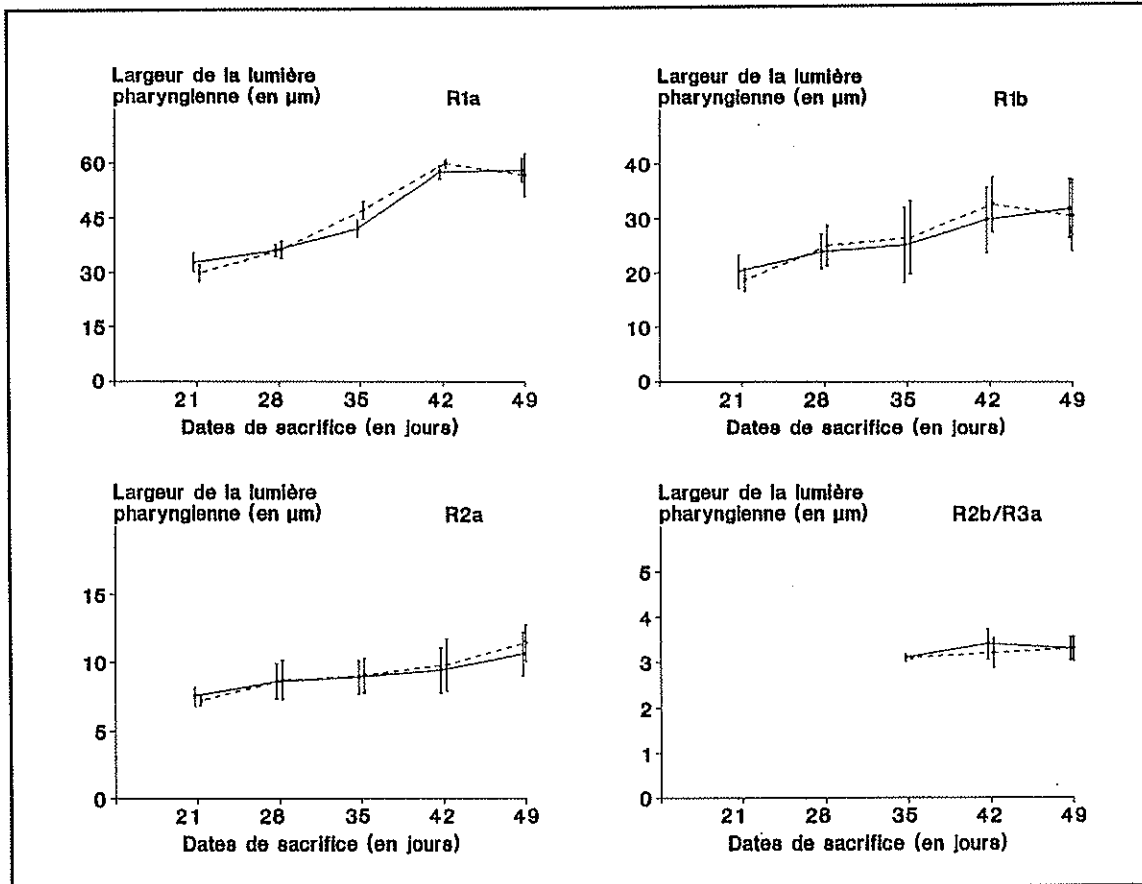


Figure 21.  
 La largeur de la lumière pharyngienne chez les rédies de *Fasciola hepatica* dans les deux séries bovins avec un développement typique par rapport à leur groupe d'appartenance : limnées de Berneuil (trait continu) et de Migné (tirets).



Groupe rédien	Population	Coefficient de corrélation $r$	Signification
R1a	Berneuil	0,94	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,88	$P < 0,1 \%$
R1b	Berneuil	0,96	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,95	$P < 0,1 \%$
R2a	Berneuil	0,95	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,15	$P < 5 \%$
R2b/R3a	Berneuil	0,78	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,15	NS

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

## 2. Cas des autres séries.

La figure 22 présente les moyennes et les écarts types obtenus dans les six séries expérimentales.

Les moyennes au 49<sup>e</sup> jour se distribuent entre 30,3 et 37,6  $\mu\text{m}$  pour les rédies R1a, et entre 22,8 et 25,4  $\mu\text{m}$  pour les R1b.

Les valeurs sont plus faibles dans les deux autres lots : 10-10,4  $\mu\text{m}$  pour le groupe R2a, 3,3-3,4  $\mu\text{m}$  pour les R2b/R3a.

## 3. Interprétation statistique.

Les moyennes relevées dans les huit séries expérimentales ont été comparées entre elles par deux analyses de variance à trois facteurs chacune. La première d'entre elles porte sur les facteurs groupe rédien, origine du parasite et population du mollusque alors que la seconde concerne le groupe rédien, la population et la durée d'infestation.

Les résultats de cette étude sont fournis sur le tableau XXIII (page suivante). L'examen de ces résultats montre qu'il existe un effet significatif pour les facteurs suivants : groupe rédien et durée de l'infestation. De plus, seule l'interaction du groupe rédien avec la durée d'infestation est significative.

Facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Groupe rédien	3/616	432,26	$P < 0,1 \%$
Origine du parasite	3/616	0,78	NS
Population	1/616	0,79	NS
Durée d'infestation	1/632	342,42	$P < 5 \%$

Interactions des facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Population × Origine du parasite	3/616	1,43	NS
Population × Groupe rédien	3/616	0,06	NS
Origine du parasite × Groupe rédien	9/616	0,75	NS
Population × Origine du parasite × Groupe rédien	9/616	0,32	NS
Population × Groupe rédien	3/632	0,13	NS
Population × Durée d'infestation	1/632	0,05	NS
Groupe rédien × Durée d'infestation	3/632	4,57	$P < 1 \%$
Population × Groupe rédien × Durée d'infestation	3/632	0,14	NS

Abréviations : NS (non significatif). *P* (probabilité au seuil de).

Tableau XXIII.

Les résultats de deux analyses de variance (à 3 facteurs chacune) sur la largeur de la lumière pharyngienne chez les rédiés indépendantes de *Fasciola hepatica* dans les séries avec un développement typique.

Comparaison des groupes rédiés	Différence moyenne	Différence critique	Signification
R1a, R1b	15,21	2,76	$P < 0,1 \%$
R1a, R2a	31,72	2,79	$P < 0,1 \%$
R1a, R2b/R3a	36,58	3,37	$P < 0,1 \%$
R1b, R2a	16,51	2,79	$P < 0,1 \%$
R1b, R2b/R3a	21,37	3,37	$P < 0,1 \%$
R2a, R2b/R3a	4,87	3,40	$P < 0,1 \%$

Abréviation : *P* (probabilité au seuil de).

Tableau XXIV.

Les résultats du test de Scheffé sur les groupes rédiés de *Fasciola hepatica*.

Le test de Scheffé (Tableau XXIV) permet de montrer que tous les groupes rédiens diffèrent significativement entre eux.

## B. CHEZ LES MOLLUSQUES AVEC UN DÉVELOPPEMENT RÉDIEN ATYPIQUE.

### 1. Cas des séries bovins.

Comme chez leurs homologues, il existe une relation positive entre la longueur moyenne des rédies (Fig. 23) dans les groupes R1b et R2a (Berneuil seulement) et la durée de l'expérience comme l'indiquent les coefficients de corrélation suivants :

Groupe rédien	Population	Coefficient de corrélation $r$	Signification
R1b	Berneuil	0,95	$P < 0,1 \%$
	Migné	0,86	$P < 1 \%$
R2a	Berneuil	0,75	$P < 5 \%$
	Migné	0,65	NS
R2b/R3a	Berneuil	-0,39	NS
	Migné	0,15	NS

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

### 2. Cas des autres séries.

Les résultats sont fournis sur la figure 24 (page suivante).

Quelques différences s'observent par rapport aux limnées avec un développement typique. Le diamètre moyen se situe ici entre 24,8 et 30,8  $\mu\text{m}$  chez les rédies R1b alors qu'il se distribue entre 8,5 et 9,6  $\mu\text{m}$  dans le groupe R2a ou encore entre 3,1 et 3,4  $\mu\text{m}$  chez les R2b/R3a.

### 3. Interprétation statistique.

La première analyse de variance utilisée porte sur les facteurs durée d'infestation, origine du parasite et population du mollusque alors que la seconde ne concerne que le seul groupe rédien.

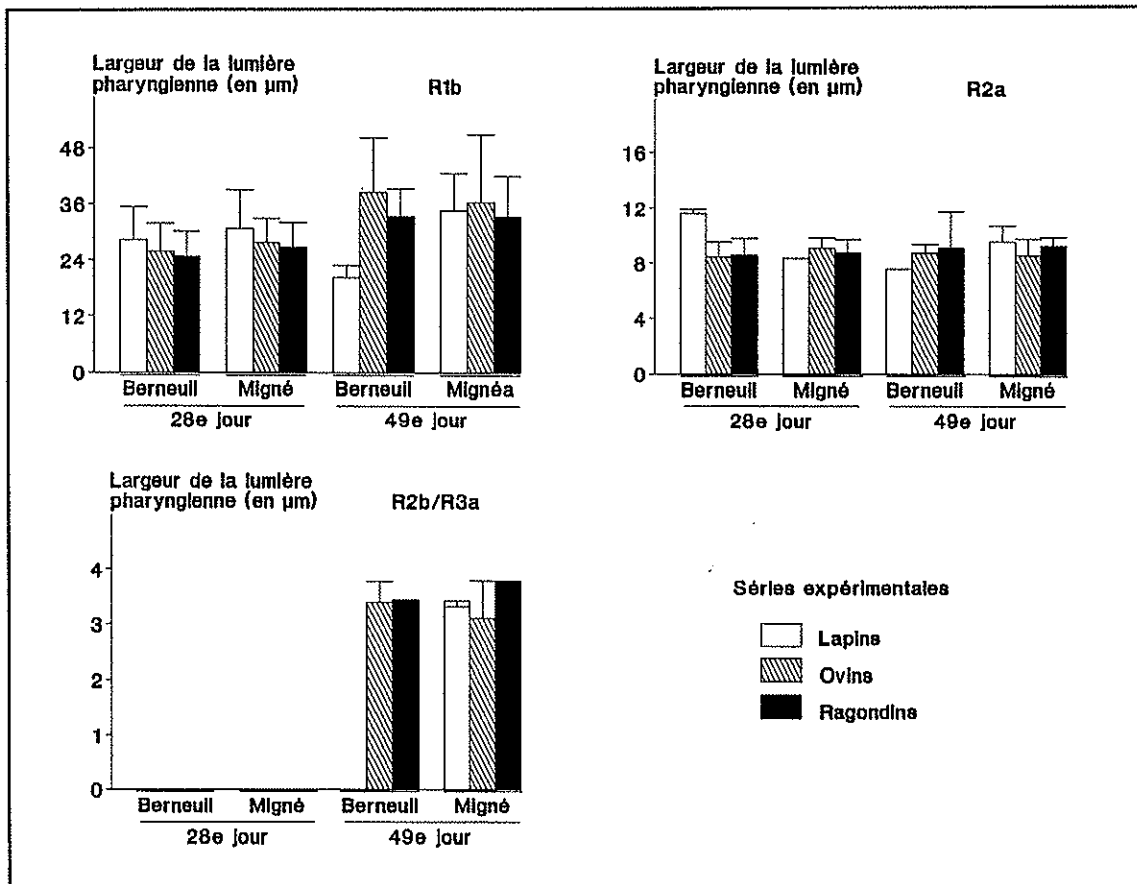


Figure 24.  
 La largeur de la lumière pharyngienne chez les rédies de *Fasciola hepatica* dans les six autres séries avec un développement atypique par rapport à leur groupe.

L'examen du tableau XXV montre que le groupe rédien a un effet significatif sur la largeur de la lumière pharyngienne.

Le test de Scheffé (Tableau XXVI) permet de montrer que le groupe responsable de l'effet significatif correspond aux rédies R1b. Ce groupe se démarque des autres par la croissance plus rapide de la lumière pharyngienne pour la même durée d'infestation.

#### IV. - RELATIONS ENTRE LES DEUX PARAMÈTRES.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs des coefficients de corrélation entre les deux paramètres et leur signification :

Groupe rédien	Population	Développement typique	Développement atypique
R1a	<b>Berneuil</b> <b>Migné</b>	$r = 0,79 ; P < 0,1 \%$ $r = 0,81 ; P < 0,1 \%$	Pas de rédies vivantes
R1b	<b>Berneuil</b> <b>Migné</b>	$r = 0,98 ; P < 0,1 \%$ $r = 0,98 ; P < 0,1 \%$	$r = 0,98 ; P < 0,1 \%$ $r = 0,98 ; P < 1 \%$
R2a	<b>Berneuil</b> <b>Migné</b>	$r = 0,99 ; P < 0,1 \%$ $r = 0,18 ; NS$	$r = 0,93 ; P < 0,1 \%$ $r = 0,95 ; P < 0,1 \%$
R2b/R3a	<b>Berneuil</b> <b>Migné</b>	$r = 0,82 ; P < 0,1 \%$ $r = -0,11 ; NS$	$r = -0,48 ; NS$ $r = -0,43 ; NS$

Abréviations : NS (non significatif). *P* (probabilité au seuil de).

La corrélation entre les deux paramètres précités se vérifie pour les trois premiers groupes rédiens à l'exception des R2a typiques de Migné où la corrélation n'est pas significative. Chez les R2b/R3a, seules les rédies typiques de Berneuil présentent une corrélation significative.

**LA PRODUCTIVITÉ DES RÉDIES  
CHEZ LES LIMNÉES INFESTÉES PAR  
*Fasciola hepatica***

Par ce terme, on considère l'ensemble des masses germinatives qui se développent dans une rédie, à savoir les stades morula, embryon, procercaire et cercaire. A ces quatre catégories, il faut ajouter les rédies filles. Il nous a donc paru utile de déterminer la quantité de masses germinatives contenues dans une limnée ou dans une rédie avant d'aborder la productivité proprement dite.

Le premier paragraphe traite de la distribution des mollusques parasités par rapport aux rédies les plus évoluées. Les deux subdivisions suivantes fournissent les résultats sur la quantité de masses germinatives dans une limnée et dans chaque rédie isolée. Enfin, les deux derniers temps de ce chapitre sont consacrés aux relations entre cette productivité et les autres paramètres (longueur du corps, largeur de la lumière).

**I. - LE NOMBRE TOTAL DE MASSES GERMINATIVES INTRA-RÉDIENNES.**

**A. CHEZ LES LIMNÉES AVEC UN DÉVELOPPEMENT RÉDIEN TYPIQUE.**

Les résultats sont fournis sur les figures 25 et 26 (pages suivantes).

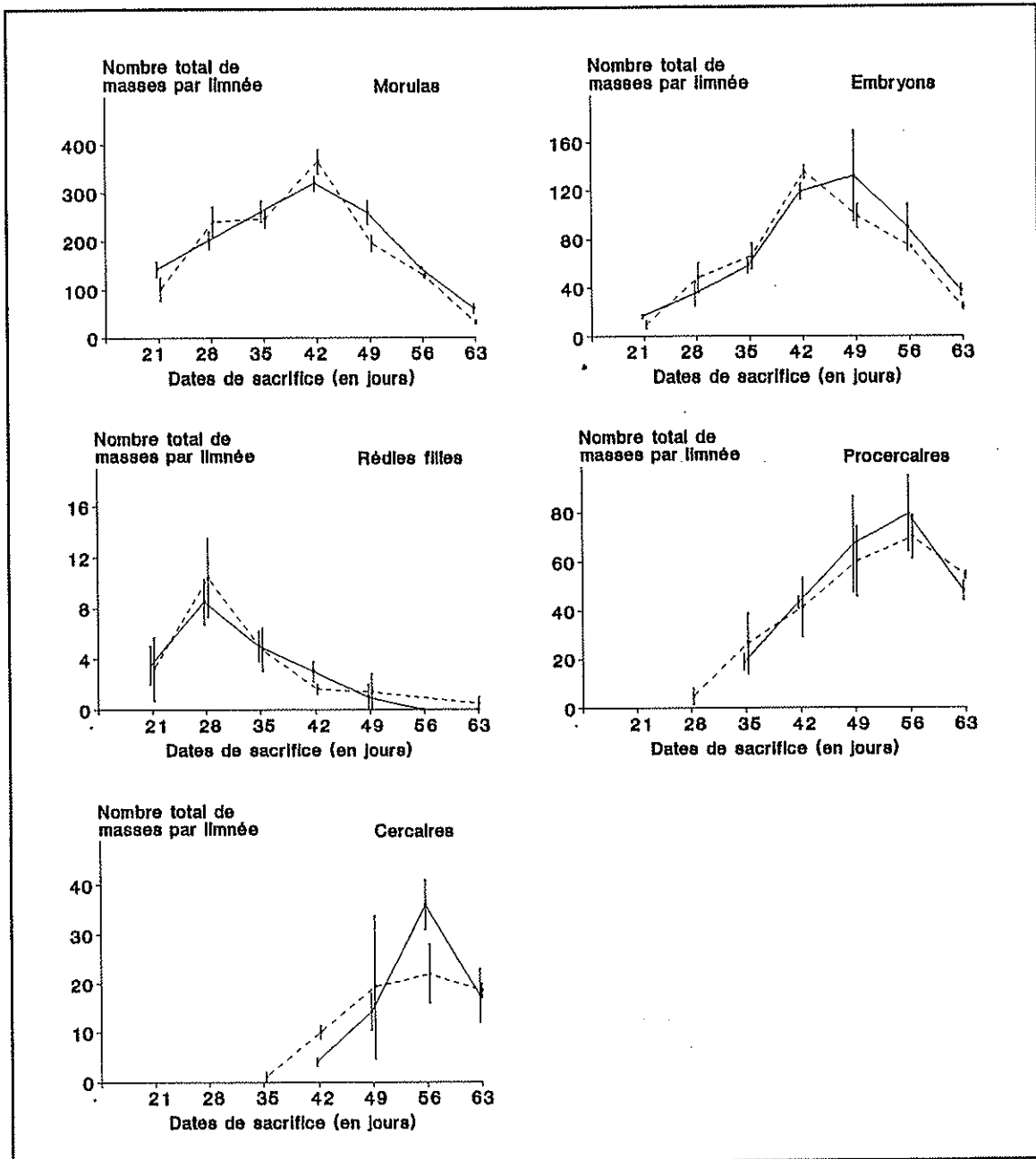


Figure 25.

L'évolution numérique des cinq catégories de masses germinatives intra-rédiennes à l'intérieur d'un mollusque parasité par *Fasciola hepatica* (séries bovins à développement typique) par rapport à la durée de l'expérience. Abréviations : limnées de Berneuil (trait continu) et mollusques de Migné (tirets).

## 1. Cas des séries bovins.

Le nombre total de morulas (Fig. 25a) passe par un maximum au 42<sup>e</sup> jour avant de diminuer jusqu'au 63<sup>e</sup> jour. Les autres catégories de masses présentent également des pics mais la date diffère selon leur nature. Celle-ci se situe au 42<sup>e</sup> (Migné) ou au 49<sup>e</sup> jour (Berneuil) pour les embryons (Fig. 25b), au 28<sup>e</sup> jour pour les rédies filles (Fig. 25c), au 56<sup>e</sup> jour pour les procercaires (Fig. 25d) et les cercaires (Fig. 25e).

Le tableau ci-dessous fournit les valeurs des coefficients de corrélation :

Population	Masses germinatives	Coefficient de corrélation $r$	Signification
<b>Berneuil</b>	Morulas	0,01	NS
	Embryons	0,65	$P < 0,1 \%$
	Rédies filles	-0,63	$P < 0,1 \%$
	Procercaires	0,85	$P < 0,1 \%$
	Cercaires	0,79	$P < 0,1 \%$
<b>Migné</b>	Morulas	-0,22	NS
	Embryons	0,46	$P < 1 \%$
	Rédies filles	-0,70	$P < 0,1 \%$
	Procercaires	0,86	$P < 0,1 \%$
	Cercaires	0,73	$P < 0,1 \%$

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

La lecture de ce tableau montre qu'à l'exception des morulas, on note un accroissement corrélatif (ou une diminution) entre la durée de l'expérience et le nombre total des masses germinatives pour chacune des quatre autres catégories.

## 2. Cas des autres séries.

L'examen de la figure 26 montre qu'il existe une certaine variabilité dans les chiffres des morulas. Au 49<sup>e</sup> jour, on constate une large distribution des moyennes selon la série expérimentale (entre 92 et 186 pour une limnée).

Les autres catégories de masses augmentent en nombre dans le temps, à l'exception des rédies filles pour lesquelles on note un effectif plus faible au 49<sup>e</sup> jour.



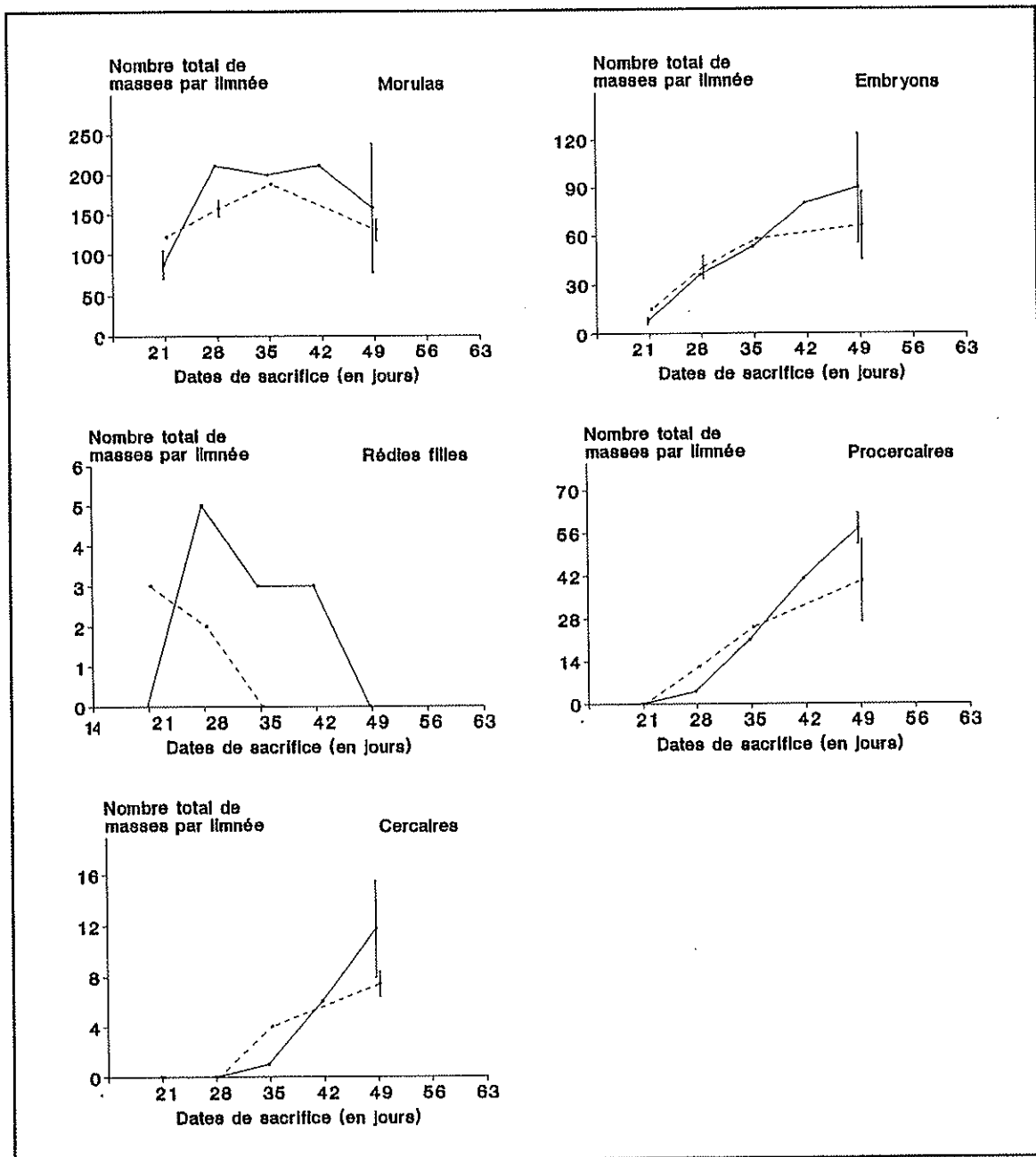


Figure 27.

L'évolution numérique des cinq catégories de masses germinatives intra-rédiennes à l'intérieur d'un mollusque parasité par *Fasciola hepatica* (séries bovins à développement atypique) par rapport à la durée de l'expérience. Abréviations : limnées de Berneuil (trait continu) et mollusques de Migné (tirets).

## B. CHEZ LES LIMNÉES AVEC UN DÉVELOPPEMENT RÉDIEN ATYPIQUE.

### 1. Cas des séries bovins.

Si l'on constate un pic au 28<sup>e</sup> jour pour les rédies filles (Fig. 27c), les autres catégories de masses germinatives présentent, au contraire, un accroissement régulier avec la durée d'infestation (embryons, procercaires et cercaires : Fig. 27b, d et e) ou bien présentent des moyennes se situant dans le même ordre de grandeur entre le 28<sup>e</sup> et le 42<sup>e</sup> jour (morulas : Fig. 27a).

Le tableau ci-dessous indique les valeurs des coefficients de corrélation :

Population	Masses germinatives	Coefficient de corrélation $r$	Signification
<b>Berneuil</b>	Morulas	0,23	NS
	Embryons	0,81	$P < 1 \%$
	Rédies filles	0,08	NS
	Procercaires	0,98	$P < 0,1 \%$
	Cercaires	0,79	$P < 1 \%$
<b>Migné</b>	Morulas	-0,36	NS
	Embryons	0,69	$P < 5 \%$
	Rédies filles	-0,64	NS
	Procercaires	0,83	$P < 1 \%$
	Cercaires	0,90	$P < 0,1 \%$

Abréviations : NS (non significatif).  $P$  (probabilité au seuil de).

A l'exception des morulas et des rédies filles, les autres corrélations entre l'augmentation du nombre total de masses et la durée de l'infestation sont significatives.

### 2. Cas des autres séries.

Malgré le nombre plus faible de valeurs chez les limnées avec un développement rédien atypique (Fig. 28), on peut formuler les mêmes remarques que celles rapportées plus haut pour les mollusques typiques. On retrouve la variabilité des moyennes pour les morulas, la diminution numérique dans le temps pour les rédies filles et l'accroissement inverse pour les trois autres catégories.

Facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Mode de développement	1/1155	25,45	$P < 0,1 \%$
Origine du parasite	3/1155	28,98	$P < 0,1 \%$
Stade larvaire	4/1155	263,38	$P < 0,1 \%$
Durée d'infestation	1/1175	90,44	$P < 0,1 \%$
Population	1/1175	8,47	$P < 1 \%$

Interactions des facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Mode de développement × Stade larvaire	4/1155	14,64	$P < 0,1 \%$
Origine du parasite × Stade larvaire	12/1155	9,38	$P < 0,1 \%$
Mode de développement × Origine du parasite	3/1155	0,54	NS
Mode de développement × Origine du parasite × Stade larvaire	12/1155	0,15	NS
Durée d'infestation × Population	1/1175	7,83	$P < 1 \%$
Durée d'infestation × Stade larvaire	4/1175	12,49	$P < 0,1 \%$
Population × Stade larvaire	4/1175	4,77	$P < 0,1 \%$
Durée d'infestation × Population × Stade larvaire	4/1175	4,75	$P < 0,1 \%$

Abréviations : NS (non significatif). *P* (probabilité au seuil de).

Tableau XXVII.

Les résultats fournis par deux analyses de variance (à trois facteurs chacune) sur le nombre total de masses germinatives contenues dans un mollusque parasité par *Fasciola hepatica*.

### C. INTERPRÉTATION STATISTIQUE.

Elle a été réalisée à l'aide de deux analyses de variance à trois facteurs. La première porte sur les paramètres suivants : mode de développement, origine du parasite et stade de différenciation intra-rédien (morula, ...). La seconde analyse concerne la durée d'infestation, la population du mollusque et le stade larvaire intra-rédien. Les résultats sont indiqués sur le tableau XXVII.

Les cinq facteurs étudiés ont un effet significatif sur le nombre total des masses germinatives intra-rédiennes contenues dans une limnée. Dans le cas de la première analyse, il faut noter, en plus, des interactions significatives du stade larvaire avec le mode de développement rédien ou avec l'origine du parasite. Toutes les interactions entre ces paramètres de la deuxième analyse renvoient des modifications significatives sur le nombre total de ces masses germinatives.

Deux tests de Scheffé ont été réalisés afin de dégager les séries où l'on note cet effet significatif. Le premier porte sur l'origine du parasite. Du tableau XXVIII, on peut constater que le groupe bovins se distingue nettement des autres origines étudiées. Le second test porte sur les stades larvaires intra-rédiens : l'effet significatif s'observe entre toutes les catégories de masses germinatives, sauf entre les stades cercaire et rédie fille.

### III. - LE NOMBRE DE MASSES GERMINATIVES DANS CHAQUE RÉDIE DE *Fasciola hepatica*.

Il était intéressant de connaître le contenu dans les rédies de chaque groupe. C'est la raison pour laquelle nous avons fait une étude comparative en analysant les moyennes au 49<sup>e</sup> jour d'expérience dans les huit séries expérimentales.

#### A. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.

Les figures 29 et 30 (pages suivantes) présentent les moyennes et les écarts types pour trois catégories de masses germinatives (morulas, embryons, procercaires) et trois groupes rédiens (R1b, R2a, R2b/R3a) dans les huit séries expérimentales.

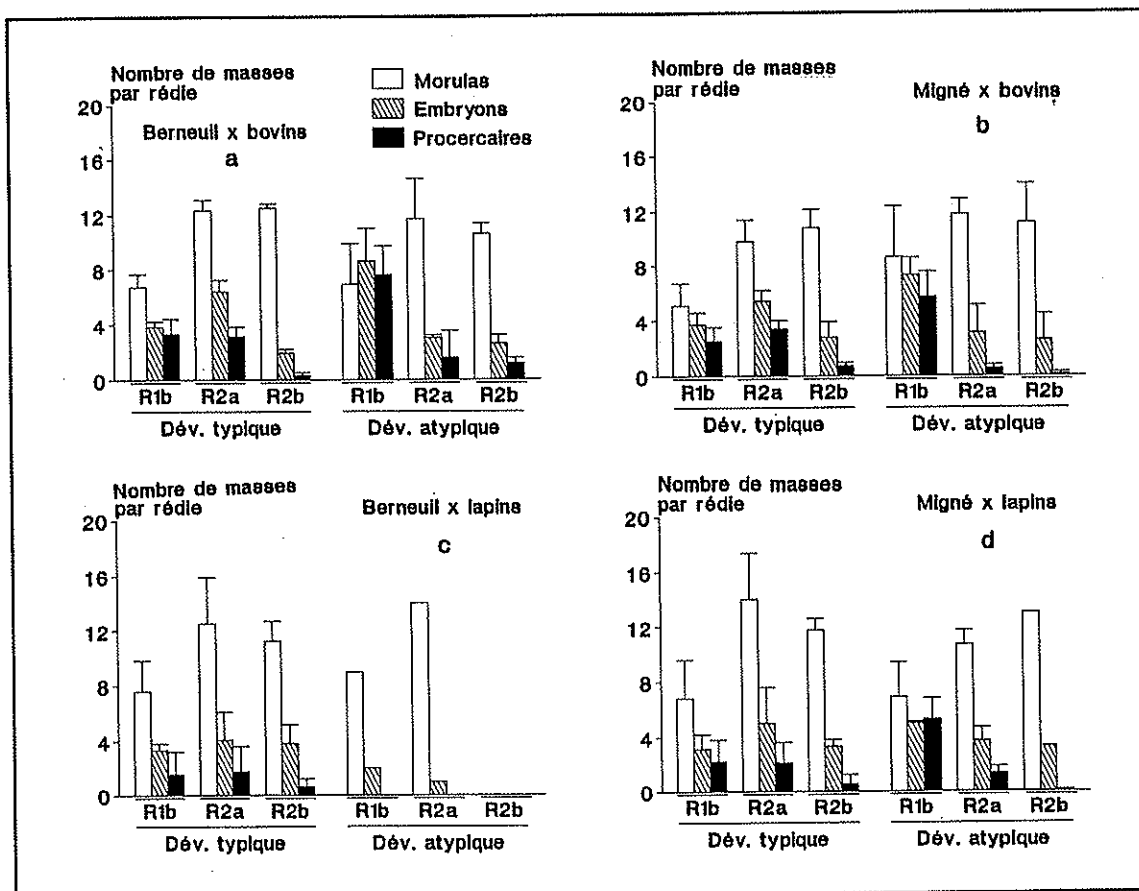


Figure 29.

Le nombre de masses germinatives dans chaque rade de *Fasciola hepatica* par rapport au mode de développement, au groupe rédien et à la nature des masses. Cas des séries bovins et lapins au 49<sup>e</sup> jour.

Les moyennes des rédies filles et des cercaires ne sont pas présentées sur cette figure en raison de leurs valeurs faibles. De même, nous avons délaissé ici les rédies R1a car celles-ci ne forment que des rédies filles (groupe R2a).

La lecture des figures 29 et 30 permet les remarques suivantes :

- Si l'on fait exception de quelques différences dans les valeurs moyennes, la distribution des masses germinatives est assez voisine dans toutes les séries expérimentales, quelles que soient la population de *L. truncatula* et l'origine du parasite.

- Le nombre de morulas le plus élevé se trouve dans les rédies R2a ou dans le groupe R2b/R3a, quel que soit le mode de développement. Cette particularité ne se retrouve pas pour le groupe R1b.

- Les nombres les plus élevés en embryons et en procercaires se situent dans les rédies R1b issues d'un mode atypique.

Si l'on considère maintenant les nombres de morulas contenues dans chaque rédie par rapport à la série et au groupe d'appartenance, on note des valeurs voisines. C'est ainsi que les rédies R2b/R2a contiennent chacune de 10,5 à 16 morulas au 49<sup>e</sup> jour d'expérience tandis que le groupe R2a n'en a que 9,2 à 16 par larve indépendante. Quant au groupe R1b, les valeurs sont plus basses : de 4 à 12,4 par rédie.

Les moyennes les plus faibles en morulas (cas des R1b typiques dans la série Migné x bovins) ne correspondent pas à des nombres élevés en embryons et en procercaires. Les chiffres de ces dernières masses sont, au contraire, assez bas, ce qui peut s'expliquer par la différenciation successive et progressive des morulas en procercaires et en cercaires.

Le faible nombre de procercaires noté au 49<sup>e</sup> jour dans les rédies R2b/R3a, quel que soit le mode de développement, doit être rapporté à la date d'apparition de ces larves dans le corps du mollusque (vers le 35<sup>e</sup> jour). Dans ces conditions, la croissance de ces rédies se poursuit encore au 49<sup>e</sup> jour et la différenciation des masses germinatives n'est pas achevée, ce qui se traduit par ces faibles valeurs pour les procercaires et un chiffre encore plus bas pour les cercaires (résultats non représentés).

Facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Groupe rédien	3/1725	236,41	$P < 0,1 \%$
Origine du parasite	3/1725	8,58	$P < 0,1 \%$
Population	1/1725	1,16	NS
Stade larvaire	4/1725	1255,19	$P < 0,1 \%$
Mode de développement	1/1805	21,65	$P < 0,1 \%$

Interactions des facteurs étudiés	Degrés de liberté	Valeur du rapport <i>F</i>	Signification
Groupe rédien × Origine du parasite	9/1725	3,44	$P < 0,1 \%$
Groupe rédien × Population	3/1725	1,43	NS
Groupe rédien × Stade larvaire	12/1725	163,13	$P < 0,1 \%$
Origine parasite × Stade larvaire	12/1725	8,74	$P < 0,1 \%$
Population × Origine du parasite	3/1725	0,35	NS
Population × Stade larvaire	4/1805	1,40	NS
Groupe rédien × Origine du parasite × Population	36/1725	2,37	$P < 0,1 \%$
Groupe rédien × Origine du parasite × Stade larvaire	9/1725	0,97	NS
Groupe rédien × Population × Stade larvaire	12/1725	0,44	NS
Stade larvaire × Origine du parasite × Population	12/1725	1,83	$P < 5 \%$
Groupe rédien × Origine du parasite × Population × Stade larvaire	36/1725	0,80	NS
Mode de développement × Origine du parasite	3/1805	0,60	NS
Mode de développement × Population	1/1805	0,21	NS
Mode de développement × Stade larvaire	4/1805	6,37	$P < 0,1 \%$
Mode de développement × Origine du parasite × Population	12/1805	1,13	NS
Mode de développement × Origine du parasite × Stade larvaire	3/1805	0,78	NS
Mode de développement × Population × Stade larvaire	4/1805	0,25	NS
Mode de développement × Origine du parasite × Population × Origine parasite	12/1805	0,93	NS

Abréviations : NS (non significatif). *P* (probabilité au seuil de).

#### Tableau XXIX.

Les résultats de deux analyses de variance (à 4 facteurs chacune) sur le nombre de masses germinatives dans chaque rédie de *Fasciola hepatica* au 49<sup>e</sup> jour d'expérience.

## B. INTERPRÉTATION STATISTIQUE.

Deux analyses de variance à quatre facteurs chacune ont été réalisées pour dégager l'influence éventuelle de plusieurs facteurs sur le nombre total de masses germinatives contenues dans chaque groupe rédien. La première se rapporte aux facteurs suivants : groupe rédien, origine du parasite, population et nature du stade larvaire. La seconde concerne le mode de développement, l'origine du parasite, la population et le stade larvaire.

Les résultats de ces analyses et ceux des tests de Scheffé correspondants sont présentés sur les tableaux XXIX et XXX.

La lecture du premier tableau montre :

- que les facteurs groupe rédien, mode de développement, origine du parasite et stade larvaire ont un effet significatif sur le nombre des masses germinatives dans chaque rédie indépendante de *F. hepatica*.

- qu'il existe des interactions significatives entre l'origine du parasite, le groupe rédien et le stade larvaire. Une autre interaction existe également entre le mode de développement et le stade larvaire.

Trois tests de Scheffé (Tableau XXX) ont été réalisés afin de dégager les séries où l'on note un effet significatif :

- Le premier test porte sur les groupes rédiens. On constate que tous les groupes rédiens sont impliqués dans cet effet significatif (tableau du haut).

- Le second test porte sur l'origine du parasite. D'après le tableau du milieu, ce sont les ovins qui ont un effet marqué sur le nombre total des masses dans chaque rédie indépendante de *F. hepatica*. Les trois autres origines n'ont pas d'effet significatif sur le paramètre étudié.

- Le dernier test concerne les stades larvaires intra-rédiens. L'effet significatif noté pour ce paramètre s'observe entre toutes les catégories de masses germinatives, sauf entre les stades cercaire et rédie fille (tableau du bas).



#### IV. - LA DYNAMIQUE DU CONTENU RÉDIEN.

Comme nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, les rédies de chaque groupe R1b, R2a ou R2b/R3a ne deviennent pas indépendantes toutes en même temps : elles émergent à intervalles réguliers du sporocyste ou de la rédie mère qui leur ont donné naissance. De plus, les stades morula, embryon procercarien, procercaire et cercaire ne correspondent qu'à des étapes dans la différenciation d'une morula en cercaire.

C'est pour ces deux raisons que nous avons étudié la dynamique des masses germinatives à l'intérieur des rédies de chaque groupe. Cette analyse a été réalisée par rapport à la longueur de ces larves car les valeurs moyennes de ce paramètre s'accroissent de manière corrélative avec la durée de l'infestation (voir le chapitre quatrième, page 79).

##### *A. MODALITÉS DE L'ÉTUDE.*

L'analyse a été réalisée en tenant compte d'un certain nombre de points. Ils sont répertoriés ci-dessous :

- Les groupes rédiens considérés sont les R1b, R2a et R2b/R3a. Nous n'avons pas retenu les rédies R1a car elles ne forment que des rédies filles.

- Nous n'avons étudié ici que la différenciation des morulas en cercaires. Le stade rédie fille a été exclu de cette analyse.

- Les chiffres obtenus pour chaque série et chaque groupe rédien dans les populations de Berneuil et de Migné ont été ici confondus car il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes obtenues dans les deux populations.

- La même opération a été effectuée pour les données des séries lapins, ovins et ragondins car il n'y a pas de différence significative entre les contenus rédiens de ces groupes (voir le tableau XXX au milieu, page 107).

Les résultats de chaque groupe sont transcrits sur les figures 31 à 34 (pages suivantes) en fonction de la longueur des rédies, exprimée sous forme de classes de 200  $\mu\text{m}$  chacune.

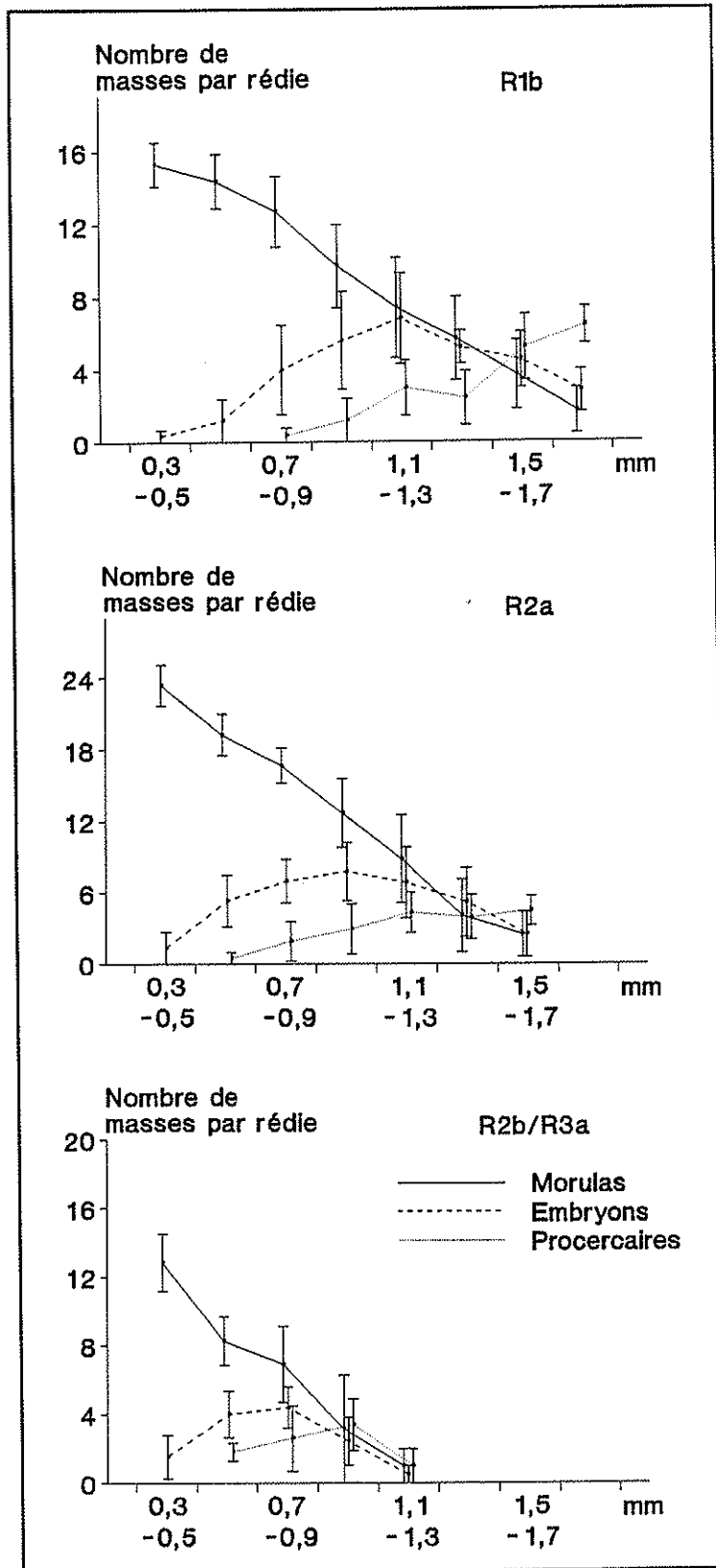


Figure 31.  
 La dynamique des masses germinatives intra-rédiennes par rapport à la longueur d'une rade. Séries bovins à développement typique. La longueur est exprimée ici sous forme de classes de 200  $\mu\text{m}$ . Les résultats de Berneuil et de Migné ont été ici regroupés.

## B. CHEZ LES MOLLUSQUES À DEVELOPPEMENT RÉDIEN TYPIQUE.

### 1. Cas des séries bovins.

L'effectif le plus élevé des morulas varie selon les groupes. Il est ainsi de 15,3 dans une rédie R1b, de 23,4 dans une R2a, et de 12,8 dans une R2b/R3a. Dans tous les cas, il diminue lorsque la longueur de la larve s'accroît (Fig. 31).

Les embryons procercariens passent par un maximum avant de décroître en nombre chez les rédies les plus grandes. L'effectif le plus élevé se situe chez les larves R1b longues de 1,1 à 1,3 mm (6,8 en moyenne), chez les R2a de 0,9 à 1,1 mm (7,7 en moyenne) et chez les R2b/R3a de 0,7 à 0,9 mm (4 en moyenne).

Les premières procercaires apparaissent chez les rédies R1b longues de 0,7 à 0,9 mm. Dans les deux autres groupes, elles se forment chez des rédies de taille plus faible (entre 0,5 et 0,7 mm). Dans tous les cas, le nombre de ces masses augmente en relation avec la longueur du corps rédien.

Le processus observé pour les procercaires se retrouve aussi chez les cercaires (résultats non représentés). Les premières apparaissent dans les rédies R1b lorsqu'elles sont longues de 1,1 à 1,3 mm. Par contre, on les observe déjà chez les R2a longues de 0,9 à 1,1 mm et chez les R2b/R3a longues de 0,5 à 0,7 mm.

### 2. Cas des autres séries.

Les résultats sont fournis sur la figure 32.

Si l'on fait exception de quelques légères différences dans les effectifs les plus élevés, l'examen des trois graphes montre la même évolution numérique des masses germinatives que celle notée sur la figure 31.

Le seul fait notable dans ces groupes réside dans une différenciation plus tardive des premières cercaires. Ces dernières s'observent chez les rédies R1b longues de 1,3 à 1,5 mm alors qu'elles sont déjà visibles chez les R2a de 1,1-1,3 mm et chez les R2b/R3a de 0,9-1,1 mm (résultats non représentés).

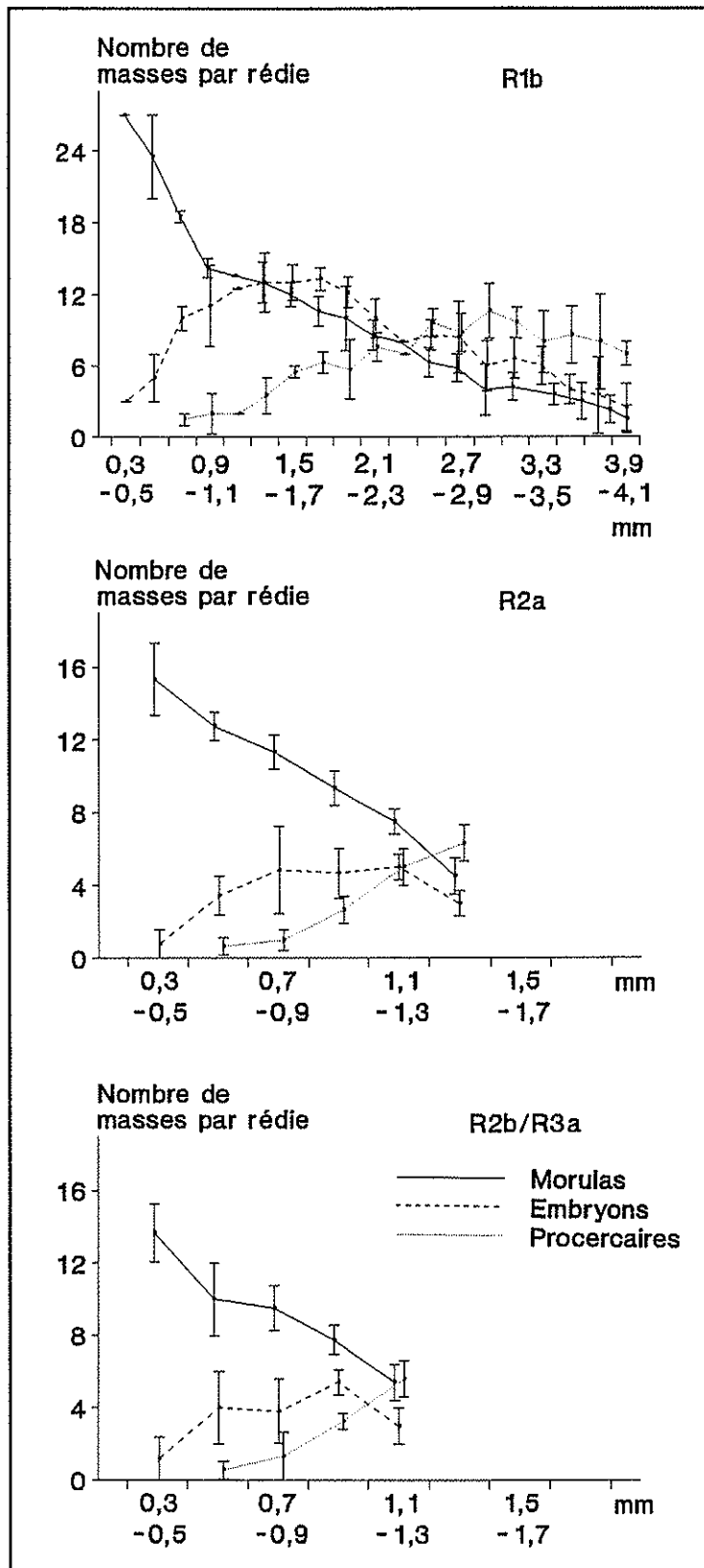


Figure 33.  
 La dynamique des masses germinatives intra-rédiennes par rapport à la longueur d'une rédie. Séries bovins à développement atypique.  
 La longueur est exprimée ici sous forme de classes de 200  $\mu\text{m}$ .  
 Les résultats de Berneuil et de Migné ont été ici regroupés.

## C. CHEZ LES MOLLUSQUES À DEVELOPPEMENT RÉDIEN ATYPIQUE.

### 1. Cas des séries bovins.

L'examen de la figure 33 montre que ce sont les rédies R1b qui ont le nombre de morulas le plus élevé : 27 par rédie au lieu de 15,3 pour une rédie R2a et de 13,6 en moyenne pour une rédie R2b/R3a. Malgré quelques écarts de pente, l'effectif des morulas dans chaque groupe diminue lorsque la longueur de la larve augmente.

Cette large différence dans les morulas selon les groupes rédiens se retrouve aussi au niveau des autres catégories :

- Comme la longueur des larves R1b se distribue de 0,3 à 3,9 mm, l'effectif le plus élevé des embryons procercaires se situe chez des rédies longues de 1,9 à 2,1 mm (13,3 en moyenne). Dans les deux autres groupes, il n'est pas possible de déterminer la taille pour laquelle les embryons ont le nombre le plus élevé car il n'y a pas de rédies avec une longueur supérieure à 1,3 (R2a) ou à 1,1 mm (groupe R2b/R3a).

- Dans les trois groupes, les premières procercaires apparaissent chez des larves longues de 0,7 à 0,9 mm. Chez les rédies R1b, le nombre le plus élevé de ces masses se situe entre 2,9 et 3,1 mm (à 10,6 par rédie). Dans les deux autres lots, le nombre de ces procercaires s'accroît avec la taille du corps.

Chez les rédies R1b, les premières cercaires (résultats non représentés) apparaissent entre 1,7 et 1,9 mm de longueur. Par contre, dans les deux autres groupes, la taille des rédies concernées est plus faible (0,9-1,1 mm). Quel que soit le lot concerné, le nombre moyen de cercaires dans les rédies est assez faible (de 0,6 à 1,9 par rédie).

### 2. Cas des autres séries.

Si l'on fait exception de quelques légères différences dans les effectifs les plus élevés, l'examen de la figure 34 montre la même évolution numérique des masses germinatives que celle indiquée sur la figure 33.

La même remarque peut être formulée pour les cercaires (résultats non représentés).

Origine du parasite	Groupe rédien	Nombre moyen de rédies au 49 <sup>e</sup> jour <sup>a</sup>	Nombre de morulas par rédie longue de 0,3-0,5 mm	Nombre total de masses <sup>b</sup> restant dans les rédies les plus longues	Différence en morulas	Nombre théorique de morulas évoluant en cercaires <sup>c</sup> (et pourcentage)
Bovins	R1b	6,4	15,3	1,8	13,5	86,4 (20,5 %)
	R2a	11,8	23,4	2,8	23,6	278,4 (66,3 %)
	R2b/R3a	4,7	12,8	1,1	11,7	54,9 (13,0 %)
Lapins, ovins et ragondins	R1b	3,5	13,7	4	9,7	33,9 (19,0 %)
	R2a	6,9	22,7	6,1	16,6	114,5 (64,4 %)
	R2b/R3a	3,2	13,4	4,2	9,1	29,1 (16,3 %)

a. Le nombre moyen de rédies pour chaque groupe rédien est fourni dans l'annexe, page 137.

b. La valeur notée pour cette différence tient compte des morulas qui se différencient en rédies filles. Séries bovins : R1b (0,3/rédie), R2a (0,34), R2b/R3a (0,04). Lapins, ovins et ragondins cumulés : R1b (1,5/rédie), R2a (3,1), R2b/R3a (0,03).

c. Le chiffre de cette colonne provient de la multiplication de la différence (en morulas) par le nombre de rédies indépendantes.

Tableau XXXI.

Étude théorique sur le nombre de morulas qui peuvent se différencier en cercaires dans les trois groupes rédiens de *Fasciola hepatica* au 49<sup>e</sup> jour d'expérience par rapport à la longueur des corps rédiens. Séries à développement typique.

## V. - PRODUCTIVITÉ CERCARIENNE.

### A. CHEZ LES MOLLUSQUES À DEVELOPPEMENT RÉDIEN TYPIQUE.

Le tableau XXXI indique le nombre de morulas qui se différencient théoriquement en cercaires dans chaque rédie indépendante par rapport à l'origine du parasite et au groupe d'appartenance. On peut remarquer les points suivants :

- Au 49<sup>e</sup> jour d'expérience, 66,3 % des cercaires dans les séries bovins proviennent des rédies R2a tandis que les groupes R1b et R2b/R3a n'en forment que 20,3 et 13 % par ordre respectif.

- Des pourcentages similaires se retrouvent dans les autres séries. Au 49<sup>e</sup> jour, le groupe R1b produit 64,4 % des cercaires alors que les deux autres groupes n'en forment que 19 % (rédies R1b) et 16,3 % (R2b/R3a).

Il est intéressant de remarquer que le nombre théorique de masses germinatives capables de se différencier en cercaires est plus élevé dans les séries bovins que dans les six autres groupes de mollusques (419,7 masses par limnée au 49<sup>e</sup> jour au lieu de 177,7).

### B. CHEZ LES MOLLUSQUES AVEC UN DEVELOPPEMENT RÉDIEN ATYPIQUE.

Le tableau XXXII récapitule les chiffres dans le cas des séries bovins et des autres séries. La lecture de ces données permet d'émettre les commentaires suivants :

- Au 49<sup>e</sup> jour d'expérience, 69,5 % des cercaires dans les séries bovins proviennent des rédies R1b tandis que les groupes R2a et R2b/R3a n'en forment que 19,9 et 12,5 % par ordre respectif. Le nombre total de morulas capables de se différencier en cercaires par limnée est de 231,0, les trois groupes étant confondus.

- Dans les autres séries, les chiffres diffèrent. Sur les 110 morulas qui se sont différenciées en cercaires au 49<sup>e</sup> jour, 72 % proviennent des rédies R1b alors que les groupes R2a et R2b/R3a en forment respectivement 15,3 et 12,5 %.

## **COMMENTAIRES**

Les résultats sur les caractéristiques générales de l'expérience, la croissance des rédies et leur productivité parasitaire ont été présentés respectivement dans les chapitres troisième, quatrième et cinquième. Il nous a paru intéressant de rappeler les données obtenues dans une synthèse avant de comparer celles-ci avec les éléments de la littérature parus sur ce sujet.

### **I. - SYNTHÈSE.**

#### **A. CARACTÉRISTIQUES DE L'INFESTATION FASCIOLIENNE.**

La survie des limnées au 49<sup>e</sup> jour ne dépasse pas 40 %. Pour chaque population de limnées, il n'y a pas de différence significative, quelle que soit l'origine du parasite. Il en est de même pour celles qui existent entre les deux colonies (Berneuil, Migné), sauf pour les groupes ragondins où la survie est plus élevée chez les limnées de Migné.

La prévalence de l'infestation fasciolienne se distribue entre 37 et 82 %. Dans la population de Berneuil, la seule différence significative se situe entre les séries lapins et ragondins. Dans la colonie de Migné, les pourcentages sont significativement plus faibles dans les groupes lapins et ragondins que dans les deux autres séries. Si l'on compare les résultats entre les deux populations, la seule différence nette est celle qui existe entre les deux séries ragondins.



La croissance des mollusques parasités au cours de l'expérience dépend de l'origine de leur population (Migné > Berneuil) et de la durée d'infestation (la taille augmente en fonction du temps).

Le nombre total des rédies indépendantes et en vie est significativement plus élevé dans les groupes bovins que dans les autres séries (23 ou 24 au 49<sup>e</sup> jour chez les premiers au lieu de 10,5 à 18 par mollusque). Cet effectif s'accroît significativement avec la durée d'infestation.

#### B. LA CROISSANCE DES RÉDIÉS DE *Fasciola hepatica*.

Les mesures ont porté sur un total de 2576 rédies lorsque le développement était typique et de 410 rédies lorsque le mode était atypique. Dans tous les cas, le nombre total de ces larves est plus élevé chez les mollusques de Migné que chez ceux de Berneuil. Dans les deux populations, ce sont les rédies issues d'un développement typique qui prédominent. Le groupe R2a domine largement sur le groupe R1b dans les deux séries si le mode est typique. Par contre, chez les limnées avec un développement rédien atypique, la dominance appartient au groupe R1b.

Lorsque le mode de développement est typique, la longueur moyenne des rédies R1a au 49<sup>e</sup> jour se distribue entre 1,3 et 1,7 mm alors que celle du groupe R1b se situe entre 1 et 1,2 mm. Dans les lots R2a et R2b/R3a, la gamme des longueurs ne dépasse pas 1 mm. La durée de l'infestation et le groupe rédien ont un effet significatif sur la longueur des rédies. Si le mode de développement est atypique, la longueur moyenne des rédies R1b se distribue entre 1,6 et 2,6 mm dans sept séries (sur huit). Les valeurs sont, de même, inférieures à 1 mm chez les rédies R2a et R2b/R3a. Le groupe R1b a un effet significatif sur la longueur du corps et se démarque des autres lots par une croissance plus rapide pour la même durée d'infestation.

Les résultats sur la largeur de la lumière pharyngienne se superposent à ceux concernant la longueur du corps rédien. Il existe, d'ailleurs, des corrélations étroites entre les deux paramètres précités pour les groupes R1a, R1b et R2a, quel que soit le mode de développement.

### C. LA PRODUCTIVITÉ DES RÉDIES.

Le nombre total de morulas intra-rédiennes ne présente pas de variation significative par rapport à la durée de l'infestation. En revanche, les autres catégories de masses présentent une diminution (rédiés filles) ou un accroissement numérique (embryons, procercaires, cercaires) dans le temps. La durée de l'infestation, le mode de développement, l'origine du parasite et la nature de la masse germinative exercent une influence sur le nombre total des masses intra-rédiennes. L'influence de l'origine du parasite peut s'expliquer par un effet bovins car ceux-ci semblent constituer un groupe de parasites nettement détachés des autres origines étudiées. L'étude du nombre de masses germinatives pour chaque groupe rédien aboutit aux mêmes conclusions que celles rapportées pour le paramètre précédent.

La productivité a été calculée en considérant le nombre de morulas qui se sont différenciées en procercaires ou en cercaires jusqu'au 49<sup>e</sup> jour d'expérience. L'étude de ce paramètre montre des différences selon le mode de développement rédien :

- Si la rédie R1a reste en vie au cours de l'infestation, c'est le groupe R2a qui contient le plus grande nombre de morulas (22 ou 23 par rédie) alors que l'effectif moyen de ces masses ne dépasse pas la quinzaine dans chaque larve des deux autres groupes. Ce fait se retrouve au niveau de la productivité, avec 64 à 66 % des cercaires formées par les rédiés R2a. Il existe cependant une différence numérique nette entre les séries car 419 morulas en moyenne sont capables de se différencier en cercaires dans chaque limnée des deux séries bovins (au lieu de 177 dans chaque mollusque des six autres séries).

- Si la rédie R1a meurt précocement (mode atypique), c'est le groupe R1b qui contient le nombre de morulas le plus élevé (26 ou 27 par rédie) alors que chaque larve des deux autres groupes n'en a qu'une quinzaine. Ce fait se retrouve aussi au niveau de la productivité cercarienne mais les résultats diffèrent nettement selon l'origine du parasite. Dans chaque mollusque des séries bovins, 231 morulas se différencient en cercaires au 49<sup>e</sup> jour, avec 69 % d'entre elles produites par les rédiés R1b. Dans les autres séries, le nombre de morulas se différenciant en cercaires n'est que de 110 par mollusque et 72 % d'entre elles proviennent du groupe R1b.

## II. - DISCUSSION.

### A. REMARQUE PRÉLIMINAIRE.

La revue de la littérature consacrée aux relations entre *L. truncatula* et *F. hepatica* montre clairement que la plupart des infestations expérimentales ont été réalisées en utilisant une seule population de limnées et un isolat de miracidiums. Quelques études ont été conduites en employant plusieurs colonies de *L. truncatula* et une seule souche de *F. hepatica*. Citons, par exemple, le travail de RONDELAUD et BARTHE (1982) qui se sert des limnées de six populations pour les parasiter avec le même isolat de miracidiums.

Plus rares sont les travaux sur l'infestation d'une population de *L. truncatula* par plusieurs souches de parasites :

- La première référence (RONDELAUD et BARTHE, 1982) fait état d'une infestation pratiquée sur une colonie de limnées et trois isolats de miracidiums différant entre eux par l'origine géographique des bovins chez lesquels les oeufs de *F. hepatica* ont été récoltés mais les résultats ne montrent guère de variations dans la prévalence de l'infestation et le développement de la charge rédienne.

- Une autre publication plus intéressante (RONDELAUD et DREYFUSS, 1995) explore les effets que peuvent produire des miracidiums issus de trois hôtes définitifs différant par leur nature (bovins, lapins, ovins) sur les caractéristiques du développement larvaire chez la même population de *L. truncatula*. Les résultats obtenus démontrent que l'origine de l'hôte définitif a un impact *a posteriori* sur le développement larvaire du Digène chez le mollusque. C'est d'ailleurs à partir des données présentées dans cette référence que l'expérimentation rapportée dans notre mémoire a été entreprise.

Ces quelques rappels bibliographiques soulignent que la comparaison des résultats avec ceux rapportés dans la littérature sera limitée sur le plan de l'impact produit par l'origine de l'hôte définitif. Par contre, la plupart des autres confrontations sera réalisée avec les études d'AUGOT (1998), d'AUGOT *et al.* (1998, 1999) que cet auteur a effectuées en exposant les mollusques d'une seule population (vivant sur sol acide) à des miracidiums nés à partir d'oeufs de *F. hepatica* prélevés chez des bovins.

## B. PRÉVALENCE DE L'INFESTATION FASCIOLIENNE.

Nous exposons, sur le tableau ci-dessous, les résultats de RONDELAUD et DREYFUSS (1995), ceux d'AUGOT (1998) et nos propres données afin d'en dégager des remarques générales :

Origine de l'hôte définitif	Prévalence de l'infestation fasciolienne		
	RONDELAUD et DREYFUSS (1995) <sup>a</sup>	AUGOT (1998) <sup>b</sup>	Nos propres données <sup>c</sup>
Bovins	49,4 %	87,7 %	<sup>1</sup> 69,2 et <sup>2</sup> 77,7 %
Lapins	19,4 %	Non réalisé	<sup>1</sup> 47,0 et <sup>2</sup> 37,5 %
Ovins	30,7 %	Non indiqué	<sup>1</sup> 62,0 et <sup>2</sup> 75,0 %
Ragondins	Non réalisé	Non réalisé	<sup>1</sup> 81,8 et <sup>2</sup> 52,7 %

a. Une seule colonie de *Lymnaea truncatula*, vivant sur sol acide.

b. Deux colonies de limnées vivant sur sol acide, à raison d'une population par isolat de miracidiums.

c. Deux colonies de Limnées tronquées, l'une vivant sur silice<sup>1</sup>, l'autre provenant de terrains calcaires<sup>2</sup>.

Afin d'uniformiser les prévalences de l'infestation fasciolienne en fonction des auteurs, ces dernières ont été calculées en effectuant un rapport entre le nombre de mollusques hébergeant des formes larvaires de *F. hepatica* et l'effectif des survivants au 30<sup>e</sup> jour (RONDELAUD et DREYFUSS, 1995) ou le nombre total de mollusques sacrifiés (les autres auteurs). Malgré cette limite, l'examen du tableau permet de dégager les deux remarques suivantes :

- Si l'on considère les résultats obtenus avec les miracidiums issus de bovins, de lapins ou d'ovins, on constate la même évolution dans les prévalences. Les plus élevées sont celles des groupes bovins et les plus faibles concernent les séries lapins.

- Nos propres données montrent clairement que le même isolat de miracidiums (bovins par exemple) génère des prévalences différentes selon la population de *L. truncatula*.

De cette comparaison, il en ressort que chaque population de limnées et chaque isolat de miracidiums forment un "complexe hôte-parasite" qui évolue pour son propre compte si

bien qu'il est difficile de prévoir les résultats lorsque l'on s'adresse à une autre population de *L. truncatula* ou à une autre souche de *F. hepatica*. Les analyses, qui ont été réalisées par différents auteurs sur le système *L. truncatula*-*F. hepatica* pour comparer les caractéristiques de l'infestation chez le mollusque, ne peuvent donc, à notre avis, être utilisées intrinsèquement car les résultats dépendent fortement du complexe hôte-parasite que nous avons évoqué ci-dessus.

### C. CHARGE RÉDIENNE GLOBALE.

Comme pour la prévalence, nous avons regroupé sur un tableau nos propres données et celles de plusieurs auteurs afin d'effectuer la comparaison :

Origine de l'hôte définitif	Nombre total de rédies indépendantes par mollusque sans tenir compte du groupe rédien		
	RONDELAUD et DREYFUSS, 1995 <sup>a</sup>	AUGOT, 1998 <sup>b</sup>	Nos propres données <sup>b</sup>
Bovins	29,8	7 et 11,4	<sup>1</sup> 12,5 et <sup>2</sup> 14,6 %
Lapins	3,7	Non réalisé	<sup>1</sup> 6,6 et <sup>2</sup> 10,6 %
Ovins	22,7	Non réalisé	<sup>1</sup> 5,5 et <sup>2</sup> 8,0 %
Ragondins	Non réalisé	Non réalisé	<sup>1</sup> 6,8 et <sup>2</sup> 8,5 %

<sup>a</sup>. Etudes réalisées sur coupes histologiques au 30<sup>e</sup> jour post-infestation.

<sup>b</sup>. Les limnées ont été disséquées au 28<sup>e</sup> jour.

Même s'il existe une différence de deux jours entre les dates de comptage pour les rédies selon les auteurs, la lecture de ces données permet de formuler les commentaires suivants :

- L'effectif des rédies indépendantes est toujours plus élevé chez les mollusques exposés à des miracidiums d'origine bovins, quelle que soit la population de *L. truncatula*.

- Dans les séries bovins considérées isolément, il existe une certaine variabilité dans les résultats, avec des moyennes qui vont de 7 rédies indépendantes à plus de 29 larves par mollusque (au 28<sup>e</sup> ou au 30<sup>e</sup> jour). Le même fait se retrouve dans chacune des deux autres séries (lapins, ou ovins).

- Le nombre des rédies indépendantes dans les séries ragondins est assez faible mais les deux moyennes se situent dans la gamme des valeurs que nous avons obtenues avec les séries lapins et ovins.

Cette analyse succincte montre que le développement de la charge rédienne dépend encore du "complexe hôte-parasite" qui se développe de manière isolée. Néanmoins, il existe un effet bovins aussi bien pour RONDELAUD et DREYFUSS (1995) que dans nos propres résultats. L'examen de la littérature montre que cet effet bovins sur la charge rédienne se retrouve pour d'autres auteurs, avec la même variabilité comme on peut le constater sur le tableau suivant :

Références	Nombre de rédies indépendantes par limnée
RONDELAUD, 1978 RONDELAUD et BARTHE, 1982a	de 22 à 29 de 12 à 12,8

Il est curieux de constater qu'il existe un effet bovins pour la charge rédienne et ce fait mérite des commentaires. Comme le nombre des rédies chez le mollusque est plus élevé lorsque les oeufs proviennent de bovins et que ce résultat se retrouve dans les quelques études que nous avons citées, il est légitime de s'interroger sur l'influence de cet hôte définitif sur le développement larvaire à venir. L'hypothèse, qui nous paraît la plus probable, serait qu'il existe une adaptation complète entre le parasite, les bovins de la région et les limnées hôtes, ce qui facilite le développement du Digène chez ses deux hôtes. Par contre, les relations entre le parasite, les limnées et les autres Mammifères parasités (ovins, ...) seraient encore incomplètes, ce qui se traduit par des performances moindres.

Par contre, la variabilité, que l'on peut constater dans la charge rédienne des séries bovins sur les deux tableaux ci-dessus, peut s'expliquer facilement par la méthode utilisée pour le comptage des rédies. Lorsqu'il s'agit de coupes sériées de mollusques (technique histologique), le dénombrement permet de voir des jeunes rédies qui sont localisées dans le complexe réno-péricardique (par exemple) alors qu'il est difficile de les retrouver lorsque l'on procède à une simple dissection de la limnée.

#### D. CROISSANCE PROPRE DES RÉDIES.

Les moyennes, que nous avons rapportées dans le chapitre quatrième pour les huit séries expérimentales, concordent avec celles que fournissent AUGOT (1998), AUGOT *et al.* (1998, 1999) dans leurs écrits. La largeur de la lumière pharyngienne et son évolution dans le temps dépendent étroitement du groupe rédien à tel point que ce critère est utilisé couramment pour identifier les groupes rédiens entre eux. La longueur s'accroît avec la durée d'infestation pour atteindre un maximum qui dépend de la charge rédienne, du mode de développement et du groupe d'appartenance.

L'origine du parasite (bovins, ovins, ...) n'a pas d'effet significatif sur la croissance propre des rédies indépendantes. Cette dernière est donc indépendante de ce paramètre si bien que l'on a une dualité :

- L'origine de l'hôte définitif intervient sur le développement quantitatif des rédies en limitant éventuellement leur nombre.

- Mais elle n'a pas d'impact sur la croissance des rédies qui se développent de façon autonome. Le seul facteur limitant, d'après BORAY (1968), est la quantité d'aliments que la limnée peut offrir aux rédies.

#### E. PRODUCTIVITÉ RÉDIENNE.

Nous avons regroupé, sur le tableau XXXIII, les chiffres que plusieurs auteurs ont fournis sur la productivité cercarienne de chaque groupe rédien en tenant compte du mode de développement. Nous pouvons en dégager les points suivants :

- Pour chaque groupe rédien considéré isolément et chaque mode de développement, les pourcentages s'inscrivent dans le même ordre de grandeur. A titre d'exemple, les rédies R2a typiques formeront 62,8 à 66,3 % des cercaires, quelle que soit l'origine des miracidiums utilisés pour l'infestation (bovins, ovins, ...).

- Chez les limnées à développement typique, ce sont les rédies R2a qui en forment le plus alors que dans le mode atypique, ce sont les R1b.

Il y a donc concordance entre les chiffres rapportés par AUGOT (1998), ABROUS *et al.* (2000) et nos propres données. Dans le cadre de ce travail, l'origine de l'hôte définitif ne semble pas avoir une influence sur le pourcentage des cercaires formées par chaque groupe rédien.

Toutefois, il existe des variations numériques sur le nombre total de cercaires formées à l'intérieur d'un mollusque. Le tableau ci-dessous indique les chiffres que les auteurs ont fournis :

Références	Nombre total de cercaires/mollusque	
	Développement typique	Mode atypique
AUGOT (1998)	343	231
ABROUS <i>et al.</i> (2000)	426	Non réalisé
Nos données :		
- Bovins	418	230
- Autres origines	176	109

La lecture de ce tableau montre que les chiffres relevés chez les mollusques infestés par des miracidiums issus de bovins présentent une certaine constance pour chaque mode de développement. Ils sont, en plus, nettement supérieurs, aux valeurs obtenues pour les autres origines.

#### F. CAS DES RAGONDINS.

*Myocastor coypus* n'est pas un Mammifère que l'on cite habituellement comme un hôte définitif de *F. hepatica*. La première référence sur l'infestation naturelle de ce Rongeur est celle de HOLMES (1962). Ce fait a été confirmé à maintes reprises lors du piégeage de ces animaux. Dans le cas de la Haute-Vienne, une étude systématique conduite sur deux communes a permis d'obtenir 208 ragondins et d'en trouver 13 % parasités par *F. hepatica* (*Centre France Dimanche*, 2000).



L'infestation des mollusques avec les miracidiums issus de ce Mammifère (origine : Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes) a abouti aux résultats qui sont rapportés sur le tableau ci-dessous pour la population de *L. truncatula* provenant de Berneuil (terrains siliceux) :

Paramètres	Origine du parasite	
	Bovins	Ragondins
Prévalence de l'infestation expérimentale	69,2 %	81,8 %
Charge rédienne au 49 <sup>e</sup> jour	24,5	14,8
Durée de la période patente (jours) <sup>a</sup>	16,3	28,8
Nombre de cercaires émises <sup>a</sup>	52,7	143,3
Nombre maximum de vagues au cours desquelles des cercaires sont libérées <sup>a</sup>	9	17

<sup>a</sup>. Données fournies par JUILLARD-CONDAT (2001).

De ce tableau, on peut noter que les limnées infestées sont plus nombreuses et que la production cercarienne est plus importante dans le cas d'une infestation par des miracidiums issus d'oeufs récoltés chez des ragondins alors que la charge rédienne au 49<sup>e</sup> jour est plus faible que celle des bovins. Dans le cas des ragondins, la libération des parasites à partir du mollusque dure plus longtemps et se fait en de nombreuses vagues alors que celle des mollusques de la série bovins dure moins longtemps. Il est important de noter que de nombreuses limnées dans ce dernier groupe meurent au terme de la première vague d'émission (données non présentées sur le tableau).

La synthèse de ces données indique que le développement larvaire de *F. hepatica* est moins agressif pour les limnées lorsque les miracidiums proviennent de ragondins. La production cercarienne est cependant plus importante et soutenue dans le temps. Dans le cas des séries bovins, le développement semble être plus brutal, avec une mortalité importante des limnées dans les premiers jours d'émission cercarienne et le rendement parasitaire est

inférieur. Ceci remet en question les connaissances que l'on possédait jusqu'ici sur l'adaptation d'un parasite à son hôte intermédiaire. A notre avis, on peut formuler les deux hypothèses suivantes qui sont peut-être complémentaires :

- 1) L'adaptation entre *F. hepatica* et ses deux hôtes (définitif, intermédiaire) serait de meilleure qualité lorsqu'il s'agit de ragondins. Si cette supposition est valide, l'adaptation *F. hepatica*/bovins/limnées, que beaucoup d'auteurs considèrent encore aujourd'hui comme la plus réussie, serait à remettre en question.

- 2) Etant donné la qualité de l'adaptation entre *F. hepatica* et les limnées lorsqu'il s'agit de ragondins, on peut s'interroger sur l'ancienneté de cette parasitose chez ces rongeurs. D'après DUQUET (1993), ce Mammifère est originaire d'Amérique du Sud et fut introduit en Europe à la fin du siècle dernier où il s'est répandu dans le milieu naturel à la suite de nombreux lâchers réalisés dans les années 1930. Comme de nombreux pays d'Amérique du Sud sont connues pour la prévalence élevée de la fasciolose chez le bétail (comme en Bolivie par exemple: MAS-COMA *et al.*, 1999), il est fort probable que les ragondins locaux soient parasités par *F. hepatica*. Dans ces conditions, on peut se demander si la fasciolose du ragondin ne serait pas aussi ancienne, sinon plus que celle des bovins.

La vérification de ces hypothèses ne peut se faire que par des infestations expérimentales d'hôtes définitifs (bovins, ragondins) pour comparer les paramètres de l'infestation fasciolienne chez ces Mammifères.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Des études expérimentales ont été réalisées sur deux populations de *L. truncatula* et quatre isolats de miracidiums (issus d'oeufs récoltés chez des bovins, des lapins, des ovins ou des ragondins) afin de déterminer l'influence de ces deux paramètres sur la croissance des rédies indépendantes de *F. hepatica* et leur productivité cercarienne. Les mesures ont porté sur un total de 2986 rédies provenant de 233 limnées parasitées.

Les résultats peuvent être regroupés dans les trois rubriques suivantes :

### **1. Caractéristiques de l'infestation expérimentale.**

La survie des limnées parasitées ne dépasse pas 40 % au 49<sup>e</sup> jour alors que la prévalence de l'infestation se distribue entre 37 et 82 % selon la série. Les groupes lapins ont une prévalence significativement plus faible que celle des autres lots. La croissance des mollusques parasités dépend de l'origine de leur population (Migné > Berneuil) et de la durée d'infestation (la taille augmente en fonction du temps).

Le nombre total des rédies indépendantes et en vie est significativement plus élevé dans les groupes bovins que dans les autres séries. Cet effectif s'accroît significativement avec la durée d'infestation.

## **2. La croissance des rédies de *Fasciola hepatica*.**

Dans les deux populations, ce sont les rédies issues d'un développement typique qui prédominent. Le groupe R2a domine largement sur le groupe R1b dans les deux séries si le mode est typique. Par contre, chez les limnées avec un développement rédien atypique, la dominance appartient au groupe R1b.

La longueur moyenne des rédies et la largeur de leur lumière pahryngienne présentent des corrélations étroites, tout au moins dans les groupes R1a, R1b et R2a. Si le développement est typique, la durée de l'infestation et le groupe d'appartenance ont un effet significatif sur la longueur des rédies. Si le mode est atypique, le groupe R1b a un effet significatif sur les valeurs des deux paramètres en raison d'une croissance plus rapide de ces larves pour la même durée d'infestation.

## **3. La productivité des rédies.**

Le nombre total de morulas dans une limnée ne présente pas de variation significative par rapport à la durée de l'infestation alors que les autres types de masses présentent une diminution (rédies filles) ou un accroissement numérique dans le temps. La durée de l'infestation, le mode de développement rédien, l'origine du parasite (bovins) et la nature de la masse germinative ont une influence sur le nombre total de ces masses.

La productivité a été calculée en considérant le nombre de morulas qui se différencient en procercaires et en cercaires jusqu'au 49<sup>e</sup> jour. Si le mode de développement est typique, c'est le groupe R2a qui contient le plus grand nombre de morulas (22 ou 23 par rédie) et produit 64 à 66 % des cercaires (sur un total de 419 par limnée dans les séries bovins et de 177 par mollusque dans les autres séries). Si le mode est atypique, c'est le groupe R1b qui contient 26 ou 27 morulas par rédie et produit 69 % des cercaires dans les séries bovins (sur un total de 231 au 49<sup>e</sup> jour). Dans les autres séries, le nombre de cercaires formées ne dépasse pas 110 au 49<sup>e</sup> jour et 72 % d'entre elles sont produites par le groupe R1b.

Ces premières études révèlent que l'infestation de mollusques par des parasites différant par l'origine de l'hôte définitif aboutit à des variations importantes dans la prévalence des limnées infestées, la charge rédienne et la productivité cercarienne. Par contre, la croissance propre des rédies semble indépendante de ce facteur.

Il nous paraît important de poursuivre ces premières analyses en nous intéressant de plus près à l'homme car les oeufs de *F. hepatica*, qu'il rejette s'il est parasité, ne se développeraient pas dans le milieu extérieur (revue d'EUZEBY, 1971) mais cela n'a jamais été vérifié. Une étude sur ce point nous paraît s'imposer car cette distomatose est encore capable de proliférations épidémiques, même si le nombre des cas humains dans la région Limousin a fortement diminué au cours des dernières années (RONDELAUD *et al.*, 2000). On peut même se demander si l'homme n'est pas capable de contaminer ses semblables via les mollusques dans les pays exposés au péril fécal.

Une autre voie d'investigation est celle des réservoirs naturels du parasite. Le bétail a longtemps été incriminé mais d'autres Mammifères sauvages comme les Lagomorphes (lapin, ...) ou les ragondins peuvent entretenir le cycle. La pullulation de ce rongeur dans la Haute-Vienne depuis une dizaine d'années peut constituer un danger pour les cressonnières naturelles comme certains médias en font écho. Il semble important de poursuivre les investigations sur cette espèce pour connaître l'évolution de la maladie chez cet hôte définitif, la prévalence locale de cette infestation, et ses relations avec les souches de *F. hepatica* provenant d'autres types d'hôtes définitifs par l'intermédiaire des limnées.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABROUS, M., 1999.- Les mollusques hôtes et les formes larvaires de *Paramphistomum daubneyi* Dinnik, 1962 (Trematoda) dans le centre de la France. influence d'une co-infestation avec *Fasciola hepatica* Linné, 1758. Thèse Doct. Univ. Limoges, Sci. Pharm., n° 302B, 270 p.
- ABROUS, M., COMES, A.M., GASNIER, N., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., CHAUVIN, A., MÉNARD, A., AGOULON, A., CABARET, J., 1998.- Morphological variability in *Fasciola hepatica* eggs in ruminants, rodents and lagomorphs. *J. Helminthol.*, **72**, 313-317.
- ABROUS, M., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., 2000a.- Cercarial productivity of redial generations in single-miracidium infections of *Lymnaea truncatula* with *Paramphistomum daubneyi* or *Fasciola hepatica*. *J. Helminthol.*, **24**, 1-5.
- ABROUS, M., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., 2000b.- The stress of *Lymnaea truncatula* just before miracidial exposure with *Fasciola hepatica* increased the prevalence of infection. *Exp. Parasitol.*, sous presse.
- ANDREWS, S.J., 1999.- The life cycle of *Fasciola hepatica*. In : Fasciolosis, by DALTON, J.P., ed. CABI Publishing, Oxon, U.K., 1-29.
- AUDOUSSET, J.C., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., VAREILLE-MOREL, C., 1989.- Les émissions cercariennes de *Fasciola hepatica* L. chez le Mollusque *Lymnaea truncatula* Müller. A propos de quelques observations chronobiologiques. *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, **7**, 217-224.

- AUGOT, D., 1994.- Caractérisation des générations rédiennes chez *Fasciola hepatica* Linné 1758 (Trematoda : Fasciolidae). Intérêt pratique et épidémiologique. Mémoire D.E.S.U., Limoges, Parasitol., 67 p.
- AUGOT, D., 1995.- Les générations rédiennes de *Fasciola hepatica* Linné. Leur croissance et leur différenciation *in vitro*. Mémoire D.E.A. Interactions Hôte-Parasites, Créteil, 33 p.
- AUGOT, D., 1998.- Etudes sur la morphométrie, la chétotaxie et la productivité parasitaire chez les rédies de *Fasciola hepatica* Linné, 1758 (Trematoda : Fasciolidae) en fonction de leur génération. Comparaison avec *F. gigantica* Cobbold, 1858. Thèse Doct. Univ. Limoges, Sci. Nat., n° 18, 183 p.
- AUGOT, D., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., CABARET, J., 1997.- *Fasciola hepatica* : *in vitro* production of daughter rediae and cercariae from first- and second-generation rediae. *Parasitol. Res.*, **83**, 383-385.
- AUGOT, D., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., CABARET, J., BAYSSADE-DUFOUR, C., ALBARET, J.L., 1998.- Characterization of *Fasciola hepatica* redial generations (Trematoda : Fasciolidae) by morphometry and chaetotaxy under experimental conditions. *J. Helminthol.*, **72**, 193-198.
- AUGOT, D., ABROUS, M., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., CABARET, J., 1999.- *Fasciola hepatica* : an unusual development of redial generations in an isolate of *Lymnaea truncatula*. *J. Helminthol.*, **73**, 27-30.
- BARRET, F., 1996.- Les émissions cercariennes de *Fasciola hepatica* Linné chez le mollusque *Lymnaea truncatula* Müller. A propos de l'influence de deux facteurs. Thèse Doct. Pharmacie, Limoges, n° 311, 94 p.
- BAYSSADE-DUFOUR, C., ALBARET, J.L., SAMNALIEV, P., CASSONE, J., DIMITROV, V., 1980.- Les structures argyrophiles tégumentaires des stades larvaires (miracidium, rédie, cercaire) de *Fasciola hepatica*. Comparaison avec *F. gigantica*. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **5**, 553-564.
- BORAY, J.C., 1969.- Experimental fascioliasis in Australia. *Adv. Parasitol.*, **7**, 95-210.
- BORAY, J.C., 1978.- The potential impact of exotic *Lymnaea* spp. on fascioliasis in Australasia. *Vet. Parasitol.*, **4**, 127-141.
- BORAY, J.C., 1982.- Fascioliasis. In : CRC Handbook Series in Zoonoses, by MILLER, J.G. et HOPLA, C.E. ed. C.R.C. Press, Inc., Boca Raton, Florida, 71-88.
- BROWN, D.S., 1994.- Freshwater snails of Africa and their medical importance. Taylor and Francis Ltd., London, 606 p.

- CAILLAULT, I., 1993.- La distomatose à *Fasciola hepatica* dans le département du Cantal. Enquête rétrospective de 1981 à 1991. Étude d'un cas à localisation sous-cutanée. Thèse Doct. Pharmacie, Clermont-Ferrand, 169 p.
- CAVIER, R., 1970.- Parasitologie. Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, Paris, 284 p.
- Centre France Dimanche, 2000.- Le ragondin dévoile ses secrets. Parution du 16 janvier 2000, p. 3.
- CZAPSKI, Z., 1977.- Biologiczne aspekty epidemiologii fasciolozy. *Monografie, Podreczniki, Skrypty A.W.F. w Poznaniu*, **95**, 1-143.
- DENIS, C., RONDELAUD, D., DARDÉ, M.L., 1996.- Douve du foie. Un réservoir animal de parasites très important. *La Revue du Praticien*, **10**, n° 332, 31-37.
- DUQUET, M. (réd.), 1993.- La Faune de France. Inventaire des Vertébrés et principaux Invertébrés. Eclactis, M.N.H.N., Paris, 464 p.
- ESCLAIRE, F., AUDOUSSET, J.C., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., 1989.- Les métacercaires "flottantes" de *Fasciola hepatica* L. A propos de quelques observations sur leur structure et leurs variations numériques au cours d'une infestation expérimentale chez *Lymnaea truncatula* Müller. *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, **7**, 225-228.
- EUZEBY, J., 1971. Les maladies vermineuses des animaux domestiques et leurs incidences sur la pathologie humaine. Tome II : Maladies dues aux Plathelminthes. Fasc. 2 : Trématodes. Livre 1 : Généralités. Distomatoses hépato-biliaires. Vigot frères éd., Paris, 798 p.
- FALKNER, G., RIPKEN, K., FALKNER, M., 2000.- Liste de référence et bibliographie des Mollusques continentaux de France. Service du Patrimoine naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle, coll. Patrimoines naturels (sous presse).
- FRUT, E., 1981.- Contribution à l'étude épidémiologique de la distomatose humaine à *Fasciola hepatica* L. dans le département de la Haute-Vienne. A propos de 121 cas. Thèse Doct. Médecine, Limoges, n° 108, 73 p.
- GAILLET, P., 1983.- Contribution à l'étude épidémiologique de la distomatose humaine à *Fasciola hepatica* en France métropolitaine depuis 1956. A propos de quelques 10.000 cas. Thèse Doct. Médecine, Paris-Créteil, n° 32, 151 p.
- GLÖER, P., MEIER-BROOK, M., 1994.- Süßwassermollusken. Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg, 136 p.
- GOLVAN, Y.J., 1990.- Éléments de parasitologie médicale. Flammarion éd., Paris, 579 p.



- GOUMGHAR, M.D., DREYFUSS, G., RONDELAUD, D., BENLEMLIH, M., CABARET, J., 2000.- *Fasciola hepatica* : the stimulation of redial and cercarial production in two susceptible populations of *Lymnaea truncatula* infected with an allopatric isolate of miracidia. *J. Helminthol.*, proposé.
- GRABDA-KAZUBSKA, B., NIEWIADOMSKA, K., KANEV, I., BAYSSADE-DUFOUR, C., 1991.- Système nerveux des Trématodes. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **66**, Suppl. 1, 24-31.
- GRACZYK, T.K., FRIED, B., 1999.- Development of *Fasciola hepatica* in the intermediate host. *In* : Fasciolosis, by DALTON, J.P., ed. CABI Publishing, Oxon, U.K., 31-46.
- HOLMES, R.G., 1962.- Fasciolosis in coypus (*Myocastor coypus*). *Vet. Rec.*, **74**, 1552.
- JACQUEMIN, P., JACQUEMIN, J.L., 1974.- Abrégé de parasitologie clinique. Masson, Paris, 273 p.
- JOLIVET, G., 1973.- Importance de la fasciolose du bétail en France. *Haliotis*, **3**, 39-42.
- JUILLARD-CONDAT, B., 2001.- Influence a posteriori de l'hôte définitif sur les émissions cercariennes de *Fasciola hepatica* Linné à partir du mollusque *Lymnaea truncatula* Müller. Thèse Doct. Pharmacie, Limoges, 108 p.
- KENDALL, S.B., 1949.- Nutritional factors affecting the rate of development of *Fasciola hepatica* in *Limnaea truncatula*. *J. Helminthol.*, **23**, 179-190.
- KENDALL, S.B., 1964.- Some factors influencing the development and behaviour of trematodes in their molluscan hosts. *In* : "Host-parasite relationships in invertebrate hosts", by TAYLOR, A.E.R. ed. Blackwell, Oxford, 51-73.
- KENDALL, S.B., 1965.- Relationships between the species of *Fasciola* and their molluscan hosts. *Adv. Parasitol.*, **3**, 59-98.
- KENDALL, S.B., McCULLOUGH, F.S., 1951.- The emergence of cercariae of *Fasciola hepatica* from the snail *Limnaea truncatula*. *J. Helminthol.*, **25**, 77-92.
- LAMBERT, M.C., 1990.- Contribution à la biologie et à l'écophysiologie d'un Lymnaeidae armoricain : *Lymnaea peregra* (Müller) (Mollusque, Gastéropode, Pulmoné, Basommatophore). Thèse Doct. Univ. Rennes I, Sci. Nat., n° 538, 317 p.
- LEUCKART, R., 1886-1901.- Die Parasiten des Menschen and die von ihnen herrührenden Krankheiten. Leipzig, 328 p.
- MAGE, C., 1988.- Contribution à l'étude de la fasciolose à *Fasciola hepatica* L. chez les bovins allaitants dans le Limousin et la Cerdagne (France). Conséquences zootechniques et essais thérapeutiques. Thèse Doct. Univ. Limoges, Sci. Nat., n° 3, 142 p.

- MALEK, E.A., 1980.- Snail-transmitted parasitic diseases. Vol. 2. Boca Raton, Floride, CRC Press.
- MAS-COMA, S., BARGUES, M.D., ESTEBAN, J.G., 1999.- Human Fasciolosis. *In* : Fasciolosis, by DALTON, J.P., ed. CABI Publishing, Oxon, U.K., 411-434.
- MASSIAS, E. de, RONDELAUD, D., MAGE, C., GEVREY, J., 1996.- *Lymnaea truncatula* Müller dans les zones de haute altitude. Existence d'une seule génération annuelle. *Bull. Soc. Fr. Parasitol.*, **14**, 54-61.
- MICHELET, S., 1997.- Les générations rédiennes d'un Trématode, *Fasciola hepatica* Linné chez le mollusque hôte. Revue bibliographique et études expérimentales. Thèse Doct. Pharmacie, Limoges, n° 302, 97 p.
- MOREL-VAREILLE, C., 1973.- Contribution à l'étude du cycle biologique de *Lymnaea truncatula* dans le nord-ouest du Limousin. *Rev. Méd. Vét.*, **124**, 1447-1457.
- NOZAIS, J.P., DATRY, A., DANIS, M., 1996.- Traité de parasitologie médicale. Editions Pradel, Paris, 817 p.
- OLLERENSHAW, C.B., 1971.- Some observations on the epidemiology of fascioliasis in relation to the timing of molluscicide applications in the control of the disease. *Vet. Rec.*, **88**, 152-164.
- OLLERENSHAW, C.B., GRAHAM, E.C., 1986.- Differentiation of the rediae of *Fasciola hepatica* and *Fasciola gigantica*. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **80**, 573-574.
- PRÉVERAUD-SINDOU, M., RONDELAUD, D., 1995.- Localization and outcome of *Fasciola hepatica* sporocysts in *Lymnaea truncatula* subjected to mono- or plurimiracidial exposures. *Parasitol. Res.*, **81**, 265-267.
- RIPERT, C., 1996.- Épidémiologie des maladies parasitaires. Protozooses et helminthoses. Réservoirs, vecteurs et transmission. Tome 2 : Helminthoses. Éditions Médicales Internationales, Cachan, 561 p.
- Laboratoires ROLAND MARIE, 1974.- Document à diffusion commerciale.
- RONDELAUD, D., 1974.- L'évolution des rédies de *Fasciola hepatica* L. chez *Galba truncatula* Müller en Limousin. *Rev. Méd. Vét.*, **125**, 237-250.
- RONDELAUD, D., 1978.- Contribution à l'étude écologique et éthologique de *Lymnaea (Galba) truncatula* Müller, vecteur de *Fasciola hepatica* L. Recherche de moyens de lutte biologique en Limousin. Thèse Doct. ès-Sci. Nat., Limoges, n° 4, 302 p.
- RONDELAUD, D., 1993.- Variabilité interpopulationnelle de l'infestation fasciolienne chez le mollusque *Lymnaea truncatula* Müller. Influence du contact préalable de la population avec le parasite. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **118**, 185-193.

- RONDELAUD, D., BARTHE, D., 1978.- Étude histologique du développement de *Fasciola hepatica* chez *Lymnaea truncatula*, *L. glabra* et *L. palustris* infestées dès leur naissance. *C. R. Soc. Biol.*, **172**, 1194-1200.
- RONDELAUD, D., BARTHE, D., 1982.- Les générations rédiennes de *Fasciola hepatica* L. chez *Lymnaea truncatula* Müller. Pluralité des schémas de développement. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, **57**, 639-642.
- RONDELAUD, D., BARTHE, D., 1987.- *Fasciola hepatica* L. : étude de la productivité d'un sporocyste en fonction de la taille de *Lymnaea truncatula*. *Parasitol. Res.*, **74**, 155-160.
- RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., 1995.- *Fasciola hepatica* : the influence of the definitive host on the characteristics of infection in the snail *Lymnaea truncatula*. *Parasite*, **2**, 275-280.
- RONDELAUD, D., MAGE, C., 1990.- La fasciolose humaine et les cressonnières. *Point Vét.*, **21**, 899-903.
- SADAILLAN, P., MARAL, R., PERRIN, A., 1949.- Épidémie familiale de distomatose à *Fasciola hepatica*. *Bull. Mém. Soc. Méd. Hôp. Paris*, **65**, 327-333.
- SAINT-GUILLAIN, M., 1968.- Étude histologique des premiers stades évolutifs de *Fasciola hepatica* L. *Acta Zool. Pathol. Antverp.*, **46**, 77-132.
- SOULSBY, E.J.L., 1982.- Helminths, Arthropods and Protozoa of domesticated animals. Baillière Tindall, London, 809 p.
- STYCZYNSKA-JUREWICZ, E., 1965.- Adaptation of eggs and larvae of *Fasciola hepatica* to the conditions of astatic habitats of *Galba truncatula*. *Acta Parasitol. Pol.*, **13**, 151-170.
- SZMIDT-ADJIDÉ, V., 1996.- Les distomatoses à *Paramphistomum daubneyi* Dinnik, 1962 et à *Fasciola hepatica* Linné, 1758 dans la région du Limousin (France). Infestation des bovins et des mollusques hôtes intermédiaires. Thèse Doct. Univ. Limoges, Sci. Pharm. n° 302B, 141 p.
- SZMIDT-ADJIDÉ, V., ADJIDÉ, C.C., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., MAGE, C., 1996.- L'état des connaissances sur *Fasciola hepatica* Linné, 1758 et *Paramphistomum daubneyi* Dinnik, 1962. *Bull. Group. Tech. Vét.*, n° 529, 45-54.
- SZYMKOWIAK, D., 1999.- Étude épidémiologique de 69 cas de distomatose humaine à *Fasciola hepatica* survenus dans le département de la Haute-Vienne entre 1981 et 1998. Thèse Doct. Médecine, Lille II, 102 p.

- TAPIE, C., 1996.- Contribution à l'étude d'un mollusque, *Lymnaea peregra peregra*, dans le nord de la Haute-Vienne. Son infestation expérimentale par *Fasciola hepatica*. Thèse Doct. Pharmacie, Limoges, n° 310, 72 p.
- TAYLOR, E.L., 1965.- Fascioliasis and the liver fluke. *F.A.O. Agricultural Studies*, n° 64, 235 p.
- THOMAS, A.P., 1883a.- The life-history of the liver-fluke (*Fasciola hepatica*). *Quart. J. Micr. Sci., N.S.*, **23**, 99-133.
- THOMAS, A.P., 1883b.- The natural history of the liver fluke and the prevention of rot. *J. Roy. Agric. Soc. Engl.*, **19**, 276-305.
- VAREILLE-MOREL, C., RONDELAUD, D., DREYFUSS, G., 1998.- *Galba truncatula* (Gastro-poda, Lymnaeidae) : preliminary findings on the ecology and ethology of populations living along river banks. *Haliotis*, **27**, 35-42.
- VAUGHAN, J.L., CHARLES, J.A., BORAY, J.C., 1997.- *Fasciola hepatica* infection in farmed emus (*Dromaius novaehollandiae*). *Aust. Vet. J.*, **75**, 811-813.
- WILSON, R.A., DRASKAU, T., 1976.- The stimulation of daughter redia production during the larval development of *Fasciola hepatica*. *Parasitology*, **72**, 245-247.

## ANNEXE

Le nombre de rédies indépendantes par rapport à leur groupe d'appartenance dans les huit séries de *Lymnaea truncatula* au 49<sup>e</sup> jour d'expérience.

Série	Mode typique (Ty) ou atypique (Aty)	Effectif rédién	Nombre de rédies indépendantes par linnée (moyenne $\pm$ écart type)		
			R1b	R2a	R2b/R3a
Berneuil x bovins	Ty	8	6,3 $\pm$ 0,6	12,3 $\pm$ 2,0	4,8 $\pm$ 1,0
	Aty	4	6,5 $\pm$ 1,5	4,7 $\pm$ 1,0	4,7 $\pm$ 1,2
Berneuil x lapins	Ty	6	3,6 $\pm$ 1,2	4,5 $\pm$ 2,9	1,3 $\pm$ 1,3
	Aty	1	3,0	1,0	0
Berneuil x ovins	Ty	11	3,5 $\pm$ 1,5	7,7 $\pm$ 3,0	4,0 $\pm$ 1,9
	Aty	4	5,0 $\pm$ 1,4	1,2 $\pm$ 1,2	2,0 $\pm$ 2,1
Berneuil x ragondins	Ty	13	3,3 $\pm$ 1,6	7,5 $\pm$ 3,6	2,9 $\pm$ 1,8
	Aty	3	4,3 $\pm$ 1,9	3,6 $\pm$ 1,6	5,6 $\pm$ 0,4
Migné x bovins	Ty	13	6,3 $\pm$ 0,7	11,5 $\pm$ 1,7	4,6 $\pm$ 1,1
	Aty	5	6,4 $\pm$ 1,0	4,0 $\pm$ 0,6	2,4 $\pm$ 0,8
Migné x lapins	Ty	7	4,2 $\pm$ 1,9	6,4 $\pm$ 3,3	2,8 $\pm$ 1,7
	Aty	2	6,5 $\pm$ 0,5	3,0 $\pm$ 1,0	3,0
Migné x ovins	Ty	11	2,4 $\pm$ 0,9	5,6 $\pm$ 2,7	3,0 $\pm$ 2,1
	Aty	5	3,6 $\pm$ 1,2	1,6 $\pm$ 0,4	0,4 $\pm$ 0,4
Migné x ragondins	Ty	11	4,3 $\pm$ 1,7	8,2 $\pm$ 3,1	3,3 $\pm$ 1,8
	Aty	2	4,0 $\pm$ 1,0	1,5 $\pm$ 1,5	0,5 $\pm$ 0,5



BON A IMPRIMER N° 33

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu, le Doyen de la Faculté

VU et PERMIS D'IMPRIMER

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ



APOSTOLOFF (Cyril). — Influence a posteriori de l'hôte définitif sur le développement rédien de *Fasciola hepatica* Linné et la productivité cercarienne chez le mollusque *Lymnaea truncatula* Müller. — 142 f.; ill.; tabl.; 30 cm (Thèse : Pharm.; Limoges; 2001).

## RESUME :

Des infestations expérimentales de *Lymnaea truncatula* (deux populations) par *Fasciola hepatica* (quatre isolats de miracidiums différant par l'origine de l'hôte définitif) ont été réalisées pour étudier l'influence de plusieurs paramètres sur la croissance des rédies indépendantes et leur productivité cercarienne.

La survie des limnées parasitées ne dépasse pas 40 % au 49<sup>e</sup> jour alors que la prévalence de l'infestation se distribue entre 37 et 82 % selon la série. Les groupes lapins ont une prévalence significativement plus faible que celle des autres lots. La croissance des mollusques parasités dépend de l'origine de leur population (Migné > Berneuil) et de la durée d'infestation (la taille augmente en fonction du temps). Le nombre total des rédies indépendantes et en vie est significativement plus élevé dans les groupes bovins que dans les autres séries. Cet effectif s'accroît significativement avec la durée d'infestation.

Dans les deux populations, ce sont les rédies issues d'un développement typique qui prédominent. Le groupe R2a domine largement sur le groupe R1b dans les deux séries si le mode est typique. Par contre, chez les limnées avec un développement rédien atypique, la dominance appartient au groupe R1b.

La longueur moyenne des rédies et la largeur de leur lumière pharyngienne présentent des corrélations étroites, tout au moins dans les groupes R1a, R1b et R2a. Si le développement est typique, la durée de l'infestation et le groupe d'appartenance ont un effet significatif sur la longueur des rédies. Si le mode est atypique, le groupe R1b a un effet significatif sur les valeurs des deux paramètres en raison d'une croissance plus rapide de ces larves pour la même durée d'infestation.

La durée de l'infestation, le mode de développement rédien, l'origine du parasite (les bovins surtout) et le stade de différenciation intra-rédien ont une influence significative sur le nombre total des masses germinatives contenues dans une limnée ou dans chaque groupe rédien. Si le mode de développement rédien est typique, c'est le groupe R2a qui contient le plus grand nombre de morulas et produit 64 à 66 % des cercaires. Si le mode est atypique, c'est le groupe R1b qui contient 26 ou 27 morulas par rédie et produit 69 % des cercaires dans les séries bovins, et 72 % dans les autres séries.

Cette étude expérimentale démontre que l'infestation de mollusques par des parasites différant par l'origine de l'hôte définitif aboutit à des variations importantes dans la prévalence des limnées infestées, la charge rédienne et la productivité cercarienne. Par contre, la croissance propre des rédies semble indépendante de ce facteur.

## DISCIPLINE :

Pharmacie.

## MOTS CLES :

- *Fasciola hepatica*.
- Hôte définitif.
- Infestation expérimentale.
- *Lymnaea truncatula*.
- Rédie.

**JURY :** Président : Monsieur DREYFUSS, *Professeur*.  
Juges : Monsieur RONDELAUD, *Maître de Conférences*.  
Monsieur VIGNOLES, *Maître de Conférences*.  
Monsieur VINCENT, *Maître de Conférences*.  
Membres Invités : Madame MILLET-LACOMBE, *Pharmacien*.  
Monsieur HOSPITAL, *Pharmacien*.