

STERKIANA

NUMBER 57

COLUMBUS, OHIO

MARCH 1975

CONTENTS

| | PAGE |
|---|------|
| CLYDE FRANCIS WOOTTON -- PLEISTOCENE MOLLUSCA OF THE COLON DEPOSIT, ST. JOSEPH COUNTY, MICHIGAN | 1 |
| GUY VAILLANCOURT et RICHARD COUTURE -- EFFETS DES VARIATIONS DE LA TEMPERATURE DE L'EAU SUR QUELQUES ESPECES DE PHYSIDAE, LYMNAEIDAE, PLANORBIDAE ET HYDROBIIDAE (GASTROPODA) | 18 |
| K-HANS WURZINGER -- THE LAND SNAILS OF NEW YORK STATE PRELIMINARY REPORT | 33 |
| WILLS FLOWERS -- NOTES ON THE CURRENT STATUS OF WISCONSIN UNIONIDAE | 40 |
| REPRINTS OF RARE PAPERS ON MOLLUSCA: LEFEVRE AND CURTIS: STUDIES ON THE REPRODUCTION AND ARTIFICIAL PROPAGATION OF FRESH WATER MUSSELS (<i>CONTINUED FROM NO. 51</i>) | 42 |

EDITORIAL BOARD

HENRY VAN DER SCHALIE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
ANN ARBOR, MICHIGAN

WILLIAM J. WAYNE
UNIVERSITY OF NEBRASKA
LINCOLN, NEBRASKA

DAVID H. STANSBERY
OHIO STATE UNIVERSITY
COLUMBUS, OHIO

AURELE LA ROCQUE
OHIO STATE UNIVERSITY
COLUMBUS, OHIO

EDITOR

AURELE LA ROCQUE
102 W. BEAUMONT ROAD
COLUMBUS, OHIO 43214

NOTICE TO SUBSCRIBERS

RATE CHANGES

Since publication of the first number of STERKIANA in 1958, the price of a single number has been 50¢ postpaid. In the last 13 years, the price of paper has doubled and postage rates have almost tripled. It has become necessary to increase the price of subscriptions as follows:

| | |
|--|---------|
| Yearly subscriptions, 4 numbers, paid in advance | \$ 2.20 |
| Invoicing charge when required | 1.00 |
| Single back numbers (except no. 50) mailed individually | 0.60 |
| Double number (No. 50) mailed individually | 1.10 |
| Back numbers, in lots of 10 or more, per number, postpaid | 0.55 |

Reprints of articles in STERKIANA
are available at the following rates:

One sheet (1 or 2 pages): \$1.00 per
hundred copies, plus postage.

This price does not include collating
or special covers.

Authors should note that illustrations
requiring commercial plate making must
be charged to the author.

PLEISTOCENE MOLLUSCA OF THE COLON DEPOSIT,
ST. JOSEPH COUNTY, MICHIGAN

CLYDE FRANCIS WOOTTON

Ohio State University

INTRODUCTION

Purpose of investigation

A study was made of a Pleistocene marl deposit in Michigan. Emphasis was placed on a quantitative study of the Mollusca which could be identified from the calcareous mud. The purpose was to reconstruct the paleoecology of the deposit using the ecologic factors provided by the mollusks.

Location of deposit

The deposit was sampled near the shore of an abandoned marl pit 1.7 miles north of the town of Colon (Fig. 1) in east-central St. Joseph County, Michigan (R. 9 W., T. 6 S., Sec. 2). The deposit can be reached via Farrand Road and Blossom Road west and north of Colon, respectively. Access is by a farmer's lane which leads from Blossom Road to the site. Permission for inspection and collection was obtained from the owner of the property.

The pit was mined for its marl and when abandoned was allowed to fill with water, the water table being only two to three feet below ground level.

Method of investigation

A small pit was excavated about 15 feet west of the abandoned pit, in an area which did not seem to have been disturbed by the mining operations. From one side of the pit a column of marl 12 X 12

inches was extracted, each two vertical inches bagged separately and labeled. In this report each of these samples is termed a collection. Depth of sampling was limited by the shallow water table, which made collecting below 59 inches impossible.

The samples were stored in plastic bags until they could be processed in the laboratory. Each sample was washed in a nest of sieves; the smallest used was 100 mesh. A nest of sieves was used only to speed up the washing operation, the fractions from each collection being joined and dried after the marl was removed.

The sieved and dried collections were fed through a Jones splitter until a fraction was obtained which contained about 1000 mollusks. The fractions of each collection were hand-picked until 1000 shells had been removed. These shells were then identified and counted to determine the relative abundance of each species.

Acknowledgements

I wish to express my appreciation to Prof. Aurèle La Rocque who suggested this study and provided a great deal of expert assistance in identification and interpretation. I would also like to thank Mark J. Camp for the suggestions he made, and my wife, Cheryl, for assistance in sampling of

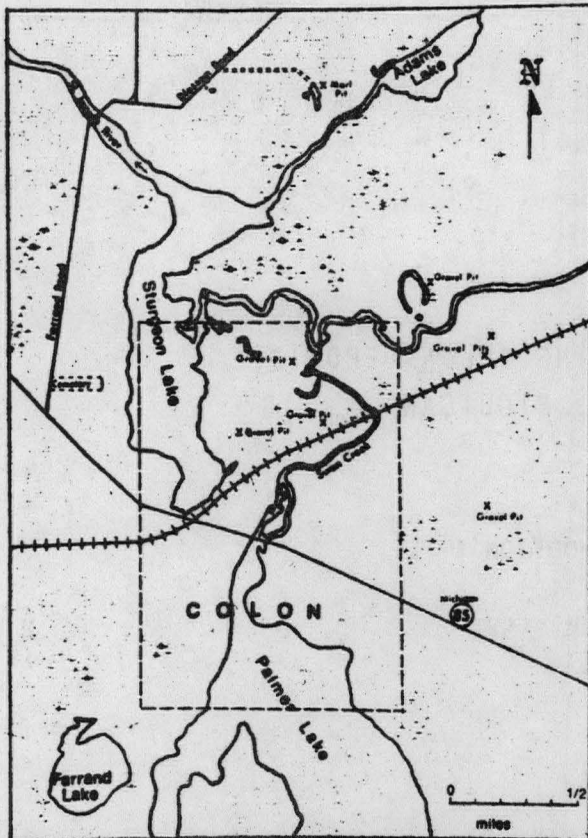


FIGURE 1. COLON, MICHIGAN, AND VICINITY. Black dot near marl pit in northcentral rectangle shows site of section.

the marl and for her moral support during preparation of this thesis.

GEOLOGY OF THE AREA

General Geology

During the Cary Substage of Wisconsin Age the Michigan, Saginaw, and Erie lobes advanced across Michigan and Wisconsin into Ohio, Indiana, and Illinois. During the retreat phases the Saginaw lobe dissipated faster than the other two lobes resulting in a reentrant in the ice front (Wayne and Zumberge, 1965, p. 72). This reentrant was located in parts of St. Joseph, Branch, Kalamazoo, and Calhoun Counties, Michigan (Fig. 2).

When the ice was at the position of the Tekonsha moraines of the Michigan and Saginaw lobes and at the Mississinewa and Wabash moraines of the western flank of the Erie lobe, tributaries draining the meltwater coalesced to form the Kankakee Torrent (Fig. 2). In southern Michigan and northern Indiana, a well developed system of underfit or

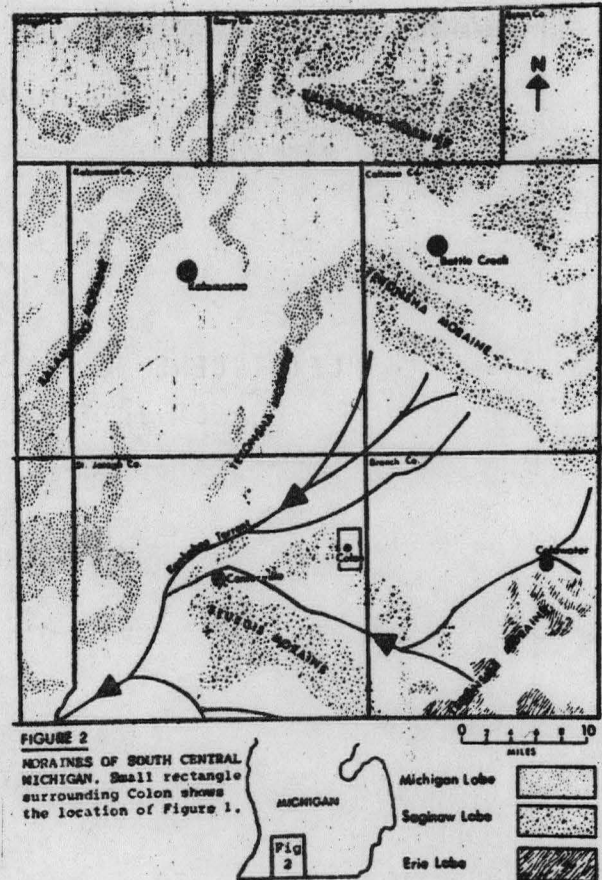


FIGURE 2. MORAINES OF SOUTH CENTRAL MICHIGAN. Small rectangle surrounding Colon shows the location of Figure 1.

unoccupied stream channels marks the location of the torrent (Zumberge, 1960, p. 1178).

Colon deposit

The Colon deposit is located near the St. Joseph River in a glacial valley of the Kankakee Torrent which contains a chain of marl lakes. In these lakes, Hale and others (1903, p. 103) reported finding one to 50 feet of marl underlain by white quartz sand in most cases.

The pit excavated for this research exhibited the five units of strata described below.

| Unit | Thickness (inches) | Description |
|------|--------------------|---|
| 1 | 7 - 8 | Poor soil profile developed in peat. Upper few inches had been disturbed by the mining operation. Lower inch almost entirely peat. No fossil mollusks observed. |
| 2 | 1 - 2 | Sand and gravel, poorly sorted. No shells observed. |

- 3 47 Light-gray, fine-grained marl with abundant mollusks, plant fragments, and ostracodes. Collections 1 to 23 and upper inch of collection 24 made here.
- 4 1/16-1/32 Compressed peat layer, too thin to collect and examine for shells. Included in collection 24.
- 5 unknown Lower inch of collection 24 and collection 25 were taken here. Very fossiliferous, light-gray, fine-grained marl as in Unit 3. Marl was brought up by a one-inch auger 9 feet below this level without penetrating the bottom of the deposit.

The owner of the property said that a twenty-foot rod had been driven into the bottom of the marl pit when it was active without penetrating the bottom of the deposit. The active pit was estimated at 20 to 25 feet in depth which would indicate more than 40 or 45 feet of marl.

SYSTEMATIC PALEONTOLOGY

General Statement

This section summarizes data for each of the species identified for the Colon deposit. It includes an abbreviated synonymy, a diagnosis of shell characters, and information on ecology, type locality, general distribution, and geologic range for each species.

Much of the information is from La Rocque (1966, 1967, 1968, 1970) and Clarke (1973). Other valuable sources of information, especially on ecology, are Clark (1961), Baker (1928), Goodrich and van der Schalie (1944), Mowery (1961), van der Schalie and Berry (1973), Herrington and Taylor (1958), Herrington (1962), and Clowers (1966).

PHYLUM MOLLUSCA

CLASS BIVALVIA

Order Teleodesmacea

Family Sphaeriidae

Sphaerium fabale (Prime) 1851

- Cyclas fabalis* Prime 1851, Boston Soc. Nat. Hist. Proc., v. 4, p. 159.
- Sphaerium fabalis* Prime 1865, Mon. Am. Corbiculidae, p. 40, fig. 33.
- Sphaerium fabale* Dall 1905, Harriman-Alaska Exped., v. 13, p. 137, fig. 103.
- La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 314, pl. 2, fig. 3.

TYPE LOCALITY. Lake Superior.

DIAGNOSIS. Shell compressed; surface uneven; striae unevenly spaced, weaker in region of beaks (La Rocque, 1967, p. 314).

ECOLOGY. Herrington (1962, p. 190) reports that *S. fabale* is an inhabitant of creeks and small rivers, found generally in bottom sediments of coarse gravel or gravelly sand.

GENERAL DISTRIBUTION. Mostly east of the Mississippi River (Vermont to Alabama and Georgia). Records for Manitoba and Alberta, Canada, are presumably erroneous (La Rocque, 1967, p. 314).

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Sangamon to present (Baker, 1920a, p. 383).

REMARKS. This species is represented by single specimens in collections 11 and 23 (Fig. 3).

Sphaerium lacustre (Müller) 1774

- Tellina lacustris* Müller 1774, Verm. Terr. et Fluv., p. 204.
- Cyclas rosacea* Prime 1851, Boston Soc. Nat. Hist., Proc., v. 4, p. 155.
- Sphaerium rosaceum* Johnson 1915, Fauna New England, p. 50.
- Musculium lacustre* Sterki 1916, Cat. N. Am. Sphaeriidae, p. 442.
- Sphaerium lacustre* La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 295, pl. 2, fig. 1.
- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 154, pl. 16, figs. 5 and 9.

TYPE LOCALITY. Europe, probably Denmark.

DIAGNOSIS. Shell large; beaks prominent, distinctly raised above dorsal margin; shell high in outline; dorsal margin rounded; smaller shells distinguished by striae fading out in region of beaks; posterior end and dorsal margin rounded to form an obtuse angle; posterior end truncate, beaks swollen (La Rocque, 1967, p. 295).

ECOLOGY. This species has a preference for small bodies of water, but can also be found in large lakes and rivers. It is generally found in shallow water where the bottom is composed of mud and vegetation is present. Current is usually slow to imperceptible. It has been collected in water with a pH of 6.4 - 7.64 and a fixed carbon dioxide ratio of 9.3 - 18.87 ppm.

GENERAL DISTRIBUTION: Throughout the United States except the Southwest, in Canada as far north as the Northwest Territories; Japan, Hawaii, and Europe.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Illinoian to present.

REMARKS. This species was found in only four collections with a maximum of two specimens per collection (Fig. 3).

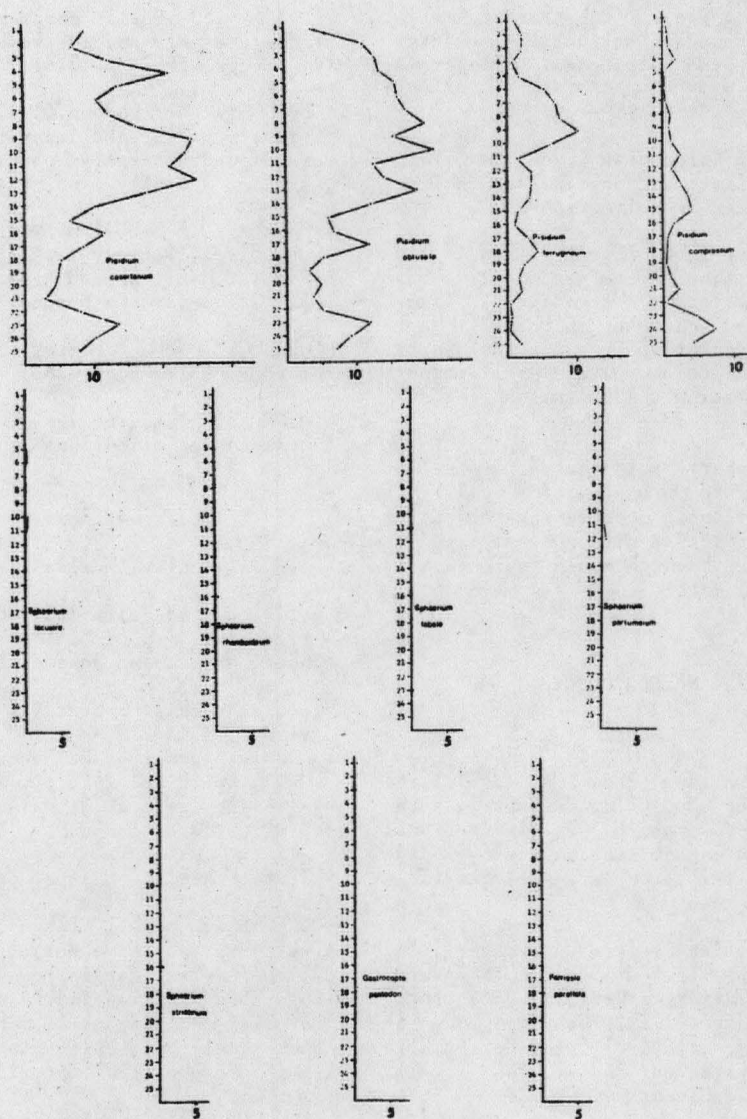


FIGURE 3. RELATIVE ABUNDANCES OF MOLLUSK SPECIES (Pt. 1). Collection numbers are on the ordinate; percentages on the abscissa.

8

Sphaerium partumeium (Say) 1822

Cyclas partumeia Say 1822, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Jour., v. 2, p. 380.

Sphaerium pellucidum Prime 1865, Mon. Am. Corbiculadae, p. 45, fig. 42.

Sphaerium (Musculium) partumeium Dall 1905, Harri-man-Alaska Exped., v. 13, p. 139.

Sphaerium partumeium La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 299, pl. 1, fig. 5.

----- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 155, pl. 16, fig. 6.

TYPE LOCALITY. Germantown, near Philadelphia, Pennsylvania.

DIAGNOSIS. Shell more than 8 mm. long; beaks prominent, raised above the dorsal margin; dorsal margin straight, posterior end more or less at right angles to it; very fine striae; anterior margin of shell slopes upward; surface glossy.

ECOLOGY. This species is common in bodies lacking in current, e. g., ponds, swamps, lakes, slow moving streams, bogs, summer-dry pools, and temporary woods ponds. It is generally found in association with a substratum of mud where there is considerable vegetation. It occurs commonly in small colonies.

GENERAL DISTRIBUTION. 'Saskatchewan, southern Ontario, Quebec, and New Brunswick, south to Cali-

fornia, Nevada, Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama, and Florida' (La Rocque, 1967, p. 300).

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Nebraskan to present.

REMARKS. More specimens of *S. partumeium* were found than of any other *Sphaerium*, although the species is represented by only 7 shells. The highest percentage reached was 0.4 in collection 12 (Fig. 3). Of the 20 specimens of *Sphaerium* sp. identified, half (10) were from collections 10, 11, and 12.

Sphaerium rhomboideum (Say) 1822

Cyclas rhomboidea Say 1822, Acad. Nat. Sci. Philadelphia, Jour., v. 2, p. 380.

Sphaerium rhomboideum Prime 1865, Mon. Am. Corbiculadae, p. 39, fig. 31.

----- La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 300, pl. 1, fig. 3.

----- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 138, pl. 16, fig. 2.

TYPE LOCALITY. Lake Champlain.

DIAGNOSIS. Shell large; beaks not prominent, only very slightly raised above dorsal margin; shell more or less rectangular in outline.

ECOLOGY. This species has a preference for a muddy bottom with vegetation. Baker (1928, pt. 2, p. 346) states that it is as common in rivers as in lakes.

GENERAL DISTRIBUTION. Northern United States, Ontario, Quebec, Manitoba, Saskatchewan, Alberta, British Columbia, and Nevada.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Sangamon to present.

REMARKS. Three specimens were found in collection 16 (Fig. 3).

Sphaerium striatinum (Lamarck) 1818

Cyclas striatina Lamarck 1818, Animaux sans vertèbres, v. 5, p. 560.

Sphaerium striatinum Prime 1865, Mon. Am. Corbiculadae, p. 37, fig. 29.

----- La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 306, pl. 2, fig. 5; pl. 8, figs. 10, 12-16.

----- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 145, pl. 16, fig. 1.

TYPE LOCALITY. Lake George, New York.

DIAGNOSIS. Shell inflated, subovate, moderately thick and strong; striae unevenly spaced, not weaker in region of beak; surface even except for rest marks and striae; hinge fairly long, unevenly curved.

ECOLOGY. *S. striatinum* has adapted to several habitats, the main requirement seeming to be suf-

ficient current to oxygenate the water. For this reason such places as ponds, lagoons, swamps, and bog ponds are not favorable. It is found on all sorts of bottoms, with and without vegetation. Sixty-five of 76 collections of this species were made from rivers and streams of various sizes by Clarke (1973, p. 147).

GENERAL DISTRIBUTION. Great Slave Lake in Canada south to Panama, east to New Brunswick and New York, south to Florida.

GEOLOGIC RANGE. Pliocene to present.

REMARKS. Collection 16 contained 2 specimens. Commonly reported as a stream or river species, it was probably introduced into this environment at the time this collection was being deposited, but could not survive.

Pisidium casertanum (Poli) 1791

Cardium casertanum Poli 1791, Test. utr. Sicil., p. 65, pl. 16, fig. 1.

Pisidium abditum Haldeman 1841, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Proc., v. 6, p. 53.

Pisidium casertanum Woodward 1913, Cat. Brit. Pisidia, p. 31.

----- La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 342, pl. 4, fig. 1; pl. 7, fig. 7.

----- Clarke, 1973, Malacologia, v. 13, p. 171, pl. 17, figs. 3, 4.

TYPE LOCALITY. Sicily.

DIAGNOSIS. Shell tapering ventrally in end view, without heavy ridges or with ridges only on beaks; hinge long, more than $\frac{1}{4}$ shell length; anterior end rounded; anterior cusp of left valve not twisted, but parallel to dorsal margin; cardinals near anterior cusps; cusps of A2 with steeply inclined sides, but not toothpick like.

ECOLOGY. This is 'by far the most common *Pisidium*' (Herrington, 1962, p. 34). It is found almost everywhere except in deep water. It is even found in swamps and pools that dry up during the summer. It generally lives in the protected areas of water bodies, buried in mud or among the roots of vegetation. Clarke (1973, p. 174) found it generally present in a mud bottom with vegetation in various amounts. It has been collected in water with a pH of 5.8 - 7.95 and a fixed carbon dioxide ratio of 5.5 to 30.56.

GENERAL DISTRIBUTION. Nearly cosmopolitan: Eurasia, Africa, Australia, New Zealand, and the western hemisphere from Patagonia to Alaska.

GEOLOGIC RANGE. Pliocene to present.

REMARKS. *P. casertanum* was present in all the collections and varies from about 3 to 35% (Fig. 3). It is most abundant from collections 9 to 13, comprising 20 to 25% of the identified specimens. Its abundance decreases toward the top of the deposit except for a large increase in collection 4.

Pisidium compressum Prime 1851

Pisidium compressum Prime 1851, Boston Soc. Nat. Hist. Proc., v. 4, p. 164.

----- La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 329, pl. 5, fig. 2; pl. 7, fig. 14.

----- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 174 pl. 17, fig. 5.

TYPE LOCALITY. Fresh Pond, near Cambridge, Massachusetts.

DIAGNOSIS. Shell of medium size and heavy, varies from short and high to moderately long; beaks prominent, quite far back and narrow; striae medium coarse to moderately fine; anterior cusp of left valve not twisted, but parallel to dorsal margin; shell tapers ventrally in end view, anterior end rounded; cardinals central or subcentral; anterior and posterior ends sloped at different angles, i. e., not parallel; shell with ridges on beak.

ECOLOGY. In the literature this species is often referred to as a stream species, but of 82 collections by Clarke (1973, p. 176) it was found in 34 lakes and ponds and 48 streams or rivers. Mud was the most frequent bottom material and vegetation was present at all stations but two. Herrington and Taylor (1958, p. 15-16) stated that shells from 'creeks and rivers tend to be high and to bear well developed beak ridges,' but 'in marl-forming lakes, slow-moving rivers and in the deep water of large lakes they are longer, the ventroanterior angle is blunter, and the beak ridges are weaker.' Other reports have shown it in the following habitats: sandy, shallow bottom with vegetation; 20 meters deep in a lake; creeping on aquatic vegetation; and burrowing in a firm, mud bottom. It feeds on detritus and plankton.

GENERAL DISTRIBUTION. Great Slave Lake to southern Hudson Bay to Prince Edward Island, Canada. Throughout the United States and in Mexico.

GEOLOGIC RANGE. Middle Pliocene to present.

REMARKS. *P. compressum* is found in all of the collections, but has a smaller relative abundance than other species of *Pisidium* (Fig. 3). It exhibits decreases and increases in abundance which are comparable to *P. casertanum*, but reaches its peaks one or two collections lower in the section.

Pisidium ferrugineum Prime 1851

Pisidium ferrugineum Prime 1851, Boston Soc. Nat. Hist. Proc., v. 4, p. 162.

----- La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 340, pl. 4, fig. 6; pl. 7, fig. 12.

----- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 181, pl. 18, fig. 3.

TYPE LOCALITY. Cambridge, Massachusetts.

DIAGNOSIS. Shell small, usually much inflated, wall thin, without heavy ridges or with ridges on-

ly on beaks; beaks subcentral, tubercular, or even low and broad, usually do not blend into shell readily; hinge long (more than $\frac{1}{2}$ shell length); striae coarse to faint; dorsal margin rounded; ventral margin rounded as much as dorsal margin, but longer; posterior end rounded or vertical; anterior end also rounded; laterals short with rather pointed cusps; cardinals near anterior cusps which on left valve are not twisted but lie parallel to dorsal margin; cusps of A2 with nearly vertical and parallel sides.

ECOLOGY. Herrington (1962, p. 40) states that those specimens found on a sandy bottom have prominent striae and the beaks are more or less tubercular whereas those from marl-forming lakes or lakes with a muck bottom are smoother, have a greater diameter, and the beaks are not tubercular. The species is usually found among vegetation and algae on mud, sand, or marly clay bottoms of ponds, lakes, and some rivers. It currently shows a marked northern range and is known from Wisconsinan deposits, both of which suggest an adaptation to cooler climates. It has been found in water up to 3 meters deep, with a pH of 7.23 - 8.14, and with a fixed carbon dioxide ratio of 10.8 to 22.5.

GENERAL DISTRIBUTION. Throughout most of Canada and south to California, Utah, Illinois, Indiana, Ohio, New York, and New Jersey. Also Europe.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Wisconsinan to present.

REMARKS. This is the second most abundant species of *Pisidium* in the sample (Fig. 3). It exhibits a negative relationship with *P. compressum*, being most abundant when the latter species is scarce. The specimens are smooth and the beak is not tubercular, indicating a marl-forming lake habitat, and not introduction from inflowing streams (See Ecology, preceding species).

Pisidium obtusale Pfeiffer 1821

Pisidium obtusale Pfeiffer 1821, Naturg. deutsch. Moll., p. 125.

Pisidium vesiculare Sterki 1896, Nautilus v. 10, p. 21.

Pisidium obtusale La Rocque 1967, Pleist. Moll. Ohio, pt. 2, p. 345, pl. 4, fig. 4; pl. 7, fig. 10.

TYPE LOCALITY. Europe, probably Germany; not ascertained.

DIAGNOSIS. Shell tapering ventrally in end view; hinge short (less than $\frac{1}{2}$ shell length); anterior cusp of left valve not twisted but parallel to dorsal margin; cusp of P2 central, distal, or proximal. In specimens with the cusp of P2 distal, anterior end curves gently into the dorsal margin; beaks never with ridges; dorsal margin well rounded. In those with cusp of P2 central or proximal: surface glossy; finely striated (more than 30 striae per mm.); anterior (proximal) end of posterior sulcus in right valve closed.

ECOLOGY. The species lives in stagnant, sluggish, or muddy waters in the presence of dense aquatic vegetation or dead leaves of trees. It is found in waters of pH 5.8 - 6.2 and with a fixed carbon dioxide ratio of 1.97 - 9.90 ppm and 'occurs in water consistently deeper than do other Sphaeriidae' (Mowery, 1961, p. 8). Herrington and Taylor (1958, p. 16-17) state that the form *rotundatum* prefers shallow water and is found principally in ponds, bog ponds, lagoons, and flood plains, whereas the form *ventricosum* lives in lakes. Clarke (1973, p. 200-203) recognizes *P. ventricosum* as a species and the form *rotundatum* as a variety of that species.

GENERAL DISTRIBUTION. Northwest Territories and Alberta east to Quebec and Maine, south to California, Utah, Colorado, South Dakota, Minnesota, Illinois, Ohio, and New Jersey. Also Mexico and Eurasia from Ireland to Japan.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Illinoian to present.

REMARKS. This species is found in all collections, and like *P. casertanum* and *P. ferrugineum*, has its greatest relative abundance in the central third of the section (Fig. 3).

CLASS GASTROPODA

Order Ctenobranchiata

Family Valvatidae

Valvata sincera Say 1824

- Valvata sincera* Say 1824, Rept. Long's Exped., v. 2, p. 264, pl. 15, fig. 11.
 ---- La Rocque, 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 363, fig. 219.
 ---- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 222, pl. 20, fig. 1.

TYPE LOCALITY. 'Northwest Territories' (Say).

DIAGNOSIS. Shell conspiral, nearly as high as wide, with widely spaced lamellae; whorls accurately rounded, covered with fine regularly spaced crowded riblets, crossed in early whorls by minute revolving lines; aperture in contact with penultimate whorl; outer lip thin; umbilicus large, exhibiting the volutions.

ECOLOGY. A lake species, generally found in deep water on a mud bottom. It has been found in cold, shaded brooks and rivers.

GENERAL DISTRIBUTION. Newfoundland and Maine west to Alberta, south to southern Michigan and northern New York. Variety *danielsi* Walker has been found living in Minnesota and as a Pleistocene fossil in Wisconsin and Illinois; variety *nylanderii* occurs living in Maine, Ontario, Michigan, New York, and Wisconsin.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene to present.

REMARKS. One specimen was found in collection 15 (Fig. 4).

Valvata tricarinata (Say) 1817

- Cyclostoma tricarinata* Say 1817, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Jour., v. 1, p. 13.
Valvata tricarinata Call 1900, Moll. Ind., p. 417, pl. 8, fig. 17.
 ---- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 367, pl. 9, figs. 14, 15.
 ---- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 234, pl. 11, fig. 7; pl. 20, figs. 4, 5, 6.

TYPE LOCALITY. Delaware River.

DIAGNOSIS. Shell small, about 2½ times as broad as long; sutures distinct and impressed; nuclear whorl planorboid, with microscopic spiral striae, whorls with three sharp carinae, one at top, one in the center, and one at the base; any one or all of these carinae may be obsolete in some or all of the postnuclear whorls, but their position is generally indicated by a spiral angulation; lowest carina covered by the following whorl; umbilicus open, deep, and round; aperture round and entire.

ECOLOGY. The species is found in many types of permanent water bodies with all kinds of bottom conditions and vegetation. It has been found in water up to 9 meters deep with a pH range of 6.8 ppm. Clarke (1973, p. 237) noted an absence of *V. tricarinata* in a large number of small permanent bodies of water.

GENERAL DISTRIBUTION. 'New Brunswick to Virginia, west in the St. Lawrence and upper Mississippi River drainage areas to Iowa and Nebraska, north in the Canadian Interior basin to James Bay and Hudson Bay, northwest within the treeline to the mouth of the Mackenzie River and west to Alberta' (Clarke, *ibid.*).

GEOLOGIC RANGE. A. B. Leonard (1950, p. 11) gives Yarmouth to Recent. Baker (1920, p. 286) gave 'Proglacial,' Aftonian, Yarmouth, Sangamon, and Wabash.

REMARKS. This species is one of the most abundant in the section, obtaining relative abundances as high as 26% (Fig. 4). It is most abundant in the lower and upper thirds of the section, being least abundant in the central third where the Sphaeriidae are at their peak. The most common form is (101) with (111) next in abundance, but scarce. Clowers (1966, p. 41) reports that 'in most deposits, it appears to be best represented in intervals not characterized by thick vegetation, although it may persist into shallow water sediments containing a moderate amount of plant matter.'

Family Amnicolidae

Amnicola limosa (Say) 1817

- Paludina limosa* Say 1817, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Jour., v. 1, p. 125.

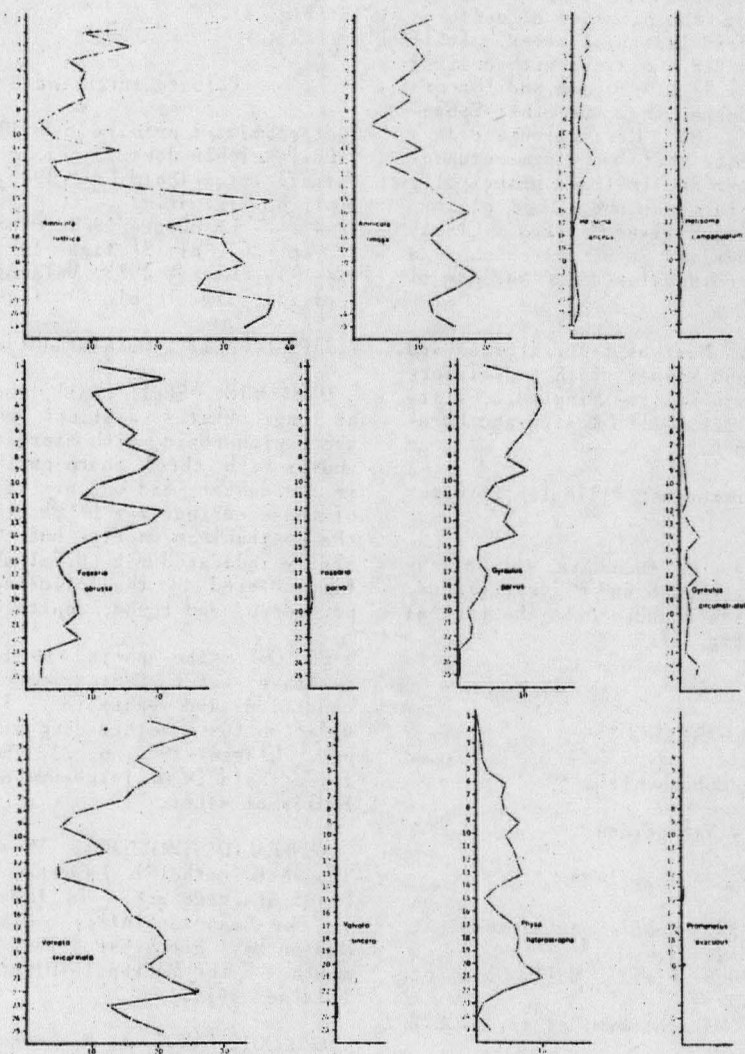


FIGURE 4. RELATIVE ABUNDANCES OF MOLLUSK SPECIES (Pt. 2). Collection numbers are on the ordinate; percentages on the abscissa.

Annicola pallida Haldeman 1841, Mon. Limniades N. Am., pt. 4, cover p. 3, 4.

Annicola limosa Call 1900, Moll. Ind., p. 416, pl. 8, fig. 23.

----- La Rocque, 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 384, pl. 10, fig. 1.

----- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 257, pl. 21, fig. 10.

TYPE LOCALITY. Delaware and Schuylkill Rivers, Pennsylvania.

DIAGNOSIS. Shell broadly conic, sculpture of narrow, low, crowded collabral lines; apex blunt, nuclear whorl planorboid; later whorls round and somewhat shouldered, increasing gradually in size; body whorl round; sutures deep; aperture subrotund, mostly basal, about $\frac{1}{2}$ the height of the shell; peristome continuous, joined to body whorl by a thin callus; umbilicus deeply perforate.

ECOLOGY. One of the most abundant species in marl and also with the largest colonies and widest

distribution of the New World *amnicolas* (van der Schalie and Berry, 1973, p. 77). It can inhabit a wide range of habitats including streams, rivers, fresh- and brackish-water lakes and swamps, and can be exterminated by unusually high summer temperatures. It is most abundant in thick beds of *Chara*, *Potamogeton*, *Vallisneria*, and *Elodea* where it browses on the rich supply of diatoms and algae which the vegetation harbors. Clarke (1973, p. 259) found it more frequently in association with lotic muds and lentic sands. The species has been reported to eat certain plants in the absence of a fixed carbon dioxide ratio high enough to build shell material (Mowery, 1961, p. 8). The normal pH is about 7.95; and the fixed carbon dioxide ratio is 30.56 ppm. Van der Schalie and Berry (1973, p. 77) found that a temperature of 24° C stimulated maximum growth, but only 27% of the individuals survived. They found that maximum survival could be obtained at 6.7 - 7° C.

GENERAL DISTRIBUTION. Labrador, New England and New Jersey, west to Utah, and south to Texas and Florida. 'In the Canadian Interior Basin it occurs only south or slightly beyond the tree-line from the Eastmain River system in Saskatchewan and Manitoba. It is much less abundant in the prairies of Manitoba and Saskatchewan than in the boreal forests.' (Clarke, 1973, p. 259).

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Yarmouth to present.

REMARKS. *A. limosa* is present in all collections, but more abundant in the lower half of the section (Fig. 4).

Amnicola lustrica Pilsbry 1890

Amnicola lustrica Pilsbry 1890, Nautilus, v. 4, p. 53.

Marstonia decepta Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 244, pl. 21, fig. 6.

TYPE LOCALITY. Unknown.

DIAGNOSIS. Shell thin, translucent, turreted, relatively attenuated; sculpture of numerous shallow, fine, collabral threads and striae; spire conic, somewhat longer than aperture, with straight or convex sides; whorls rather convex, roundly shouldered, regularly, but not rapidly, increasing in diameter; sutures well impressed; nucleus small, of about one whorl; postnuclear whorl immediately begins to descend; aperture roundly ovate, relatively small, more or less distinctly angled above; peristome continuous, thin, appressed to body whorl for a short distance near the upper terminations; base of shell broadly rounded; small narrow umbilicus.

ECOLOGY. This species is often described as inhabiting the same environment as *A. limosa* since they are often found in association: i.e., in rivers and lakes on stones and vegetation, being particularly abundant in association with filamentous algae. Clarke, (1973, p. 245) states that the

snail was collected only four times in that study and all four times in eutrophic lakes where the vegetation was thick to moderate and the bottom of sand, mud, or sand and mud.

GENERAL DISTRIBUTION. Great Lakes and St. Lawrence River system from Minnesota to Indiana, New York, southern Ontario and Quebec. Also from some adjacent Hudson Bay drainage areas in Ontario.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Wisconsin to present.

REMARKS. This species is the most abundant in the Colon deposit, twice attaining an abundance of nearly 38%. It is most abundant in the lower half of the section, except for a marked increase in collection 1 (Fig. 4). Clowers (1966, p. 41) and others have reported that this species and its close relative, *A. limosa*, often make up many of the specimens in the upper parts of marl deposits. Except for collection 1, this is not true for the Colon deposit, however, and may indicate removal of some of the marl at the time or before the time of deposition of the gravel (Unit 2).

Order Pulmonata

Family Lymnaeidae

Fossaria obrussa (Say) 1825

Lymneus obrussus Say 1825, Acad. Nat. Sci. Philadelphia, Jour., v. 5, p. 123.

Galba obrussa Baker 1911, Lymnaeidae N. and Mid. America, p. 270, pl. 29, figs. 8-13; pl. 31, figs. 2-37.

Fossaria obrussa Baker 1928, Fresh water Moll. Wis., pt. I, p. 293, pl. 16, fig. 14; pl. 18, figs. 14-24.

----- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 473, pl. 9, figs. 8, 16.

TYPE LOCALITY. Harrowgate, Philadelphia County, Pennsylvania.

DIAGNOSIS. Shell subconic, pointed, oblong, rather thin, commonly somewhat inflated, surface commonly malleate, with numerous coarse growth lines and very fine spiral lines; whorls shouldered, the shoulder being near the sutures which are deeply indented; last whorl very large, being half the length of the entire shell, generally compressed; aperture very elongate, ovate; peristome thin, acute, inner lip reflected over the umbilical chink to form a thin, narrow expansion, which is commonly appressed to the umbilical region, giving the axis a slight twist; parietal callus very thin; umbilical chink varies from distinctly open to scarcely observable; spire acute, sharply conical; nuclear whorls 1½.

ECOLOGY. This is an inhabitant of shallow bodies of water where it lives on sticks, stones, plants, and any other debris which happens to be available.

It is semi-amphibious, capable of living out of water for a considerable amount of time on debris or moist mud flats. Bottom strata are usually soft, sticky mud with algae. It eats pond scum, diatoms, and the stems of water plants and may become carnivorous if the need presents itself. Often found on the stems of vegetation protruding from the water. Reported in water with a pH of 5.86-8.37 and a carbon dioxide content of 1.26-25.75 ppm.

GENERAL DISTRIBUTION. Most of the United States, Newfoundland to the Mackenzie District, Canada.

GEOLOGIC RANGE. Pliocene to present.

REMARKS. Present in all of the collections, this species was most abundant in the upper half of the section (Fig. 4). Some of the specimens included are of *F. o. decampi* affinity, but are not separated here due to similar ecologic niches. Also the collections in the lower part of the section contain shells with the prominent shoulder and flattened aperture of *F. o. decampi*, but as collections higher in the section are examined, the flattening of the aperture becomes less common, and even farther up in the section the upper part of the whorls becomes more rounded.

Fossaria parva (Lea) 1841

Lymnaea parva Lea 1841, Am. Philos. Soc. Proc., v. 2, p. 33.

Galba parva Baker 1911, Lymnaeidae N. and Mid. America, p. 243, pl. 29, figs. 5-14; pl. 30, figs. 9-12.

Fossaria parva Baker 1928, Fresh water Moll. Wis., pt. I, p. 285, pl. 16, fig. 7; pl. 18, figs. 1-5. --- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 477, fig. 332.

Lymnaea parva Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 279, pl. 22, fig. 4.

TYPE LOCALITY. Cincinnati, Ohio.

DIAGNOSIS. Shell small, turreted, translucent, surface shining; sculpture begins abruptly near nucleus, growth lines closely set and well marked, rarely elevated and rough, spiral lines very fine or absent; whorls very convex; regularly increasing in size; spire elevated, acute; generally longer than aperture; nucleus of $1\frac{1}{4}$ whorls, satiny, rounded in outline, first whorl large, sutures deeply incised; aperture roundly and regularly elliptical, continuous in many specimens; outer lip thin; inner lip markedly and broadly reflected over umbilicus, forming a broad, even expansion; parietal callus well marked, thick; umbilical chink well marked, open; axis not twisted.

ECOLOGY. 'The species lives in wet, marshy places, generally out of water, on sticks, stones or muddy flats. It is more prone to leave the water than any other species of the family' (La Rocque, 1968, p. 478).

GENERAL DISTRIBUTION. Most of Canada south of 36° N latitude, Maine west to Idaho, south to Maryland, Tennessee, Oklahoma, New Mexico, and Arizona.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Wisconsinan to present.

REMARKS. *F. parva* is present in collections 1, 17 to 20, and 22 (Fig. 4). It never gains a relative abundance of over 1%.

Family Planorbidae

Gyraulus circumstriatus (Tryon) 1866

Planorbis (*Gyraulus*) *circumstriatus* Tryon 1866, Am. Jour. Conchology, v. 2, p. 113.

Gyraulus circumstriatus Baker 1928, Fresh Water Moll. Wis., pt. I, p. 378, fig. 162.

--- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 493, pl. 12, figs. 10, 13, 14, 16-18.

--- Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 397, pl. 25, figs. 9, 10.

TYPE LOCALITY. Artificial pond at Weatogue, Connecticut.

DIAGNOSIS. Shell with rounded periphery, nearly or completely planispiral; sculpture of rather coarse growth lines with fine spiral lines frequently visible, several raised revolving lines commonly on base, whitish collabral streaks present on some specimens; body whorl slightly flattened above, obtusely angulate below; aperture roundly ovate, prosocline and in same plane as the body whorl or slightly below; lips often joined by parietal callus; sutures deeply impressed; base flattened with all whorls visible to spire; umbilical depression wide, shallow and very similar to apical depression; whorls rounded.

ECOLOGY. This species is characteristic of small, clean seasonal water bodies such as wood pools, marshes, ponds on flood plains, spring-fed pools, seepages, and ditches. It is commonly in or on clean sand with little vegetation, although reportedly collected from among water cress. In any regard the water bodies are of doubtful permanence.

GENERAL DISTRIBUTION. Not precisely known. Connecticut west to Quebec and Ohio, north to Mackenzie drainage, south in the Rocky Mountains and Mexico.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Kansan to present.

REMARKS. This species is found in all but three collections and has a peak relative abundance of 3.2% in collection 14 (Fig. 4)

Gyraulus parvus (Say) 1817

Planorbis parvus Say 1817, Nicholson's Encycl., 1st ed., v. 2, pl. 1, fig. 5.

Gyraulus parvus Call 1900, Moll. Ind., p. 413, pl. 8, fig. 14.

--- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 491, pl. 12, figs. 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 15.

TYPE LOCALITY. Delaware River, near Philadelphia, Pennsylvania.

DIAGNOSIS. Shell small, ultradextral, depressed; growth lines oblique, crowded, fine, commonly crossed on base by several fine spiral lines; distinct spiral striae; whorls rapidly enlarging, rounded below the periphery, flattened above; base slightly concave; body whorl flattened; spire flat, first two whorls depressed; nucleus small, rounded; umbilical region wide, shallow, exhibiting all volutions; aperture long-ovate, prosocline, very nearly in same plane as body whorl in most specimens, declined in others, outer lip thin, acute, sharp, superior margin produced very much over the inferior margin; inner lip with a thin callus.

ECOLOGY. This species is found in a variety of habitats; the main factor seems to be an abundance of vegetation and quiet, shallow water. It has been collected in bodies of water varying from large lakes, vernal ponds, swamps, rivers, streams to ditches. It will burrow when faced with desiccation. Bottom strata are not an important criterion. Small specimens have been found by the hundreds on the stems of vegetation and on the underside of the leaves of water lilies. It has a pH range of 7.0-8.16 and a fixed carbon dioxide range of 8.16-30.56 ppm.

GENERAL DISTRIBUTION. North America, from the northern limit of the boreal forest in Alaska and Canada and from coast to coast. In Cuba and 'perhaps also in Northern Eurasia' (Taylor, 1960, p. 58).

GEOLOGIC RANGE. Middle Pliocene to present.

REMARKS. This species is present in all collections, but is most abundant in the upper two-thirds of the section (Fig. 4). Forms resembling *G. altissimus* and *G. circumstriatus walkeri* were observed, but these are gradational forms with *G. parvus*, so they are included here.

Helisoma anceps (Menke) 1830

- Planorbis bicarinatus* Say 1817, Nicholson's Encycl. 1st. ed., v. 2, no. 2, pl. 1, fig. 4.
Planorbis anceps Menke 1830; Syn. Meth., p. 36.
Helisoma anceps Robertson and Blakeslee 1948, Moll. Niagara Frontier, p. 65, pl. 6, figs. 31, 32.
 ---- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 498, pl. 13, figs. 1, 6, 7.
Helisoma anceps anceps Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 428, pl. 14, figs. 1-3.

TYPE LOCALITY. Virginia.

DIAGNOSIS. Shell discoidal, ultradextral; umbilicus deep and narrow; whorls sharply angled on periphery of the early whorls and rounded on the body whorl; collabral structure fine, in most specimens carinate on the upper surface of the body whorl and near the umbilicus, carinae when present rounded, sharp, or corded; aperture ear-shaped, expanded in some specimens, commonly thickened internally and with a moderately thick callus deposit on the parietal wall; outer lip thin.

ECOLOGY. It is most numerous in lakes or ponded

regions of creeks and rivers; also found in areas of rapid current. It is able to adapt to lower temperatures, hence it is found in small, deep lakes and spring-fed ponds as low as 15° C. It seems to always occur in permanent bodies rather than temporary ones. 'It is possible that both the warmer waters and some eutrophication will tend to favor the *Helisoma* group so that they may become dominant species while the lymnaeids would disappear' (van der Schalie and Berry, 1973, p. 85).

GENERAL DISTRIBUTION. Throughout North America from Great Slave Lake south to Oregon and northwestern Mexico, east to Alabama and the Atlantic Coastal states.

GEOLOGIC RANGE. Lower Pliocene to present.

REMARKS. This species is present in all but one collection, and slightly more abundant in the upper half of the section (Fig. 4).

Helisoma campanulatum (Say) 1821

- Planorbis campanulatus* Say 1821, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Jour., v. 2, p. 166.
Helisoma campanulatum Goodrich 1932, Moll. Mich., p. 32.
 ---- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 504, fig. 356.
Helisoma (Planorbella) campanulatum campanulatum Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 445, pl. 13, figs. 9-11; pl. 26, figs. 7-9.

TYPE LOCALITY. Cayuga Lake, New York.

DIAGNOSIS. Shell rounded, ultrasinistral, with early whorls slightly raised above the later ones, more often smooth than striate; last whorl pinched in before a flaring, bell-like lip; spire more or less flattened; early whorls on apical side all visible and slightly immersed below penultimate whorl, which may often extend perceptibly above the body whorl; umbilical side commonly exhibiting only the ultimate and penultimate whorls; collabral sculpture of rather coarse, closely spaced, raised lines.

ECOLOGY. This species is characteristic of lakes, but is also found in quiet parts of rivers and creeks. It is an inhabitant of shallow water with all types of bottoms and with or without vegetation. It is one of the most common snails in some lakes, a mat of dead shells often found on the beach. Van der Schalie and Berry (1973, p. 66) report maximum growth at 30° C and a maximum survival at 24° C, but with an optimum temperature of 25° C.

GENERAL DISTRIBUTION. Newfoundland to Ohio to North Dakota and north to Mackenzie River drainage.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Late Wisconsinan to present.

REMARKS. This species is found throughout the

lower two-thirds of the section, but never attains a relative abundance of 2% (Fig. 4). It is rare in the upper third.

Promenetus exacuus (Say) 1821

Planorbis exacuus Say 1821, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Jour., p. 168.

Promenetus exacuus exacuus Baker 1945, Moll. fam. Planorbidae, p. 182, pl. 41, figs. 1-10; pl. 42, figs. 1-3, u, 12; pl. 46, figs. 3, 4; pl. 48, figs. 4, 5; pl. 50, fig. 8; pl. 67, fig. 1; pl. 122, figs. 14-19, 26, 28.

Promenetus exacuus La Rocque 1968, pt. 3, Pleist. Moll. Ohio, p. 510, fig. 362.

Promenetus exacuus exacuus Clarke 1973, Malacologia, v. 13, p. 409, pl. 13, figs. 3-5.

TYPE LOCALITY. Lake Champlain, New York, Vermont, and Quebec.

DIAGNOSIS. Shell very much depressed, planorbiform, ultradextral; sculpture of fine lines of growth, commonly elevated, crossed by very fine spiral lines; periphery keeled close to or below center of body whorl; whorls rapidly increasing in diameter, sloping in a flatly rounded curve to the acutely keeled periphery; nucleus small, rounded, with fine spiral lines; spire very flat, all of whorls in same plane or apical whorls slightly sunken below that plane; sutures well impressed; umbilicus rather narrow, deep, exhibiting all volutions; aperture obliquely, obtusely triangular or ovate, prosocline; outer lip thin, acute; inner lip with thin callus; superior part of outer lip very much produced beyond the inferior part and expanded near the periphery.

ECOLOGY. This species is an inhabitant of quiet, shallow water. Clarke (1973, p. 412) found it in areas of moderately thick to thick vegetation and generally where the bottom was of mud.

GENERAL DISTRIBUTION. Northern North America from Mackenzie drainage to James Bay, south in northern United States to Mexico.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Yarmouth to present.

REMARKS. *P. exacuus* is found only in collections 10, 14, 15, 21, and 23 (Fig. 4). Three specimens per collection is the maximum.

Family Ancyliidae

Ferrissia parallela (Haldeman) 1841

Ancylus parallelus Haldeman 1841, Mon. Limniades N. Am., pt. 2, p. 3 of cover; 1844, p. 11, pl. 1, fig. 6.

Ferrissia parallela Walker 1918, Synopsis and Cat. Fresh-water Moll., p. 119.

----- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 521, fig. 375.

----- Clarke, 1973, Malacologia, v. 13, p. 481, pl. 28, figs. 9, 10.

TYPE LOCALITY. New England.

DIAGNOSIS. 'Shell narrow, elongated, the lateral margins nearly straight, widening more or less anteriorly, ends well rounded; anterior slope rather long, slightly convex; posterior slope shorter than anterior, straight or but slightly concave; right lateral slope nearly straight, left lateral slope slightly convex; apex sub-acute, slightly turned toward the right and slightly anterior of the center of the shell; radially striate; lines of growth fine, irregular, but well marked; the peritreme of the shell may be even or it may be concave at both ends' (Baker, 1928, p. 395).

ECOLOGY. This species is typical of shallow water in ponds and lakes. It is generally found on aquatic vegetation of many kinds.

GENERAL DISTRIBUTION. Nova Scotia and New England west to Manitoba and Minnesota; Rhode Island to Illinois.

GEOLOGIC RANGE. Pliocene to present.

REMARKS. Only two specimens were found singly in collections 11 and 18 (Fig. 3).

Family Physidae

Physa heterostropha (Say) 1817

Limnea heterostropha Say 1817, Nicholson's Encycl., Am. Ed., pl. 1, fig. 6.

Physa heterostropha Say 1821, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Jour. v. 2, p. 172.

----- La Rocque 1968, Pleist. Moll. Ohio, pt. 3, p. 545, fig. 399.

TYPE LOCALITY. Delaware River, near Philadelphia, Pennsylvania.

DIAGNOSIS. Shell thin, elongate, somewhat cylindrical, imperforate; sculpture of distinct growth lines; ultimate whorl very large, compressed or flatly rounded; spire pointed, acute, whorls flatly rounded; aperture large, 7/10 the length of the entire shell; outer lip flattened and slightly shouldered above, broadly rounded below, narrowed above; lip with a slight callus.

ECOLOGY. This species has become adapted to a wide variety of environments and depths. It is found in water from 3 inches deep to the bottom of lakes and on all sorts of bottoms. It is one of the most tolerant species to pollution (van der Schalie and Berry, 1973, p. 67), and is often abundant in polluted water.

GENERAL DISTRIBUTION. Maine south to the Potomac and Ohio Rivers and west to Wyoming and north to Manitoba; also Texas, Louisiana, and Utah.

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Sangamon to present.

REMARKS. This species is found in all collec-

tions. It decreases rapidly in relative abundance downward from collection 21, and decreases more slowly upward from collection 21 (Fig. 4). Most specimens have an affinity for the form *sayii*, typical of lake dwellers of the species.

Family Pupillidae

Subfamily Gastrocoptinae

Gastrocopta pentodon (Say) 1821

Vertigo pentodon Say 1821, Acad. Nat. Sci. Philadelphia Jour., v. 2, p. 376.

Gastrocopta pentodon Pilsbry 1916, Man. Conchology, v. 24, p. 28, pl. 3, figs. 2, 3, 5-8.

---- La Rocque 1970, Pleist. Moll. Ohio, pt. 4, p. 723, fig. 578.

TYPE LOCALITY. Pennsylvania.

DIAGNOSIS. Shell rimate, oblong-conic with obtuse summit, smooth, last whorl with rounded ridge or crest close behind the lip, and flattened near the base behind the ridge; teeth typically five; palatal folds standing on a low callus ridge, the lower fold compressed and entering a little more deeply than the smaller, tuberculiform one; peristome thin, narrowly expanded, with a thin, straight callus between the widely separated ends.

ECOLOGY. 'Lives on wooded hillsides or in well-drained groves, among leaves in the underbrush; also common among grass in forest and on open slopes' (La Rocque, 1970, p. 723).

GENERAL DISTRIBUTION. Prince Edward Island to British Columbia and south to Mexico and Guatemala, but not on the Pacific slope (La Rocque, *ibid.*).

GEOLOGIC RANGE. Pleistocene: Yarmouth to present.

REMARKS. This species was only found in the upper part of the section. It occurs singly in collections 3, 6, and 9, and three specimens were found in collection 1.

CONCLUSIONS

General Statement

In order to evaluate the significance of any Pleistocene assemblage, it must be compared to other assemblages, both living and dead. A unique opportunity exists here for the student of Pleistocene fossils that is not available to workers in older deposits. Since many of the fossil mollusks involved are still living today, the opportunity is available to study living representatives and rule out the shell characteristics which are invalid to use in identification. The opportunity is also here to examine in detail the habitats of living mollusks and apply this information to Pleistocene assemblages.

Most Pleistocene assemblages represent a thanatocoenosis, which consists of organisms that were not associated during life, but have been brought together after death by some natural agent. According to the rule of relative abundance (La Rocque, 1966, p. 17), 'In a given environment, the native species (autochthones) should be more abundant than those brought in from other environments (allochthones)!' Interpretations of assemblages must not be based simply on the numerical abundance of any species, but on the relative abundance, because some autochthones can be more prolific than others under similar environmental conditions. For example, species of *Ferrissia*, *Promenetus*, and *Pseudosuccinea* are often of low relative abundances even in areas of favorable environment (Clowers, 1966, p. 48). It can generally be assumed that the most abundant species are those which are more favored by environmental conditions.

Paleoecology.

Faunal assemblages similar to that of the Colon deposit have been found, and a study of these assemblages can aid in accurate determination of the former environment. La Rocque (1966, p. 9-111) has compiled a number of fossil, as well as Recent, assemblages into a convenient volume. While no assemblage should be expected to match another exactly, several of those listed (*ibid.*) have reasonably close similarity to the assemblage identified from the Colon deposit. Of note are 2-27 OHIO (p. 38-39), W-34 OHIO (p. 41), MINNESOTA-11 (p. 69), MINNESOTA-17 (p. 70), and OHIO-29 (p. 86). An interpretation of the Colon deposit based on the similarities between these assemblages would be that of a basic, shallow lake with a bottom of marl or organic detritus and abundant vegetation.

Several studies conducted since the compilation by La Rocque have demonstrated assemblages similar to that of the Colon deposit. These sections are from White Lake deposit, Langlade County, Wisconsin (Roy, 1964, p. 37-38, and Table 3); Box Marsh deposit, Renfrew County, Ontario (Clowers, 1966, p. 48-54 and Table 2); Manitou Lake deposit, Gatineau County Quebec (Bickel, 1970, p. 35-38 and Table 1); and Clark County deposit, Ohio (Nave, 1969, p. 37-38 and Table 5). Perhaps the closest resemblance is with the Big Turkey Lake deposit, Steuben and LaGrange Counties, Indiana (Camp, 1973, p. 5-8 and Table 1) which is located less than 30 miles SSE of the Colon deposit along another of the abandoned tributaries of the Kankakee Torrent.

The non-marine molluscan fauna of the Colon deposit is comprised of 23 species. The majority of these are typical lake forms and have been identified from deposits elsewhere. Four species of ctenobranchiate (gill-breathing) gastropods, nine species of pulmonate (lung-breathing) gastropods, nine species of sphaeriid clams, and one species of terrestrial gastropods are represented. This assemblage has been quantitatively analyzed, and the relative abundance and vertical distribution of each species has been determined (Table 1) and graphed

TABLE 1. RELATIVE PERCENTAGES OF MOLLUSK SPECIES.

| Collection | <i>Ammicola limosa</i> | <i>Ammicola Justicia</i> | <i>Peziselmia peiziselmia</i> | <i>Fossaria obrussa</i> | <i>Fossaria parva</i> | <i>Gastropoda Pentodon</i> | <i>Gyraulus circumscriptus</i> | <i>Gyraulus parvus</i> | <i>Helisoma anceps</i> | <i>Helisoma campanulatum</i> | <i>Platidium camerlanum</i> | <i>Platidium compressum</i> | <i>Platidium ferrugineum</i> | <i>Platidium obtusale</i> | <i>Physa heterostropha</i> | <i>Promentus exacuus</i> | <i>Sphaerium fabalis</i> | <i>Sphaerium laevigatum</i> | <i>Sphaerium palustre</i> | <i>Sphaerium palustre</i> | <i>Sphaerium palustre</i> | <i>Valvata sincera</i> | <i>Valvata tricarinata</i> | Number of shells identified | Total shells in collection | Number of shells in 1000 ml. | |
|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|------|
| 1 | 12.1 | 15.0 | | 11.3 | .2 | .3 | 4.2 | 3.2 | | | 9.3 | .2 | 1.1 | 4.0 | .2 | | | | | | | | 18.6 | 995 | 11,000 | 2100 | |
| 2 | 7.0 | 6.9 | | 21.5 | | | .2 | 12.0 | 1.8 | | 7.5 | .7 | 2.2 | 11.7 | .5 | | | | | | | | 25.9 | 1000 | 1000 | | |
| 3 | 9.4 | 16.1 | | 10.5 | | .1 | | 12.0 | 2.8 | | 12.7 | .8 | 2.1 | 13.2 | .7 | | | | | | | | 19.2 | 965 | 16,500 | 3400 | |
| 4 | 11.0 | 6.7 | | 12.1 | | | | 12.8 | 1.6 | | 21.5 | 2.0 | .8 | 13.9 | .8 | | | | | | | | 16.8 | 1042 | 15,000 | 3100 | |
| 5 | 8.7 | 9.1 | | 13.9 | | | .6 | 11.9 | 2.2 | | 13.8 | .1 | 1.8 | 16.0 | 1.8 | | | | | | | | 20.1 | 991 | 13,600 | 2800 | |
| 6 | 6.1 | 8.4 | | 17.1 | | .1 | .7 | 10.5 | 1.8 | .2 | 10.8 | .1 | 5.5 | 16.6 | 4.6 | | | | | | | | 16.7 | 996 | 16,000 | 3300 | |
| 7 | 8.7 | 9.0 | | 15.0 | | | .7 | 8.7 | 1.5 | | 12.3 | .4 | 7.3 | 17.7 | 4.0 | | | | | | | | 14.6 | 1000 | 14,500 | 3000 | |
| 8 | 5.8 | 5.1 | | 20.6 | | | .5 | 7.6 | 1.4 | 1.2 | 16.6 | 1.3 | 7.7 | 20.7 | 4.3 | | | | | | | | 7.7 | 999 | 16,000 | 3300 | |
| 9 | 2.6 | 2.1 | | 17.5 | | .1 | .8 | 10.7 | 1.0 | 1.3 | 24.7 | 1.0 | 10.4 | 15.8 | 6.7 | | | | | | | | 5.4 | 1001 | 16,000 | 3300 | |
| 10 | 7.2 | 4.4 | | 11.1 | | | 1.1 | 6.0 | 1.2 | 1.6 | 23.8 | 1.3 | 6.5 | 21.8 | 4.6 | .1 | | | | | | | 9.3 | 1002 | 16,000 | 3300 | |
| 11 | 10.5 | 14.0 | .1 | 8.7 | | | 1.4 | 4.6 | 2.8 | .8 | 21.3 | 2.8 | 1.7 | 12.8 | 5.8 | | | | | | | | 12.3 | 987 | 32,000 | 6600 | |
| 12 | 4.7 | 4.0 | | 21.2 | | | .7 | 8.1 | 3.7 | 1.2 | 25.0 | 1.5 | 3.7 | 14.4 | 6.3 | | | | | | | | 4.9 | 1041 | 11,500 | 2400 | |
| 13 | 8.7 | 5.3 | | 18.9 | | | 1.5 | 7.4 | 2.4 | .5 | 17.7 | 2.8 | 3.7 | 18.9 | 7.1 | | | | | | | | 7.0 | 999 | 16,000 | 3300 | |
| 14 | 11.9 | 16.4 | | 11.5 | | | 3.2 | 9.2 | 1.4 | .6 | 10.6 | 3.9 | 3.5 | 12.3 | 3.6 | .3 | | | | | | | 11.6 | 1000 | 16,500 | 3400 | |
| 15 | 13.9 | 37.9 | | 7.2 | | | 1.2 | 3.4 | 1.1 | .1 | 6.8 | 4.3 | 1.7 | 6.2 | 1.4 | .2 | | | | | | .1 | 14.5 | 1000 | 16,500 | 3400 | |
| 16 | 17.3 | 30.5 | | 5.1 | | | .9 | 3.3 | .8 | .3 | 11.8 | 1.8 | 1.3 | 7.0 | 3.4 | | | | | | | | 16.0 | 991 | 14,000 | 2900 | |
| 17 | 11.9 | 21.1 | | 5.7 | .1 | | 2.8 | 4.5 | .3 | .7 | 8.7 | .9 | 3.3 | 12.1 | 6.0 | | | | | | | | 19.5 | 1000 | 26,000 | 5400 | |
| 18 | 11.6 | 29.8 | .1 | 7.6 | .3 | | 1.1 | 4.1 | .1 | .2 | 5.6 | .6 | 4.6 | 5.5 | 6.6 | | | | | | | | 21.2 | 1000 | 20,000 | 4200 | |
| 19 | 11.7 | 30.4 | | 7.7 | .6 | | 1.4 | 2.9 | | .7 | 5.4 | .4 | 2.7 | 3.4 | 6.3 | | | | | | | | 21.2 | 1031 | 25,000 | 5200 | |
| 20 | 15.6 | 33.5 | | 8.0 | .2 | | 1.5 | 1.7 | .2 | 1.0 | 4.5 | 1.2 | 1.9 | 5.0 | 7.4 | | | | | | | | 18.2 | 1000 | 16,000 | 3300 | |
| 21 | 18.8 | 27.6 | | 5.9 | | | 1.1 | 2.1 | .5 | .5 | 3.3 | 2.5 | 2.2 | 4.0 | .2 | .1 | | | | | | | 21.9 | 1007 | 32,000 | 6600 | |
| 22 | 15.6 | 26.3 | | 8.3 | .3 | | 1.1 | 2.0 | .6 | .2 | 8.3 | .3 | .4 | 5.4 | 4.7 | | | | | | | | 26.2 | 997 | 32,000 | 6600 | |
| 23 | 11.4 | 37.9 | | 2.8 | | | .9 | .4 | .9 | .1 | 13.8 | 4.8 | .6 | 12.3 | 1.2 | .2 | | | | | | .1 | 12.6 | 1001 | 15,500 | 3200 | |
| 24 | 17.1 | 36.8 | | 2.5 | | | 2.9 | .2 | .8 | | 10.4 | 7.7 | .4 | 9.6 | .3 | | | | | | | | .1 | 15.6 | 996 | 11,000 | 2100 |
| 25 | 15.4 | 11.5 | | 2.4 | | | 2.4 | .2 | .1 | .1 | 8.2 | 4.5 | 2.1 | 7.4 | 2.1 | | | | | | | | 20.9 | 984 | 27,000 | 5600 | |

(Figs. 3 and 4). The estimated total number of shells in each collection (288 cu. in.) has been determined (Table 1) and graphed (Fig. 5). The number of shells per 1000 ml has also been calculated (Table 1).

The overall abundance of *Ammicola limosa*, *A. lustrica*, *Gyraulus parvus*, *Pisidium casertanum*, *P. obtusale*, and *Valvata tricarinata* indicates a shallow water environment, abundant vegetation with clear areas, and some depressions in the lake bottom where conditions were more nearly anaerobic. This view is too simple, however, as a study of the vertical variations in the assemblage indicates.

As indicated earlier in the various 'Remarks' sections under each species and as observable in Figures 3 and 4 and Table 1, the section of the Colon deposit can be divided into three intervals of about one-third each on the basis of faunal changes.

Interval C can be observed to have *Ammicola limosa*, *A. lustrica*, and *Valvata tricarinata* in abundance with numerous, but varying, numbers of *Pisidium casertanum* and *P. obtusale* (fewer than in Interval B). *P. compressum*, *P. ferrugineum*, *Gyraulus parvus*, *Fossaria obrussa*, and *Physa heterostropha* are present, but scarce. *Fossaria parva*, *Promentus exacuus*, *Valvata sincera*, *Helisoma anceps*, *H. campanulatum*, and species of *Sphaerium* are rare. This assemblage indicates clear, shallow water with little disturbance by wave action due to the fact that many of the clam shells are not disarticulated and the presence of abundant ctenobranchs. Vegetation was probably abundant, but a few clear areas

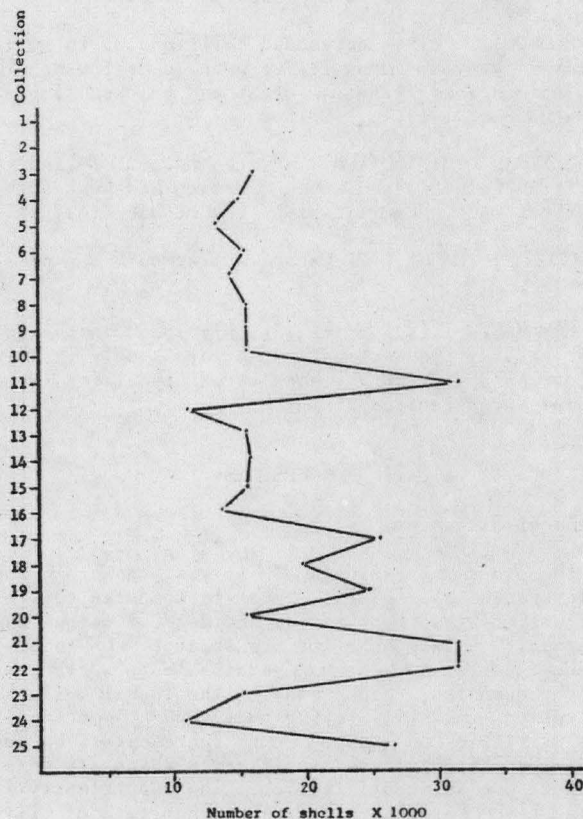


FIGURE 5. ESTIMATED NUMBER OF MOLLUSK SHELLS IN EACH COLLECTION.

were probably present as indicated by the numbers of *Pisidium casertanum*. The water was probably cool, indicated by the abundance of ctenobranchs. The lake may have had deeper areas or areas with more nearly anaerobic conditions to account for *P. obtusale*. Conditions outside of the water were evidently not favorable for the presence of terrestrial gastropods because a small hill north of the deposit would surely have added some of these snails to the deposit by slope wash. The bottom was of algal-produced lime mud as evidenced by strands and fragments of algae in the marl, and almost no material was being introduced from outside the lake. The rare presence of *Fossaria parva* may indicate nearby mud flats or vegetation that extended above the water level. A comparison of available data shows that the pH would have most likely been 7.0-8.0 and the fixed carbon dioxide content from 20-30 ppm.

The assemblage of Interval B (Table 1) is dominated by *Fossaria obrussa*, *Pisidium casertanum*, and *P. obtusale*. *Annicola limosa*, *A. lustrica*, and *Valvata tricarinata* are abundant in the lower part of this zone, but decreased upward. *Gyraulus parvus* and *Physa heterostropha* are common, and *Gyraulus circumstriatus*, *Helisoma anceps*, *H. campanulatum*, *Pisidium compressum*, and *P. ferrugineum* are scarce. Half of the 20 identified specimens of *Sphaerium* are found in this zone. This assemblage shows that vegetation was becoming less abundant. The decrease in the ctenobranchs and increase in *Pisidium* indicates vegetation, but conditions still seem to have been of shallow water with little current action because many of the clams are not disarticulated. The water could have been somewhat turbid as indicated by the low abundance of ctenobranchs. The *Sphaerium* are poorly preserved and exhibit some corrosion and may have been introduced from an area of current action. The same can be said for the specimens of *Pisidium compressum* which are not as worn, but very few articulated specimens were found. Complete absence of *Fossaria parva* seems to indicate that there was no mud flat area on the lake edges. This may have been due to a slight deepening of the lake and covering of any such areas which may have existed. The abundance of *Pisidium obtusale* indicates an anaerobic environment. These clams must have lived in isolated patches or in slightly deeper water to have been in a favorable habitat. In any case they were not moved far for many of the shells were articulated. A comparison of available data on the water conditions required by the species represented shows that the pH would have been less than in Interval C or 6.5 to 7.5 and the fixed carbon dioxide 10 to 25 ppm.

The upper part of the Colon deposit (Interval A) has an abundance of *Valvata tricarinata*, *Pisidium casertanum*, *P. obtusale*, *Gyraulus parvus*, and *Fossaria obrussa*. *Annicola limosa* and *A. lustrica* are more numerous than in Interval B, but do not regain the abundance of Interval C. Common forms include *Helisoma anceps* and *Pisidium ferrugineum*. *Physa heterostropha* decreases upward in relative abundance. *Fossaria parva* appears again in collection

1; *Helisoma campanulatum* disappears; *Gyraulus circumstriatus* becomes very rare. *Gastrocopta pentodon* is first found in collection 9 and appears but rarely in Interval A. Its presence indicates that the environment surrounding the marl-forming lake had become favorable for habitation by terrestrial gastropods. Most of the assemblage suggests a return to the conditions of Interval C. The temperature was not as cool because specimens of *Annicola* are not as abundant, and there were more places where *Pisidium obtusale* could exist. There was evidently more vegetation and less turbidity than in Interval B as indicated by the increase in ctenobranchs. The water was a little shallower, however, because many of the clams are disarticulated and there is evidence of mud flats. The species present indicate a pH of 7 to 8 and a carbon dioxide content of 20 to 30 ppm.

Large numbers of *Goniobasis livescens* were noted on the shore of the abandoned marl pit, but none appeared in any of the samples that were picked. A very few specimens occurred in material that was not picked. The presence of these snails in a marl deposit signifies a large lake with coarse bottom material or the nearness of a stream or river. In either case the water was well aerated.

Traces of naiad fragments were found in the picked collections, but none of them could be identified. Samples collected from the bank of the abandoned marl pit included *Lampsilis* and *Anodonta* and also indicate the presence of a coarse bottom or nearby stream and well aerated water.

Since it has been reported that a chain of marl lakes occurs in this area (Hale and others, 1903, p. 103), it may be that the marl lakes now observable are all bottomed in a continuous marl bed in an old glacial meltwater valley. This valley may have been the location of a large marl-forming lake. The Colton deposit could be just a sample of a near shore area of the large lake and thus would have few specimens from the deeper, more coarse-bottomed central portion of the lake. The shells of *Goniobasis* could have been washed by current action into the marl at the location sampled and accumulated on or near the shore line. Or they could be more indicative of conditions early in the formation of marl in the Colon deposit and have washed into the shore line of the abandoned pit from deeper in the section. Some current action is probable, however, because many of the specimens of *Goniobasis* were covered by oncolites.

The presence of the naiades might indicate burrowing from above during deposition of the gravel. If this is the case the upper few inches of the current marl deposit must have been reworked, however, because the shells were not recovered in their growth positions or in an articulated condition. To obtain an answer to this problem, it would be necessary to sample the deposit closer to the old shore line and also deeper in the lake basin.

Age and Correlation

Wetzel (1970) made a study of Pretty Lake, La-Grange County, Indiana. Data obtained from that deposit should correlate approximately with the Colon deposit, because Pretty Lake is just 25 miles SSE of Colon on an old tributary of the Kankakee Torrent which drained the western edge of the Erie Lobe (Zumberge, 1960, Fig. 1). The Sturgis moraine (Fig. 2) lies between the two marl deposits.

A warming trend occurred with the retreat of the ice during the Valders Substage at about 11,000 B.P. This resulted in increased deposition of organic products followed by approximately 3,000 years of accumulation of organics. From 6,500 to 5,500 B.P. the deposition of organic material decreased and the deposition of carbonate increased markedly (Wetzel, 1970, p. 496). Considering this information from Pretty Lake the initiation of main carbonate deposition of the Colon deposit probably came at 5,500 to 5,000 B.P.

REFERENCES

- AUKEMAN, F. N. (1960) Pleistocene molluscan faunas of the Oakhurst deposit, Franklin County, Ohio. -- Ohio State Univ., M.S. Thesis (unpubl.), 145 p., 33 figs.
- BAKER, F. C. (1911) The Lymnaeidae of North and Middle America, Recent and fossil. -- Chicago Acad. Sci. Spec. Publ. 3, 539 p., 58 pls., 5 figs.
- (1919) The ecology of North American Lymnaeidae. -- Science, n. s., v. XLIX, no. 1274, p. 519-521.
- (1920a) The life of the Pleistocene or Glacial Period. -- Univ. Ill. Bull. 17, 476 p., 57 pls., 5 figs.
- (1920b) Pleistocene Mollusca from Indiana and Ohio. -- Jour. Geol., v. 28, p. 439-457, 3 tables.
- (1921) The importance of ecology in the interpretation of fossil faunas. -- Ecology, v. II, no. 4, p. 277-280.
- (1928) The fresh water Mollusca of Wisconsin. -- Wis. Geol. Nat. Hist. Survey Bull. 70, pt. I, Gastropoda, 507 p., pls. 1-28; pt. II, Pelecypoda, 495 p., pls. 29-105, figs.
- BERRY, E. G. (1943) The Amnicolidae of Michigan: distribution, ecology, and taxonomy. -- Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan, no. 57, 68 p., 9 pls., 10 figs.
- BICKEL, E. D. (1970) Pleistocene non-marine Mollusca of the Gatineau Valley and Ottawa areas of Quebec and Ontario, Canada. -- Sterkiana, no. 38, p. 1-50, 9 pls., 8 figs., 5 tables.
- CALL, R. E. (1900) A descriptive illustrated catalogue of the Mollusca of Indiana. -- Ind. Dept. Geol. and Nat. Resources, 24th Ann. Rept., p. 335-535, 78 pls.
- CAMP, M. J. (1973) Pleistocene lacustrine deposits and molluscan paleontology of western Ohio, eastern Indiana, and southern Michigan. -- Sterkiana, no. 52, p. 1-27, 8 figs., 9 tables.
- (1974) Pleistocene Mollusca of three southern Michigan marl deposits. -- Sterkiana, no. 56, p. 21-64, 10 pls., 10 figs., 8 tables.
- CLARK, A. L. (1961) Pleistocene molluscan faunas of the Castalia deposit, Erie County, Ohio. -- Sterkiana, no. 3, p. 19-39, 10 figs.
- CLARK, C. F. (1962) Records of gastropods collected in western Ohio. -- Sterkiana, no. 6, p. 15-22.
- CLARKE, A. H. (1973) The freshwater molluscs of the Canadian Interior Basin. -- Malacologia, v. 13, nos. 1-2, p. 1-509, 28 pls., 9 figs., 35 charts, 87 maps, 9 tables.
- CLOWERS, S.R. (1966) Pleistocene Mollusca of the Box Marsh deposit, Admaston Township, Renfrew County, Ontario, Canada. -- Sterkiana, no. 22, p. 31-59, 11 figs., 3 tables.
- CORNEJO, J. (1961) Pleistocene molluscan faunas of the Souder Lake deposit, Franklin County, Ohio. -- Sterkiana, no. 4, p. 35-49, 12 figs.
- FLINT, R. F. (1971) Glacial and Quaternary geology. -- New York, John Wiley and Sons, 892 p.
- GIBSON, G. G. (1967) Pleistocene non-marine Mollusca of the Richardson Lake deposit, Clarendon Township, Pontiac County, Quebec, Canada. -- Sterkiana, no. 25, p. 1-36, 16 figs., 3 tables.
- GOODRICH, C. (1932) The Mollusca of Michigan. -- Mus. Zool., Univ. Michigan, Michigan Handbook Series no. 5, 120 p., 7 pls.
- and van der SCHALIE, H. (1939) Aquatic Mollusks of the Upper Peninsula of Michigan. -- Misc. Publ., Mus. Zool., Univ. Michigan, no. 43, 45 p., 2 maps.
- and ---- (1944) A revision of the Mollusca of Indiana. -- Amer. Midl. Nat., v. 32, p. 257-326.
- HALE, D.J. and others (1903) Marl (bog lime) and its application to the manufacture of Portland cement. -- Geol. Survey Michigan, v. VIII, pt. III, 399 p., 23 pls., 43 figs.
- HEARD, W. H. (1962) Distribution of Sphaeriidae (Pelecypoda) in Michigan, U.S.A. -- Malacologia, v. 2, no. 3, p. 381-411, 4 pls., 3 figs., 6 tables.

--- (1965) Comparative life histories of North American pill clams (Sphaeriidae: *Pisidium*). -- *Malacologia*, v. 2, no. 3, p. 381-411, 7 pls., 3 figs., 6 tables.

HENDERSON, J. (1935) Fossil non-marine Mollusca of North America. -- *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* no. 3, 313 p.

HERRINGTON, H.B. (1962) A revision of the Sphaeriidae of North America (Mollusca: Pelecypoda). -- *Misc. Publ. Mus. Zool., Univ. Michigan*, no. 118, 74 p., 7 pls., 2 figs.

--- and TAYLOR, D.W. (1958) Pliocene and Pleistocene Sphaeriidae (Pelecypoda) from the central United States. -- *Occ. Papers, Mus. Zool., Univ. Michigan*, no. 596, p. 1-28, 1 pl.

LA ROCQUE, A. (1959) Checklist of Ohio Pleistocene and living Mollusca. -- *Sterkiana*, no. 1, p. 23-49.

--- (1960) Quantitative methods in the study of non-marine Pleistocene Mollusca. -- *Internat. Geol. Congr., 48 Sess., Rept. pt. 4*, p. 134-141, 1 fig.

--- (1966-1970) Pleistocene Mollusca of Ohio. -- *Ohio Geol. Survey Bull.* 62, pt. 1, Introduction and Paleoecology, p. 1-112, 2 figs.; pt. 2, Naiades and Sphaeriidae, p. 113-356, 206 figs., 8 pls.; pt. 3, Freshwater Gastropoda, p. 327-553, 200 figs., 6 pls.; pt. 4, Terrestrial Gastropoda, 246 p., 216 figs., 4 pls.

LEONARD, A. B. (1950) A Yarmouthian molluscan fauna in the mid-continent region of the U.S. -- *Kans. Univ. Paleont. Contr., Mollusca*, art. 3, p. 1-48, 6 pls., 4 figs.

--- (1959) Handbook of gastropods in Kansas. -- *Univ. Kansas, Nat. Hist. Mus., Misc. Publ.* no. 20, 224 p., 11 pls., 87 figs.

MOWERY, D.H. (1961) Pleistocene molluscan faunas of the Jewell Hill deposit, Logan County, Ohio. -- *Sterkiana*, no. 4, p. 1-21, 17 figs.

MOZLEY, A. (1938) The fresh-water Mollusca of sub-arctic Canada. -- *Canad. Jour. Res. (Sec. D)*, v. 16, no. 5, p. 93-138, 1 pl.

NAVE, F.R. (1969) Pleistocene Mollusca of southwestern Ohio. -- *Sterkiana*, no. 34, p. 1-47, 0 pls., 6 figs., 7 tables.

REYNOLDS, M.B. (1959) Pleistocene molluscan faunas of the Humboldt deposit, Ross County, Ohio. -- *Ohio Jour. Sci.* v. 59, p. 152-166, 6 figs.

ROY, E. C., Jr. (1964) Pleistocene non-marine Mollusca of northeastern Wisconsin. -- *Sterkiana*, no. 15, p. 5-77.

van der SCHALIE, H. (1936) The Naiad fauna of the St. Joseph River drainage in southwestern Michigan. -- *Amer. Midl. Nat.* v. 17, p. 523-527.

--- and BERRY, E. G. (1973) The effects of temperature on growth and reproduction of aquatic snails. -- *Sterkiana*, no. 50, p. 3-92, 58 figs., 20 tables, 7 maps, 11 pls.

SCOTT, I. D. (1921) Inland lakes of Michigan. -- *Michigan Geol. and Biol. Survey, Publ.* 30, *Geol. Ser.* 25, 383 p., 20 pls., 93 figs.

SHALLOM, L. J. (1965) Pleistocene molluscan fauna of the Lac Blanc deposit, Matapedia County, Quebec, Canada. -- *Sterkiana*, no. 19, p. 41-54, 13 figs., 1 table.

SWAIN, F.M. (1956) Stratigraphy of lake deposits in central and northern Minnesota. -- *A.A.P.G. Bull.*, v. 40, p. 600-653, 29 figs.

TAYLOR, D.W. (1960) Late Cenozoic molluscan faunas from the High Plains. -- *U.S.G.S. Prof. Paper* 337, p. 1-94, pls. 1-4.

--- (1966) Summary of North American Blancan nonmarine mollusks. -- *Malacologia*, v. 4, p. 1-172, 8 pls., 18 figs., 7 tables.

WALKER, B. and LANE, A.C. (1900) Shells of the marls of Huron County. -- *Geol. Survey Michigan*, v. 7, pt. II, p. 247-252.

WATTS, W. A. and BRIGHT, R. C. (1968) Pollen, seed, and mollusk analysis of a sediment core from Pickerel Lake, northeastern South Dakota. -- *Geol. Soc. Amer., Bull.*, v. 79, p. 855-876, 1 fig., 2 pls.

WAYNE, W. J. and ZUMBERGE, J. H. (1964) Pleistocene geology of Indiana and Michigan. -- *IN Wright, H.E. and FREY, D.G., eds., The Quaternary of North America*, Princeton Univ. Press, 922 p.

WETZEL, R. G. (1970) Recent and post-glacial production rates of a marl lake. -- *Limnol. and Oceanogr.*, v. 15, no. 4, p. 491-503.

WURTZ, C.B. (1949) *Physa heterostropha* (Say). -- *Nautilus*, v. 63, no. 1, p. 20-33, pl. 2.

ZOLTAI, S. D. and HERRINGTON, H. B. (1966) Late glacial molluscan fauna north of Lake Superior, Ontario. -- *Jour. Paleont.*, v. 40, no. 2, p. 439-446.

ZUMBERGE, J. H. (1960) Correlation of Wisconsin drifts in Illinois, Indiana, Michigan, and Ohio. -- *Geol. Soc. Amer., Bull.*, v. 71, p. 1171-1188, 1 fig.

Manuscript accepted for publication June 28, 1974

EFFETS DES VARIATIONS DE LA TEMPERATURE DE L'EAU SUR QUELQUES ESPECES DE PHYSIDAE, LYMNAEIDAE, PLANORBI- DAE ET HYDROBIIDAE (GASTROPODA)

Guy Vaillancourt¹ et Richard Couture²

INTRODUCTION

Les mollusques Gastéropodes constituent des outils idéaux pour tester les conditions de l'environnement. A cause de leur comportement: poikilotherme, peu de motilité, ils peuvent et ils doivent subir les changements anormaux de la température de l'eau qui résultent d'opération de centrales thermiques et nucléaires. Ajoutons qu'il est possible de conserver en aquarium certaines espèces communes ce qui permet d'élaborer des travaux expérimentaux relatifs à la pollution thermique.

Les travaux axés sur la quantité d'eau chauffée usée que l'on déverse dans les rivières, les estuaires, les océans ou les lacs sont étonnamment révélateurs des dangers occasionnés par la pollution thermique (Cairns, 1968). Nous savons que l'élimination des différentes espèces dépendra de leur degré de sensibilité; or, nous commençons seulement à nous rendre compte que certaines d'entre elles sont très sensibles à l'apport thermique.

Les travaux d'Arnold (1969) ont mis en lumière la recrudescence des problèmes liés à la pollution thermique et à l'énergie nucléaire dans les Grands Lacs. Il a souligné que la température est un facteur très important dans les processus autant physiques que biologiques. De tels problèmes sont appelés à s'amplifier puisqu'on a prédit que la demande en énergie électrique doublerait tous les 10 ans. Il appert, selon Arnold (*op. cit.*) que l'effet le plus vraisemblable des décharges d'eau chau-

de se traduit par une augmentation de la production biologique dans la région avoisinante et cela peut créer des fleurs d'eau qui constituent déjà un problème dans les lacs Ontario et Erié et dans quelques régions du lac Michigan. Nous pouvons ajouter que les changements des conditions de température affectent non seulement la production biologique mais aussi est susceptible d'éliminer les mollusques qui habitent ces lacs. Ces changements ne sont pas insignifiants puisque, en biomasse, les Gastéropodes sont de beaucoup supérieurs aux autres groupes d'invertébrés. Pour le lac Saint-Louis, au Québec, les observations de Magnin (1970) montrent que les Gastéropodes constituent 40% de la biomasse des invertébrés benthiques.

MacKenthum et Koup (1969) ont eux aussi établi que la température est l'agent régulateur primordial des processus naturels de l'environnement aquatique à cause de sa capacité à déterminer le degré de métabolisme. Dépendant de l'importance du changement des températures du milieu, les organismes peuvent être activés, affaiblis, restreints ou tués.

Merriman (1970) a étudié la pollution thermique sur le site de générateurs nucléaires à l'embouchure de la rivière Connecticut. Selon cet auteur, il ne suffit pas de faire face carrément aux problèmes écologiques causés par les besoins croissants en énergie, il faut en plus élaborer parallèlement aux programmes de construction de développement énergétique des programmes de recherches sur l'environnement de façon à minimiser les effets de l'énergie thermique et nucléaire.

Abrahamson (1972) nous informe également par ses travaux de certains effets écologiques tributaires de l'opération des usines thermiques et nucléaires. Il a notamment déclaré que plus des deux tiers (2/3) de la quantité de chaleur produite par une station nucléaire est déchargée comme résidu dans

1. Deuxième thèse sur la proposition de faculté soutenue à Paris VI le 1^{er} juin 1974 en présence de Messieurs Lamotte, Chodorowski, Dreux et Testard constituant le jury.

Adresse actuelle de M. Vaillancourt, Université du Québec à Trois-Rivières.

2. M. Richard Couture est professeur au département de Chimie-Biologie de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

le milieu environnant. Pour peu qu'on libère cette quantité de chaleur dans les lacs, les rivières ou les estuaires, on peut s'attendre à de nombreux changements sérieux. Les problèmes relatifs à la pollution thermique ont été bien définis par Cairns (1972) et il a présenté des alternatives à ceux qui se préoccupent du maintien de l'équilibre à l'intérieur des écosystèmes naturels. L'augmentation rapide de la pollution thermique dans les cours d'eau due aux utilisations industrielles croissantes nécessite des changements fondamentaux dans les politiques d'utilisation et ce, pour un meilleur contrôle de la qualité de l'environnement. Pendant que l'on discute de façon détaillée de problèmes de techniques, d'observations et d'analyses pour déceler les modifications du milieu dues aux eaux chauffées, les compagnies d'électricité et toutes les autres qui utilisent l'environnement pour évacuer leurs déchets considèrent que c'est un mal pour un bien puisque la civilisation en profite. Nous sommes placés devant l'alternative suivante: ou nous continuons d'accroître la pollution de l'environnement, ou nous l'utilisons rationnellement de manière qu'il serve le plus possible à des utilisations bénéfiques. Si nous prenons la première solution, nous n'aurons bientôt plus aucun choix. Si par contre, nous optons pour la seconde, nous devons créer des institutions pour coordonner et outiller les décisions complexes qui concernent les utilisations de l'environnement et sa sauvegarde.

Il est évident que beaucoup plus d'expériences en laboratoire seront nécessaires pour arriver à éprouver les effets de la température sur une variété de groupes benthiques affectés. La modification structurale de la biocénose d'une pièce d'eau peut se mesurer de deux façons: par la réduction du nombre total d'espèces trouvées dans cette pièce d'eau et par les variations du rapport entre les espèces tolérantes et non tolérantes aux changements de température. Cette dernière façon est sans aucun doute la plus difficile à utiliser car les effets physiologiques spécifiques liés aux variations de la température sont encore mal connus.

Les changements physiologiques conséquents aux variations anormales de température ont été signalés par Cairns (1968). Il y aurait des aberrations internes fonctionnelles (oxygène réduit, rupture de l'approvisionnement en nourriture, baisse de la résistance aux substances toxiques), l'inhibition de la reproduction ou des autres activités critiques du cycle vital, un remplacement compétitif par des espèces plus tolérantes et enfin, la mort des organismes résultant de l'effet de la température. Ces nombreux effets sont évidents dans les expériences poursuivies par van der Schalie et Berry (1972) concernant les effets du réchauffement de l'eau sur les Gastéropodes. Par exemple, pendant que certains Gastéropodes se développaient bien dans une eau plus chaude que la normale, souvent ces derniers ne réussissaient pas à se reproduire. De plus, les élévations de température de l'eau peuvent occasionner une modification de la structure des biocénoses benthiques. Le déplacement des espèces indigènes telles les Lymnaeidae peut favoriser l'établissement de conditions pro-

pices à certains Planorbidae tels les *Biomphalaria*, qui peuvent, comme on le sait, servir d'hôtes intermédiaires aux schistosomiasis.

La biologie des mollusques est étroitement liée aux températures ambiantes. Par conséquent, il faut non seulement s'assurer de leur capacité à supporter les changements brusques mais aussi apprendre comment la température normale et anormale influence leur comportement.

Ce présent travail a pour but de mettre en évidence les corrélations entre les variations de la température de l'eau et la biologie de certaines espèces de mollusques. Nous nous limiterons à l'étude des Gastéropodes pulmonés et prosobranches des familles Lymnaeidae, Planorbidae, Physidae et Hydrobiidae, parce que les Gastéropodes constituent la majeure partie de la biomasse benthique dans la région de Gentilly où s'effectuent nos travaux; de plus, la densité des Lamellibranches de ce secteur est faible et la littérature traitant des effets thermiques sur les bivalves est pauvre. Les paramètres biologiques, objets de notre étude, seront la croissance, la reproduction, la mortalité, l'aspect épidémiologique et les migrations. Notre revue de littérature s'attachera à décrire ce qui a été fait à ce propos, surtout en Amérique du Nord.

GENERALITES

Alors que de nombreux travaux indiquent que la température joue un rôle important sur la biologie animale, il est souvent difficile de trouver des renseignements spécifiques quant à son influence sur les espèces ou sur les groupes d'espèces. Une série d'études sur les effets de l'élévation de la température sur les poissons se retrouvent dans les ouvrages de Britton (1924), Brues (1928), Binet et Morin (1934), Brett (1944), Charlton (1968), Holdaway, Resi, Thomas, Parrish, Stewart et Mackenthun (1967) et Raney et Menzel (1969). Les premiers travaux sur les Gastéropodes ont été ceux de Hogg (1854) et de Semper (1881) qui ont étudié la biologie de *Lymnaea stagnalis* (Linn.). De Witt (1954) au Michigan et Dewit (1955) aux Pays-Bas ont tous deux reconnu l'importance de la température de l'eau sur les espèces appartenant au groupe de Physidae. McNeil (1959) 1960, 1961 et 1963 a fait des recherches sur la survie des Lymnaeidae et des Physidae en hiver, dans le système de drainage du Columbia dans l'état de Washington. Shiff (1964a, 1966), Sturrock (1966) et Jobin (1970) ont étudié le rôle de la température sur la biologie des Planorbidae qui servent d'hôtes intermédiaires aux parasites du sang qui causent des maladies telles que la schistosomiasis en Afrique et à Porto Rico. A partir de leurs travaux sur ces espèces tropicales, il a été démontré que certains Planorbidae ont tendance à mieux se développer dans une eau chaude.

Standen (1952) a été le premier à effectuer des recherches complètes en laboratoire sur les effets du réchauffement de l'eau sur l'espèce *Biomphalaria glabrata* (Say) de la famille des Planorbidae. Mich-

elson (1961), utilisant aussi le *Biomphalaria glabrata* (Say) a découvert que 30° C constituait la température optimale pour une croissance maximale, mais que la reproduction ne se faisait plus à cette température. Shiff (1964b, c) a découvert que le *Bulinus* (*Physopsis*) *globosus* (Morelet) qui appartient aussi à la famille des Planorbidae se retrouve à une température de 18° C, mais en laboratoire sa température optimale est de 25 C. Après des recherches en laboratoire sur le *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss), Sturrock (1966) suppose que les Gastéropodes hôtes intermédiaires des *Schistosoma mansoni* ne peuvent supporter une exposition à des températures excédant 28° C à 30° C pendant plusieurs mois dans la nature.

Chernin (1967) a comparé les effets d'un réchauffement de l'eau sur l'espèce *Biomphalaria glabrata* (Say) et l'espèce *Bulinus truncatus* (Audouin) à l'espèce *Lymnaea elodes* (Say). La première espèce citée se trouve dans un milieu modérément chaud. *Lymnaea elodes* (Say) a tendance à se concentrer dans un milieu relativement froid, et *Bulinus truncatus* (Audouin) se répartit aussi bien en milieu chaud qu'en milieu froid. Jobin (1970) a étudié le comportement de *Biomphalaria glabrata* (Say) dans trois mares d'une ferme portoricaine; il rapporte que la température optimale pour la production d'oeufs est de 25° C et que la reproduction cesse lorsque la température descend au-dessous de 20° C ou monte à plus de 30° C.

Le meilleur résumé relatif à l'acclimatation des mollusques semble être celui de Segal (1961) qui déclare: 'Nous savons que les taux de croissance et les autres fonctions du métabolisme des poïkilothermes de milieux différents sont fonctions de variations de température. Les poïkilothermes qui se conforment passivement à la température du milieu montrent par contre des changements dans les taux de croissance et dans les degrés de métabolisme en adaptation aux températures qu'ils rencontrent à des latitudes différentes, des saisons et des microhabitats.'

Les caractéristiques de l'eau douce tant physiques que chimiques et biotiques sont très variables. Les variations maximales que doivent subir les mollusques dulcicoles correspondent pratiquement aux limites absolues du métabolisme des méazoaires. Les Gastéropodes pulmonés *Lymnaea elodes* (Say) et *Fossaria perplexa* Baker et Anderson survivent tout l'hiver dans des canaux drainés subissant ainsi une période de 55 jours à des températures inférieures à 0° C (McNeil et Walter, 1957). L'espèce *Paludetrina aponensis* L., Gastéropode prosobranch, a été observée par Issel (1908) dans les eaux thermales d'Abano, au nord de l'Italie, à des températures de 32° C à 36° C et même jusqu'à 46° C. L'espèce commune *Lymnaea peregra* Lam., Gastéropode pulmoné, survit à des températures de 45° C dans les sources thermales des Pyrénées (Issel, 1908). *Physa virginea* Gould a été observée par Brues (1928) à des températures de 35,5° C à 38,7° C dans les sources thermales de l'ouest des Etats-Unis. Des études du 'World Health Organisation' (1957) ont montré que le planorbide *Biompha-*

laria glabrata (Say) (hôte des Schistosomes) survit à des températures aussi basses que 0° C et aussi hautes que 42° C et parfois même jusqu'à 52° C pour quelques minutes. Cette espèce peut se reproduire à des températures pouvant atteindre parfois 32° C.

Tel qu'il est indiqué dans les nombreux travaux cités plus haut, la majorité des études qui ont été faites, en particulier celles sur les espèces de la famille des Planorbidae, sont restreintes aux seules régions tropicales. Par contre, on sait peu de choses sur les effets de la température dans les régions tempérées en dépit du fait que les espèces de la famille des Planorbidae vivant dans la région des Grands Lacs sont plus nombreuses et plus diversifiées que celles que l'on trouve dans les régions tropicales. Ces espèces sont d'un intérêt capital en ce sens qu'elles constituent une importante source de nourriture pour les poissons. La pollution thermique est devenue un des problèmes les plus graves de la région des Grands Lacs, ce à cause du grand nombre de réacteurs installés sur le pourtour de ceux-ci et sur les rivières environnantes pour produire l'électricité. Du reste, on prévoit d'en installer d'autres dans un futur immédiat. On ne sait pas quels effets ils auront sur la faune malacologique.

CROISSANCE

Lymnaeidae

Un des premiers travaux connus sur la croissance de *Lymnaea stagnalis* (Linn.) (Hogg, 1854) ne tenait pas compte de l'influence de la température. Les travaux de Semper (1881) sur l'influence du volume d'eau sur la croissance révélèrent que lorsque la température de son laboratoire diminuait à 13° C, les jeunes *Lymnaea stagnalis* (Linn.) cessaient de se nourrir et de croître et que les petits spécimens n'atteignaient à cette température que 3 mm de longueur en 25 jours comparativement à une longueur de 10 mm à la température normale (21° C).

Dans une série d'études sur *Lymnaea stagnalis* (Linn.) au Michigan, Crabb (1929) a mis en évidence l'effet de la température et de la lumière sur la croissance de ce Gastéropode. Cependant, il déclare que ces recherches n'indiquent ni la quantité ni la qualité tolérable quant à ces deux facteurs.

Ces quelques travaux cités indiquent bien la nature qualitative des premières observations scientifiques. Les travaux postérieurs s'attachent plutôt à délimiter de façon précise les tolérances physiologiques des organismes en regard des températures.

Imai (1937) a démontré l'effet de la température sur la croissance des embryons de *Lymnaea japonica* Jay. Les embryons soumis à une température de 28° C pendant 195 heures mesurent 0,672 mm tandis qu'aux températures de 23° C et 18° C, les tailles atteintes après la même période sont respectivement de 0,512 et 0,293 mm; de plus, il a démontré que la

taille à l'éclosion est en fonction inverse de la température soit: 0,673 mm à 28° C, 0,705 mm à 23° C et 0,750 mm à 18° C. Il souligne également que pour les adultes de cette espèce, la température optimale pour la croissance est de 18° C. A des températures plus élevées (23° C - 28° C) la croissance est sérieusement ralentie.

Forbes et Crampton (1942) ont démontré la présence de races génétiques différentes chez *Lymnaea elodes* (Say); en effet, les groupes ayant des croissances différentes dans le milieu naturel gardent ces mêmes différences lorsque élevés en milieu artificiel contrôlé.

Les travaux de Vaughn (1953) illustrent bien l'effet de la température sur la croissance de *Lymnaea stagnalis* (Linn.). Neuf cultures comprenant chacune 50 spécimens mesurant de 6 à 15 mm de longueur au début des expériences ont été maintenues aux températures suivantes: 3,4; 6,9; 11,5; 20,1; 24,2; 28,1; 32 et 36° C. L'élevage témoin était à température de 24,1° C et les expériences durèrent six semaines. Les spécimens placés dans les aquariums à la température de 32° C et de 36° C sont morts après une semaine; par contre, ceux exposés à des températures de l'ordre de 6,9° C ou moins n'ont pas réussi à croître. A la suite de ses observations, Vaughn (*op. cit.*) a fixé le zéro biologique de cette espèce autour de 11° C et que la croissance ne peut se faire à température inférieure. Ce chiffre est très près de celui précisé par Belhradek (1935) pour cette espèce soit 12° C.

En substance, en plus de découvrir les limites thermiques dans lesquelles cette espèce peut être maintenue (11° C et 32° C) Vaughn (*op. cit.*) a établi qu'à 24° C, la croissance est rapide mais, par ailleurs, le taux de mortalité est très élevé. Les limites optima de température se situent entre 16° C et 20° C. En effet, c'est à ces températures que l'auteur observe à la fois une croissance relative rapide liée à une survie élevée. Les résultats de Vaughn corroborent l'essentiel des observations de Noland et de Carriker (1946) sur la biologie de *Lymnaea stagnalis* (Linn.).

Les observations de McCraw (1961) sur la biologie de *Lymnaea humilis* Say en milieu naturel indiquent que la croissance suit un cycle annuel. Il note en effet un ralentissement de la croissance du mois de décembre au mois de mars, période pendant laquelle la température de l'eau et de l'air est inférieure à 10° C.

Van der Schalie et Berry (1972) ont étudié les effets des variations de la température de l'eau sur la biologie de deux Gastéropodes de la famille des Lymnaeidae soit sur les espèces *Lymnaea catascopium* Say et *L. stagnalis* (Linn.). La croissance a été déterminée à des températures variant de 6° C à 36° C. Les résultats découlant de ces travaux indiquent que la croissance optimale de ces espèces se situe aux températures variant de 18° C à 24° C. L'augmentation de taille est très réduite à 28° C et plus, ainsi qu'à moins de 12° C. Ces deux espèces semblent avoir les mêmes exigences thermiques.

Physidae

Dewit (1955), étudiant la longévité de *Physa fontinalis* (Linné) dans la région d'Amsterdam, aux Pays-Bas, a mesuré l'influence de la température de l'eau sur les taux de croissance. Il a trouvé qu'en hiver, lorsque la température moyenne est généralement inférieure à 6° C, ces animaux ne réussissent pas à se nourrir et à se développer. Il a établi une corrélation entre la croissance, la reproduction et les saisons, mais aucune données précises sur la température n'ont été fournies.

Une étude comparée (Clampitt, 1970) a été faite sur *Physa gyrina* Say et *Physa integra* (Haldeman) dans la région du lac Okoboji, Iowa, pour reconnaître la distribution locale de chaque espèce et ses causes. L'auteur mentionne que dans les populations naturelles de ces deux espèces, la croissance est plus forte au printemps (d'avril à juin) et est plus faible en hiver. *Physa gyrina* Say a une croissance notablement plus rapide dans la nature qu'au laboratoire et cette espèce est d'une plus grande taille que *Physa integra* (Haldeman), les maxima de croissance étant respectivement de 14 et 6 mm de longueur.

La grande taille et le taux rapide de croissance de *Physa gyrina* Say nécessite un besoin d'oxygène atmosphérique, ce qui limite cette espèce en été aux eaux très peu profondes, comme les mares. *Physa integra* (Haldeman), plus petite et de croissance plus lente a peu besoin d'oxygène atmosphérique et de ce fait peut se suffire des conditions plus stables des lacs par rapport aux mares. Notons aussi que cette espèce a une période de reproduction potentiellement plus longue et un taux de dispersion plus lent.

En somme, peu de travaux ont été faits sur la croissance en fonction de la température pour les Physidae. Par contre, comme nous le verrons plus loin, on remarquera une grande plasticité de ces espèces tant par leur mode de reproduction que par leur résistance lorsqu'elles sont exposées à de grands écarts de température.

Planorbidae

La répartition des Planorbidae est très répandue spécialement en Amérique et en Afrique. Certains genres tels que *Bulinus* (*Physopsis*) (en Afrique) et *Biomphalaria* sont respectivement les vecteurs de *Schistosoma haematobium* et *Schistosoma mansoni* qui transmettent les bilharzioses. Les variations de la température de l'eau influencent non seulement la croissance de ces Gastéropodes mais, en plus, le cycle de ces parasites, ce qui ajoute de l'importance aux études thermiques (Sturrock, 1965).

Michelson (1960) a étudié en laboratoire les effets de la température sur la croissance de *Biomphalaria glabrata* (Say); il déclare que le maintien de la température à 30° C paraît idéal pour une croissance maximale.

En effet, à cette température, on note une aug-

mentation de taille de l'ordre de 7 mm après 20 jours. A une température de 25° C, la croissance est rapide (4 mm en 20 jours) mais inférieure à celle observée à 30° C. Les animaux exposés à 35° C ont une croissance presque nulle et une très forte mortalité.

Shiff (1964a, b, c) a publié une série de trois travaux sur la biologie du *Bulinus (Physopsis) globosus* (Morelet) de Rhodésie: I. L'influence de la température sur le taux d'accroissement des populations; II. Les facteurs influençant la relation d'une population naturelle vivant dans un bassin provisoire. Selon Shiff (1964b) la croissance de *Bulinus (Physopsis) globosus* (Morelet) est anormale à 18° C ce qui indique des conditions de température défavorable; de plus, la croissance est plus lente à 22,5° C et à 27° C et le meilleur taux de croissance observé se situe à 25° C. Ces données se rapprochent de celles publiées par le même auteur (Shiff, 1964a) en ce qui a trait à la croissance en milieu naturel.

Van der Schalie et Berry (1972) ont étudié la croissance de *Helisoma trivolvis* (Say), *H. anceps* (Menke) et *H. campanulatum* (Say). Leurs résultats concernant *H. trivolvis* (Say) sont assez fragmentaires puisqu'une mortalité élevée due à la manipulation a décimé les spécimens en expérience; cependant, ils ont trouvé que la température de 30° C est optimale pour une meilleure croissance. Par contre, chez *H. anceps* (Menke) la croissance est presque nulle à des températures inférieures à 12° C; la croissance optimale est observée entre 22° C et 24° C; à 30° C, la croissance enregistre une diminution tandis que la survie est faible. Cette même étude révèle que chez *H. campanulatum* (Say) la température optimale de croissance gravite autour de 25° C.

Hydrobiidae

Pinel-Alloul et Magnin (1971) ont démontré que la croissance estivale de *Bithynia tentaculata* (Linn.) est assez rapide chez les individus de la génération printanière: le taux moyen de croissance est de 0,5 mm/semaine. En hiver, la croissance des gros individus s'arrête; les petits individus semblent par contre poursuivre leur croissance jusqu'au printemps mais à un taux ralenti. Lilly (1953) fait également mention d'une croissance hivernale chez *Bithynia tentaculata* (Linn.)

Van der Schalie et Berry (1972) ont étudié les effets de l'augmentation de la température de l'eau sur la biologie d'*Amnicola limosa* (Say). Selon ces auteurs, la croissance chez cette espèce est nulle à des températures inférieures à 12° C; à 18° C, on observe une augmentation de taille de 1,6 mm après 70 jours; cette augmentation est de 2,7 mm à 24° C après également 70 jours. Par contre, d'autres expériences menées par les mêmes auteurs sur la même espèce ont donné des résultats différents particulièrement concernant la croissance aux températures élevées. Ainsi, à 24° C, ils ont enregistré un accroissement de taille de 1,3 mm après 70 jours, ce qui est inférieur à la croissance en-

registrée à 18° C (2,3 mm); à 30° C, après 70 jours, ils ont noté un accroissement de taille de 3,2 mm. A la suite de ces travaux nous croyons que la température idéale pour une croissance optimale pour cette espèce se situerait entre 18 et 24° C environ. Pour corroborer cette assertion, nous nous appuyons sur les résultats de Pinel-Alloul et Magnin (1973) sur *Amnicola limosa* Say du Lac Saint-Louis. En effet, ces auteurs observent une croissance optimale durant les mois de l'été alors que la température de l'eau se situe entre 18° C et 24° C.

Notons enfin que Scheltema (1967) a étudié la croissance des larves véligères de *Nassarius obsoletus* (Say) (operculé marin de la famille des Nassariidae) à des températures de 16, 21, 24,8 et 29,5° C. Après 18 jours d'expériences, il a conclu que la température optimale pour la croissance était aux environs de 25° C car la croissance enregistrée à 29,5° C était légèrement inférieure tandis qu'entre les températures de 16 et 21° C, elle était sérieusement inhibée.

REPRODUCTION

Lymnaeidae

Les premiers chercheurs qui étudièrent les effets de la température de l'eau sur la ponte et le développement des oeufs des Lymnaeidae furent Barach et Cardot (1924). Ils ont observé pour *Lymnaea stagnalis* (Linn.) que la température maximale est de 29° C pour les premiers stades du développement; mais à cette température la fin du développement s'accomplit avec lenteur et on obtient finalement des embryons d'aspect anormal qui ne sortent pas de l'oeuf pour l'éclosion, l'optimum étant plutôt de 27 à 28° C.

Imai (1937) a également étudié l'influence de la température de l'eau sur la reproduction des Lymnaeidae. Il observe entre autres que la maturation des gonades et la ponte chez *Lymnaea japonica* Jay sont étroitement liées à la température. En effet, après avoir placé des spécimens à des températures différentes, il observe que la ponte s'effectue après 8½ jours pour les spécimens soumis à 28° C, 12½ jours à 23° C et après 16 à 17 jours à une température de 18° C. De plus, Imai (*op. cit.*) donne la durée des divers stades de développement (les pulmonés sont caractérisés par les stades trochophores, véligères et bien formés) en fonction de la température pour *Lymnaea japonica* Jay. Le stade trochophore dure de 35 à 40 heures à 38° C, de 55 à 60 heures à 23° C et de 65 à 70 heures à 18° C. Par ailleurs, le stade véligère dure 65, 95 et 130 heures aux températures précitées. L'étape où l'embryon est bien formé soit à l'éclosion soit à survient après 205 heures à 28° C, 300 à 23° C et 410 heures à 18° C. De façon générale, on note d'après les chiffres mentionnés par l'auteur qu'une diminution de température de l'ordre de 10° C double la durée de l'incubation.

Fraser (1946) a étudié la reproduction de *Lym-*

naea stagnalis (Linn.); il note qu'à une température de 23° C, l'éclosion des oeufs commence après 13 à 15 jours. Pour sa part, Vaughn (1953) a découvert que les oeufs de cette même espèce éclosent à des températures variant entre 10° C et 28° C. Toutefois, le développement suit un schème relié de près à l'augmentation de température; elle se produit après 93 jours à la température de 11,5° C, 50 jours à 16,5° C, 25 jours à 20° C et 24° C et 21 jours à 28° C.

A des températures plus élevées, en particulier à 27,5° C, les masses d'oeufs montrent un développement inégal; et lorsque la température atteint 32° C, le développement devient extrêmement inégal tandis que tous les embryons meurent au bout de 10 jours. Aux températures inférieures à 6,8° C, il n'y a pas de développement d'oeufs.

Joose (1964) dans une étude effectuée dans la région d'Amsterdam, démontre une périodicité de l'activité spermatogénétique chez *Lymnaea stagnalis* (Linn.). Cette activité serait parallèle à celles des cellules neurosécrétrices et du ganglion cérébral. La spermatogénèse débiterait en mars pour s'accroître en avril. En mai, les cellules spermatiques seraient matures; par contre, la proportion de pre-oocyte, oocyte et de post-oocyte ne montre aucun changement tout au long de l'année. Il semblerait exister un mécanisme de contrôle basé sur la température qui déterminerait le cycle reproducteur et qui serait fonction du budget thermique annuel. D'ailleurs, dans son étude sur *Lymnaea humilis* Say, McCraw (1961) confirme le rôle de la température sur le développement des gonades: 'Il n'y a pas d'accumulation d'oeufs avant le début du mois d'avril alors que la température de l'eau est de 13° C.'

Van der Schalie et Berry (1972) ont étudié l'influence de la température sur la ponte de *Lymnaea stagnalis* (Linn.) et de *Lymnaea catascopium* Say. Ils démontrent que la production d'oeufs pour *Lymnaea stagnalis* (Linn.) est plus forte lorsque la température est égale ou légèrement supérieure à 22° C. Toutefois, la viabilité de ces oeufs est réduite. Les conditions optima de reproduction s'établissent entre 19° C et 22° C. En effet, à 6° C, il n'y a pratiquement aucun développement et bien que les gonades soient visibles, il n'y a pas de différenciation sexuelle. A 12° C, les gonades sont développées mais il n'y a pas encore apparition d'oeufs ou de sperme. Lorsque la température est maintenue à 18° C, cette espèce approche son meilleur niveau de reproduction et on peut constater le développement de sperme et d'oeufs. A 24° C, les gonades sont actives avec sperme et développement d'oeufs, mais leur développement est modéré. A 30° C, les gonades ne sont pas développées et on note l'absence d'oeufs. Le cycle de *Lymnaea stagnalis* (Linn.) de l'état d'oeufs à celui d'adulte est de 4 mois.

Des expériences subséquentes de van der Schalie et Berry (*op. cit.*) sur *Lymnaea catascopium* Say dans des aquariums dont la température variait entre 18 et 28° C par intervalle de 2° C démontrent

que la température optimum de reproduction se situe entre 22° et 24° C. A une température supérieure à 26° C, on constate une baisse de la production d'oeufs et par ailleurs, ces oeufs sont moins viables. Il est évident que la reproduction chez ces deux espèces est relativement semblable, les conditions optima n'étant distinctes que de quelques degrés. Ajoutons également qu'à toute fin pratique l'aire de répartition de ces espèces est presque identique.

Dans une étude sur les rythmes endogènes, van der Steen (1970) trouva que la température de l'eau influençait la production d'oeufs mais non le nombre d'oeufs par capsules chez l'espèce *Lymnaea stagnalis* (Linn.) De plus, l'effet de la température sur la ponte de *L. stagnalis* (Linn.) peut être modifiée par d'autres facteurs. C'est ainsi que van Nieuwenhaven et Lever (1946) observent que la ponte de *Lymnaea stagnalis* (Linn.) peut être stimulée par l'introduction d'*Hydrocharis* dans un aquarium. La stimulation de la ponte est causée par la consommation accrue d'oxygène lorsque le Gastéropode entre en contact avec les feuilles.

Physidae

Selon DeWitt (1954) la reproduction de *Physa gyrina* Say en milieu naturel est reliée à la température; elle débute au printemps lorsque l'eau atteint 10° C. La périodicité saisonnière dans la ponte disparaît cependant en laboratoire dans des conditions de température constante. L'effet inhibiteur des basses températures étant enlevé, la ponte se fait lorsque les gonades sont matures. Chez les individus vivant en milieu naturel, la période de reproduction dure 25 jours tandis qu'en laboratoire, elle dure de 86 à 94 jours selon que les spécimens sont élevés isolément ou en groupe. Soulignons également qu'Agersborg (1932) a démontré que l'espèce *Physa gyrina* Say vivant à proximité d'un effluent d'eau chaude, pondait de façon continue nonobstant les conditions saisonnières.

De Witt (1954b) observe en laboratoire que la ponte chez *Physa gyrina* Say est induite par une augmentation de la température de l'eau. Les spécimens recueillis en hiver et transportés au laboratoire commencent à pondre après avoir été exposés 2 à 3 heures à la température de la pièce. Si les spécimens sont déposés dans un réfrigérateur (4° C à 5° C), la ponte est interrompue mais recommence dès que l'on replace les spécimens à une température de 20° C à 23° C.

DeWitt (1955) a comparé la ponte de *Physa gyrina* Say de la région de Ann Arbor, Michigan, à la ponte de ce même Gastéropode d'un étang situé à 300 milles (480 km) plus au nord. A Ann Arbor, la ponte de *Physa gyrina* Say débute en avril lorsque la température de l'eau atteint 10° C et à Black River Pond, soit 300 milles (480 km) plus au nord, la ponte s'effectue à la mi-mai lorsque l'eau atteint la même température (10° C).

Cooley et Nelson (1970) ont trouvé par ailleurs

que chez l'espèce *Physa heterostropha* Say, une température de 25° C, comparativement à 15° C, augmente de façon significative la production de capsules qui contiennent les oeufs par un facteur de 2,04 et la production d'oeufs par un facteur de 2,50. La température élevée n'a aucun effet significatif sur la production moyenne d'oeufs par capsules et sur le pourcentage d'oeufs éclos.

Van der Schalie et Berry (1972) ont démontré que la température de l'eau joue un rôle très important dans la reproduction de *Physa gyrina* Say. La moyenne d'oeufs pondus par des spécimens gardés à une température de 30° C est de 15,4 et de 39,2 chez ceux gardés à 14° C; à 34° C, il y a une très faible production d'oeufs. Il est évident, comme ces chiffres le démontrent, que la production d'oeufs est meilleure à des températures relativement plus froides. Comme nous l'avons vu précédemment, la croissance est favorisée par l'augmentation de température, cependant, la production d'oeufs est alors ralentie. D'après ces auteurs, il est intéressant d'observer que *Physa gyrina* Say peut se reproduire sur de plus grands écarts de température. À 6° C, on remarque déjà un bon développement des gonades; à 12° C, les gonades contiennent des ovocytes et des spermatocytes; à 24° C, les gonades sont fonctionnelles et les oeufs sont produits en grande quantité; à 30° C, on constate le développement normal des tissus, à 36° C, température trop élevée pour la reproduction de l'ensemble des Gastéropodes examinés, le développement des gonades de *Physa gyrina* Say est normal mais les effets des hautes températures se reflètent dans la ponte qui est très faible.

Planorbidae

Michelson (1961) a étudié la reproduction chez *Biomphalaria glabrata* (Say). Il a exposé des spécimens dans des aquariums dont la température de l'eau variait de 5° C à 35° C par intervalles de 5° C. Le témoin était à 25° C. Il rapporte qu'à plus de 30° C, le processus de la reproduction est inhibé et qu'à une température inférieure à 20° C, la reproduction est réduite. À des températures élevées (+30° C) la glande albumine s'atrophie et des coupes cytologiques des gonades montrent que les éléments femelles sont peu développés alors que les éléments mâles paraissent normaux. On ne remarque aucun dommage aux tissus gonadiques somatiques lorsque la température est inférieure à 20° C. Les spécimens reprennent des activités normales lorsqu'ils sont transférés à la température optimale de 25° C.

Jobin (1970) effectua des recherches concernant les effets de la température sur la reproduction de *Biomphalaria glabrata* (Say) à Porto-Rico. Ces résultats montrent que la température optimale pour cette espèce s'échelonne entre 25° C et 28° C et que la ponte cesse aux températures inférieures à 20° C et supérieures aux températures de 30° C. Vu que la température des pièces d'eau objet des études de Jobin (*op. cit.*) était inférieure à 20° C durant l'hiver et supérieure à 30° C en été, la ponte s'effectue au printemps et à l'automne.

Le développement des gonades chez les espèces *Helisoma trivolvis* (Say), *H. anceps* (Menke) et *H. campanulatum* (Say) a été étudié par van der Schalie et Berry (1972). Pour l'étude de *H. trivolvis* (Say), ils ont exposé un groupe de spécimens pendant 77 jours à des températures variant de 20° C à 34° C, avec un intervalle de 2° C entre elles et un autre groupe pour une durée de 51 jours à des températures de l'ordre de 5° C à 30° C, avec un intervalle de 6° C entre celles-ci. Dans le premier groupe, les produits somatiques se développent normalement entre 20° C et 24° C. Le développement optimum des gonades et la meilleure production d'oeufs sont enregistrés à 26° C. Les conditions chaudes ont tendance à accélérer le développement des gonades mais la production d'oeufs reste faible. À plus de 32° C, le développement est anormal. Dans la seconde série d'expériences (6° C à 30° C) il n'y a aucun développement des gonades à la température de 6° C et les auteurs observent une petite masse de tissu coloré et sombre là où doivent apparaître les gonades. À une température de 12° C, ils observent une petite différenciation, tandis qu'à 18° C, les gonades se développent faiblement. Les oeufs et les spermatozoaires apparaissent à 24° C. Dans une eau chaude, 30° C, les gonades connaissent un développement raisonnable mais il n'y a aucun dépôt d'oeufs.

L'étude de *Helisoma anceps* (Menke) démontre que la production d'oeufs débute à 18° C pour atteindre son maximum à 24° C. Lorsque les spécimens sont maintenus à 30° C, les gonades sont anormales et aucun oeuf viable n'est produit. Les études sur *Helisoma campanulatum* (Say) montrent que la température de l'eau agit de la même façon que chez *Helisoma anceps* (Menke) c'est-à-dire que la température optimale pour la reproduction se situe autour de 25° C.

Hydrobiidae

Pinel-Alloul et Mangin (1971) ont démontré que la ponte de *Bithynia tentaculata* (Linn.) du lac Saint-Louis, au Québec, s'effectuait en juin et en juillet ainsi qu'en octobre et novembre mais de façon beaucoup moins importante dans ce dernier cas. L'éclosion massive des oeufs a lieu en juillet et en août c'est-à-dire dans la période la plus chaude (19° C - 23° C).

Selon van der Schalie et Berry (1972), la température joue un rôle important dans le développement des gonades d'*Amnicola limosa* (Say). Pour mettre en évidence ce fait, ils ont entrepris des études sur des spécimens placés dans des aquariums maintenus à 6° C, 18° C et 24° C pendant 84 jours. À 6° C, ils ne notent aucun développement important des gonades; à 18° C, les gonades sont rendues presque à maturité tandis qu'à 24° C, il y a production d'oeufs et de spermatozoaires. Comme nous l'avons vu dans les études de croissance, l'*Amnicola limosa* (Say) semble tout à fait sensible à l'eau chaude, à tel point que ses températures optimales pour la ponte seraient de l'ordre de 18° C à 24° C.

Selon Pinel-Alloul et Magnin (1973) qui ont tra-

vaillé dans les eaux du lac Saint-Louis, au Québec, la ponte chez *Ammicola limosa* (Say) avait lieu lorsque l'eau avait une température variant entre 19° C et 23° C ce qui correspond aux températures enregistrées en juillet, août et septembre dans cette région.

L'operculé marin, *Nassarius obsoletus* (Say) de la famille des Nassariidae a été l'objet d'études entreprises par Scheltema (1967). Les résultats de ces travaux ont démontré la relation existant entre le développement des embryons et la température de l'eau. Le temps requis entre la ponte et l'apparition de la larve véligère s'accroît de 0,25 jour pour une diminution de 1° C entre les températures de 28 et 20° C. Entre 20 et 16,5° C, la période d'incubation s'accroît de 2 jours pour une diminution de 1° C. A la température de 11,5° C, le développement est incomplet et il n'y a aucune éclosion même après 9 semaines; toutefois une bonne proportion de ces embryons survivent et se développent normalement jusqu'à l'éclosion si on les ramène à la température de 22° C. Après 13 jours d'incubation, 99% des oeufs maintenus à 28° C éclosent comparativement à 93% maintenus à 19,5° C. A des températures plus basses, la période d'incubation est grandement augmentée; c'est ainsi que seulement 55% des oeufs éclosent après 16 jours lorsqu'ils sont maintenus à 16,5° C et aucune éclosion n'a lieu chez les spécimens gardés à la température de 11,5° C.

MORTALITE

Les élévations anormales de la température de l'eau peuvent occasionner trois types de réactions chez les Gastéropodes: elles peuvent inhiber le développement des oeufs, influencer la croissance et causer des dérèglements métaboliques entraînant ainsi la mort des individus.

Notons aussi que la température joue un rôle primordial dans la répartition des diverses espèces de Gastéropodes. Toute modification dans le régime de température, qu'elle soit brusque ou à long terme, peut provoquer la disparition de certaines espèces. A titre d'exemple, mentionnons que *Lymnaea auricularia* Linné importé d'Europe et autrefois abondant dans les eaux du lac Érié a aujourd'hui disparu suite aux variations à long terme de la température. Les variations à long terme peuvent aussi provoquer des changements dans l'aire de répartition d'une espèce; c'est ainsi que *Lymnaea stagnalis* (Linn.) ne vit plus dans les lacs au sud du Michigan, mais on le retrouve à 150 milles plus au nord. Sa disparition est probablement due à la température légèrement plus élevée des lacs pendant les dernières décennies; cette différence de température étant suffisante pour causer des problèmes critiques de reproduction.

Lymnaeidae

Vaughn (1953) a montré l'effet de la température sur la mortalité des oeufs de *Lymnaea stagnalis*

(Linn.) Les oeufs éclosent à des températures variant généralement entre 10° C et 28° C. A 28° C, il observe un développement inégal et une mortalité élevée chez les embryons. Les embryons soumis à une température de 32° C meurent au bout de 10 jours. L'auteur mentionne que la viabilité des embryons qui se développent à 24° C est plus faible comparativement à ceux maintenus à des températures de 15,7° C et 20,1° C.

Soulignons qu'une étude sur le terrain faite par McNeil (1963) dans le but d'évaluer la survie pendant l'hiver de *Lymnaea elodes* (Say) dans les canaux d'irrigation du Bassin du Columbia (Etat de Washington) révèle que la survie d'une population exposée à l'air libre, aux rigueurs de l'hiver entre la fin du mois d'octobre et la fin du mois de mars est de 25%. Il a rapporté également que les spécimens de grande taille survivent mieux que les petits.

Récemment, Foster (1971) signalait que l'espèce *Lymnaea bulimoides* (Lea) hôte de *Fasciola hepatica* peut vivre pendant plus de 3 mois avec ou sans nourriture dans une eau dont la température est d'environ 5° C. En fait, Foster (1971) confirme les résultats de Boray (1964) qui a étudié *Lymnaea tomentosa* également hôte de *Fasciola hepatica* et qui mentionne que la température optimale pour cette espèce est de 26° C. Les individus peuvent survivre 6 semaines dans l'eau à une température de 36° C, et restent en vie pendant 3 mois à des températures variant de 2° C à 5° C.

Des études de van der Schalie et Berry (1972) montrent que *Lymnaea stagnalis* (Linn.) ne supporte pas les températures chaudes et qu'il meurt rapidement si on le place dans une eau de 30° C. Il est évident que *Lymnaea stagnalis* (Linn.) ne supporte pas un climat chaud et que sa répartition dans le nord du Michigan est probablement conditionnée par les vagues annuelles de chaleur dans cette région.

Les résultats découlant de leur recherche démontrent qu'aux températures de 26° C et de 28° C le taux de mortalité chez les adultes est d'environ 50%. La température optimale pour l'initiation de la ponte est de 24° C, mais il semble que la température de 26° C s'avère la meilleure pour la survie des embryons qui est alors de 100%. Van der Schalie et Berry (*op. cit.*) ont également étudié l'effet des variations de la température sur *Lymnaea catascopium* Say. Des jeunes spécimens (d'une longueur de 2 mm environ) furent placés dans des bassins dont les températures étaient de 6° C, 22° C et 30° C. L'âge de ces animaux variait de 4 à 14 jours au début de l'expérience. La survie dans les bassins ayant des températures de 6° C et 30° C est faible puisque seulement la moitié des animaux survit après 3 semaines.

Bien que les travaux de van der Schalie et Berry (1972) indiquent que *Lymnaea catascopium* Say soit plus tolérant aux hautes températures que *Lymnaea stagnalis* (Linn.), il n'en reste pas moins que Clark (1973) donne pour ces espèces des aires de répartition identiques.

Physidae

La famille des Physidae constitue un groupe parmi les plus communs et il est répandu dans tous les grands cours d'eau dulcicole. Il est toutefois difficile de trouver des renseignements quant à la tolérance des spécimens de cette famille aux extrêmes thermiques auxquels ils sont soumis dans la nature. Les Physidae abondent également dans les eaux polluées; c'est ainsi que Wurtz (1949) déclare que *Physa heterostropha* Say constitue l'espèce la plus résistante qui ait jamais été trouvée. Travaillant avec la même espèce, Cairn et Scheier (1952) ont déclaré que la toxicité des acides napténiques augmente sous l'effet d'une élévation de température. Dans le même ordre d'idées, Cooley et Nelson (1970) ont démontré que la température joue un rôle important dans les réactions physiologiques impliquant les effets de l'irradiation chronique sur la population de *Physa heterostropha* Say. Ils ont noté cependant qu'à moins de 25° C, la température n'avait aucun effet actif chez les spécimens gardés en laboratoire.

A cause de leur capacité à supporter de grands écarts de température, les Physidae occupent une place unique parmi les Gastéropodes étudiés. Precht (1958) résume divers concepts relatifs à l'adaptation des poïkilothermes et groupe le phénomène en deux catégories: 1) 'Capacity adaptation' dans lequel l'adaptation se fait dans les limites normales de température et 2) 'Resistance adaptation' qui concerne l'adaptation aux températures extrêmes. Il note que les deux catégories d'adaptation ne sont pas toujours liées intrinsèquement et que le second type est apparemment plus commun que le premier. Selon Beames et Lindeborg (1967) *Physa anatina* Lea posséderait les deux types d'adaptation ce qui lui permettrait durant l'été de subir avec succès des températures variant de 26° C à 40° C dans la région des sources thermales de Montezuma au Nouveau Mexique. Les auteurs ont en effet démontré que *Physa anatina* Lea vivant dans la rivière à une température de 26° C durant l'été a une consommation d'oxygène supérieure lorsqu'elle est gardée à 35° C comparativement aux spécimens qui se trouvaient en permanence à cette température dans les effluents des sources thermales. Beames et Lindeborg (*op. cit.*) concluent que *Physa anatina* Lea effectue une adaptation métabolique se reliant à la 'capacity adaptation' de Precht (1958) pour s'adapter à des changements du milieu. Les travaux des mêmes auteurs sur les températures létales démontrent que *Physa anatina* Lea provenant de la rivière à un taux de survie de 60% lorsque exposée à une température de 41° C pendant une heure. Des mesures similaires chez les spécimens provenant des effluents des sources thermales ont une survie de 66% si exposés pendant une heure à une température de 43 C. Ces résultats démontrent que *Physa anatina* Lea peut développer une résistance à l'élévation de la température; en d'autres mots, cette espèce possède également la 'resistance adaptation' de Precht (1958).

Notons par ailleurs que les Physidae ne se retrouvent pas seulement dans les milieux à températures élevées mais également à de basses températures.

C'est ainsi que *Aplexa hypnorum* (Linn.) a une répartition circumpolaire et vit dans des climats extrêmement rigoureux. Les travaux de Hertog (1963) sur cette espèce n'indiquent les effets de la température de l'eau qu'en terme de saisons. Cependant, Vlasbom (1971) affirme que la température optimale pour cette espèce varie entre 10° C et 17° C. De plus, les températures estivales exceptionnellement chaudes et persistantes occasionnent de fortes mortalités chez les jeunes individus de *Physa fontinalis* (Linn.); en effet, Hunter (1961) constate qu'à la suite de fortes canicules, les jeunes ne constituent que 4,5% de la population totale à la fin de l'été.

Clampitt (1970) a étudié la résistance à la chaleur de *Physa gyrina* Say et de *Physa integra* (Haldeman), deux espèces américaines, communes et très répandues. Il a d'abord acclimaté ces deux espèces à la température de 23° C - 25° C. Dans une première série d'expériences, il les soumit à une température de 40° C et dans une seconde série d'expériences, il les plaça à 35° C. Ce dernier observe à la suite de ces deux séries d'expériences que *Physa gyrina* Say supporte mieux et plus longtemps les hautes températures que *Physa integra* (Haldeman). A 40° C, le taux de mortalité de 50% (L.D. 50) se situe entre 7 et 16 heures d'exposition chez la première espèce tandis qu'il se situe entre 5 et 10 heures chez la seconde espèce. En considérant les résultats de chaque expérience comme un seul ensemble, la différence entre les deux espèces est statistiquement significative ($P < .01$). A 35° C, les deux espèces ont survécu plus longtemps qu'à 40° C; le taux de mortalité de 50% a été atteint entre 11 et 13 jours chez *Physa gyrina* Say et entre 5,7 et 8,7 jours chez *Physa integra* (Haldeman). Là encore, la différence entre les deux espèces est statistiquement significative ($P < .005$). Clampitt (*op. cit.*) conclut que la différence de tolérance à la chaleur chez les deux espèces peut expliquer la présence de *Physa gyrina* Say dans les étangs et l'absence de *Physa integra* (Haldeman) dans de tels habitats.

Planorbidae

Des études en laboratoire de Michelson (1961) ont démontré que l'espèce *Biomphalaria glabrata* (Say) ne peut pas résister à des températures supérieures à 35° C pendant plus de 15 jours. D'autre part, Shiff (1964c) dont les travaux étaient axés sur l'influence de la température de l'eau sur les migrations verticales de *Bulinus globosus* (Morelet) a démontré que ce Gastéropode cherche à éviter des températures supérieures à 25° C.

Sturrock (1966) a étudié l'influence de la température sur le *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss), l'hôte intermédiaire du *Schistosoma mansoni* en Afrique. Il soutient que la température constitue un facteur déterminant dans la répartition géographique de cette espèce. Il insiste sur le rôle que joue la température en disant: 'Dans les régions où l'on s'attend à trouver des températures excédant 28° C à 30° C pendant plusieurs mois de suite, comme sur la plaine côtière de Tanzanie, il est

invraisemblable qu'un habitat naturel soit un jour colonisé avec succès par le *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss); il est donc raisonnable d'assumer que les hautes températures ont été, et resteront, une barrière majeure à la colonisation de tels habitats. Il estime que la température optimale est de 25° C; la survie est bonne à 19° C mais elle s'avère difficile à 30° C. La plus haute température tolérée est 32° C, bien que l'auteur doute que cette espèce puisse survivre longtemps à des températures supérieures à 28° C dans des conditions naturelles.

Chernin (1967) a étudié les réactions de *Biomphalaria glabrata* (Say), de *Bulinus truncatus* (Audouin) et de *Lymnaea elodes* (Say) soumis à un gradient thermique en eau peu profonde. Ses résultats montrent que *Biomphalaria glabrata* (Say) évite les températures extrêmes pour se chercher des zones dont la température avoisine 27° C à 32° C; donc, *Biomphalaria glabrata* (Say) préfère les milieux relativement chauds. L'espèce *Lymnaea elodes* (Say) a tendance à se regrouper dans la portion relativement tiède du gradient, tandis que *Bulinus truncatus* (Audouin) se répartit uniformément sur tout le gradient. L'ensemble des résultats de Chernin contribue à une meilleure compréhension de quelques unes des influences déterminant la localisation de la discontinuité des colonies naturelles des Gastéropodes.

Van der Schalie et Berry (1972) ont étudié le stress thermique (sans acclimation) sur les espèces *Helisoma trivolvis* (Say) et *Helisoma anceps* (Menke). C'est ainsi que des spécimens de l'espèce *Helisoma trivolvis* (Say) furent subitement transférés de bassins à température de 25° C à des températures de 6° C, 12° C et 30° C. Après 14 jours, la mortalité atteinte est de 100% pour les individus soumis à des températures de 6° C et de 30° C et de 90% pour deux placés à 12° C. *Helisoma anceps* (Menke) démontre que cette espèce supporte mieux les eaux chaudes que les eaux froides. Les spécimens d'*Helisoma anceps* (Menke) vivant dans des bassins à la température de la pièce (approximativement 24° C) ont été retirés et placés brusquement dans des aquariums aux températures de 6° C, 12° C, 22° C et 30° C. Aux températures les plus basses (6° C et 12° C) la survie est faible. Dans l'aquarium à 22° C, la survie est bonne et, à 30° C, la survie s'avère difficile. Les résultats de ces expériences font dire à van der Schalie et Berry que *H. anceps* (Menke) supporte mieux les eaux chaudes que *H. trivolvis* (Say).

Hydrobiidae

De toutes les espèces du genre *Amnicola* du Nouveau Monde, *Amnicola limosa* (Say) est la plus répandue; il forme de plus grandes colonies que les autres espèces du même genre. Sa répartition couvre la région des Grands Lacs. Ses limites générales Est-Ouest s'étendent de l'Atlantique à l'Utah et ses limites Nord-Sud du Labrador à la Floride. L'*Amnicola* vit dans des habitats différents comme les ruisseaux, les rivières et la plupart des lacs. Les données obtenues à partir des expériences de

van der Schalie et Berry (1972) montrent que cette espèce survit mieux dans l'eau froide, 7° C à 24° C, et qu'elle n'arrive pas à supporter les températures chaudes (30° C et plus). Les résultats fragmentaires de leurs études montrent que la survie d'*Amnicola limosa* (Say) en aquarium varie de 40 à 25% après 80 jours pour des températures de 6° C à 18° C. Toutefois, à des températures de 24° C, 30° C et 36° C, la mortalité atteint 100% après 80 jours. Cependant, d'après les auteurs, les données recueillies ne reflètent pas la réalité vu les grandes difficultés à garder cette espèce en élevage.

PARASITISME

La facilité d'effectuer des travaux sur les effets de la température tant sur le terrain qu'en laboratoire a incité plusieurs chercheurs à étudier l'influence de la température sur les cycles vitaux des schistosomes et de leurs hôtes. En résumé, il a été démontré que la température peut influencer: 1) la capacité d'infection des miracidies; 2) le développement des larves schistosomes; 3) l'évolution des cercaires; et 4) la transmission des parasites aux autres organismes (Gordon et al., 1934; Standen, 1952; DeWitt, 1955; Stirewalt, 1954).

La température influence aussi l'efficacité des pesticides utilisés pour le contrôle des mollusques (Hoffman et Zakhary, 1951; Kuntz et Wells, 1951; Kuntz, 1957). Les études sur les effets de la température sur les hôtes, les Gastéropodes, ont été faites généralement pour: 1) établir les seuils thermiques maxima et minima; 2) pour tenter de relier la répartition des Gastéropodes en fonction de la température de l'eau et 3) pour observer la viabilité des oeufs à différents gradients thermiques (Gordon et al., 1934; Brumpt, 1941; Zakaria, 1955; W.H.O., 1957; Gaud, 1958; Perlowagora-Szumlewicz, 1958).

Il est prouvé que les infections par les trématodes sont souvent réglées par les températures auxquelles sont soumis leurs hôtes, les mollusques. Ce facteur contrôle directement quelques unes des maladies humaines graves telles que l'infection par le *Schistosoma dermatitis* et la schistosomiase. L'apport thermique origininaire des centraux nucléaires pourrait favoriser le développement des parasites infectieux pour les animaux et les humains et dont certains Gastéropodes sont les vecteurs. Nous avons donc voulu faire une brève révision des travaux concernant les effets de la température sur le cycle de ces parasites.

Dans des études sur le *Schistosoma dermatitis* (responsable de la dermatite du nageur qui se caractérise par des démangeaisons), faites dans le nord du Michigan, Cort, McMullen, Oliver et Brackett (1940) ont relié aussi bien le développement de l'hôte *Lymnaea emarginata angulata* Sowerby et celui du cercaire aux conditions saisonnières. Ils ne donnent pas les températures, mais il est évident d'après leurs observations, que les hautes tempé-

ratures dans la région jouent un rôle important. Ils ont déclaré: 'Nos notes démontrent que les symptômes d'infection par *Schistosoma dermatitis* commencent à apparaître tard au mois de juin, et que les maxima se produisent généralement au début du mois de juillet, spécialement durant et après les canicules. Donc, le cycle des parasites trématodes est étroitement lié au changement saisonnier de température.'

Quelques études ont été faites pour déterminer l'effet de la température sur le cycle des parasites dont certains Planorbidae sont les vecteurs. Standen (1952) travailla sur une variété égyptienne de *Schistosoma mansoni* et son hôte *Biomphalaria glabrata* (Say). Il observe que la température optimale nécessaire au développement adéquat du parasite (sporocyste) varie entre 26° C et 28° C. Stirewalt (1954) étudia une variété portoricaine du même parasite. Quelques unes de ses conclusions sont importantes en ce sens qu'elles indiquent clairement le degré de tolérance du *Biomphalaria glabrata* (Say) aux températures relativement chaudes. Ses résultats peuvent se résumer très succinctement par cette déclaration: 'A des températures de 23° C à 25° C, 28% des spécimens exposés développent des infections, 32% survivent. Lorsque la température est élevée au point d'atteindre 31° C à 33° C, le taux de mortalité augmente mais, des individus qui survivent, 52% développent des infections. A des températures de 33° C à 35° C, le taux de mortalité est restreint, et à des températures de l'ordre de 36° C à 38° C, tous les spécimens meurent au bout de trois jours.' Pour expliquer l'interaction parasite, hôte et température, Stirewalt (*op. cit.*) propose l'hypothèse qu'une température basse retarde le métabolisme du parasite et aussi celui de son hôte. La croissance et la division cellulaire des schistosomes peut alors devenir si restreintes que: 1) l'infection est ou bien complètement supprimée, ou encore très faible; 2) le développement des schistosomes de l'état de miracidie à celui de cercaire est retardé, ceci étant le résultat de la longue période prélatente décrite; 3) enfin, la durée de ces infections qui vont s'aggraver est limitée dû au fait que les cercaires se développent dans les sporocystes retardés, jusqu'à ce que ces derniers soient épuisés, terminant ainsi plusieurs de ces infections. On est porté à penser que les cercaires qui émergent de ces sporocystes n'ont peut-être pas atteint toute leur maturité dans leur développement sensoriel, musculaire ou enzymatique.

MIGRATION

Il est bien connu que la plupart des formes animales exécutent des déplacements périodiques. Ces déplacements ou migrations sont influencés par des facteurs physico-chimiques du milieu qui agissent directement ou indirectement sur les processus physiologiques de l'organisme. Les Gastéropodes montrent ce type de comportement.

Les effets de la température de l'eau sur les migrations de ces animaux ont été décrites par Chea-

tum (1934). Il observa que lorsque la température de l'eau décroît de 21° C à 10° C, les Gastéropodes des genres *Lymnaea* (*L. catascopium* Say, *L. stagnalis* Linn. et *L. elodes* (Say)), *Helisoma* (*H. trivolvis* (Say), *H. campanulatum* (Say) et *H. anceps* (Menke)) et *Physa* (*P. parkeri* Currier, *P. sayii* Tapp. et *P. gyrina* (Say)) migrent des zones superficielles aux zones profondes. Un changement de température inverse, c'est-à-dire un accroissement de 10° à 21° C s'accompagne d'une migration des zones profondes vers les zones de surface. Ces migrations s'effectuent suivant un modèle saisonnier; à l'automne, on observe une migration vers les eaux profondes où les individus hivernent et, avec le réchauffement de l'eau à la fin du printemps et au début de l'été, les Gastéropodes se déplacent vers le rivage. Ajoutons également que la déclivité du fond joue un rôle sur la vitesse des migrations. Les individus habitant des zones abruptes migrent plus tôt à l'automne et reviennent plus rapidement au printemps que les individus habitant des fonds à pentes plus douces. Ceci est dû apparemment à la plus courte distance à parcourir vers ou hors des zones profondes dans le cas des pentes abruptes.

Hutchinson (1947) a étudié l'activité du proso-branche *Viviparus malleatus* (Reeve) en fonction de la température. Plusieurs expériences ont été effectuées à des températures s'échelonnant entre 12,5 et 37,5° C; l'intensité lumineuse dans tous les cas était de 10 pieds-chandelle. Les résultats indiquent que les spécimens sont inactifs aux températures inférieures à 12,5° C. Il se manifeste une augmentation de l'activité lorsque la température s'accroît jusqu'à 17,5° C; les activités demeurent stables entre 17,5° C et 27,5° C. A partir de 27° C, l'activité diminue pour cesser totalement à 35,5° C, température létale pour cette espèce.

Selon Cleland (1954) les migrations de *Valvata piscinalis* (Müller), qu'on trouve en Europe, sont conditionnées par la présence de deux facteurs: le degré de maturité des gonades et les conditions climatiques des saisons.

CONCLUSION

En général, la température affecte la croissance des embryons de la façon suivante: aux hautes températures, l'éclosion se fait plus rapidement mais, par contre, la taille à la naissance est inférieure aux tailles qu'ont les spécimens incubés aux basses températures. Cependant, il faut noter que la durée d'incubation aux basses températures est beaucoup plus longue. Le taux de croissance des embryons aux hautes températures est plus élevé qu'aux basses températures; cependant, la croissance totale à de basses températures est plus grande.

Si on compare les températures optimales pour les différentes familles étudiées, on s'aperçoit que les Lymnaeidae et les Hydrobiidae préfèrent les eaux plus froides. En effet, les auteurs consultés rapportent que la croissance optimale pour certaines espèces incluses dans ces familles s'effectue à des températures variant entre 18° C et 24° C. Par con-

tre, la famille des Planorbidae démontre des exigences thermiques plus élevées pour leur croissance. C'est ainsi que les espèces du genre *Helisoma* ont une croissance optimale entre 22° C et 24° C; le genre *Bulinus* aux environs de 27° C et le genre *Biomphalaria* à 30° C.

L'effet de la température sur la croissance peut varier suivant l'âge des individus. Les études de Gillespie (1969), DeWitt (1954a) et Tsikhon-Lukalina (1963) ont démontré que la croissance des mollusques suit une courbe sigmoïde alors que l'augmentation de taille diminue avec l'âge de l'animal.

Imai (1937) mentionne qu'en général une diminution de l'ordre de 10° C double la durée de l'incubation. Cette assertion est partiellement vraie. En effet, chez les Lymnaeidae, la durée d'incubation à 16° C est deux fois plus longue qu'à 24° C, tandis qu'à 11° C elle est quatre fois plus longue qu'à 20° C (Vaughn 1953). Ceci est également corroboré par les travaux de Scheltema (1967) sur *Nassarius obsoletus* (Say), operculé marin. En effet, il observe qu'entre les températures de 28° C et de 20° C la durée de l'incubation augmente de 0,25 jour par diminution de 1° C tandis qu'entre les températures de 20° C et 16,5° C une diminution de 1° C accroît la durée de l'incubation de 2 jours.

Aux basses températures il y a latence des gonades et aux hautes températures, il y a dégénérescence des produits sexuels. Ainsi de façon générale, on ne remarque aucun développement d'oeufs chez les Lymnaeidae aux températures inférieures à 12° C. Par contre, les gonades des Physidae se développent à des températures plus froides et c'est ainsi qu'on observe un développement d'oeufs à partir de 4° C et la ponte débute à 10° C. Chez les Planorbidae, le développement d'oeufs débute à 18° C et aucune ponte ne se fait avant que la température n'ait atteint 20° C. Chez les Hydrobiidae, la latence des gonades est observée entre 6° C et 18° C. Cependant, chez les Nassariidae le développement des produits sexuels débute lorsque la température atteint 11,5° C.

Les hautes températures par contre inhibent le développement normal des gonades, engendrent des désordres physiologiques au niveau de la reproduction et diminuent la viabilité des oeufs. Chez les divers groupes étudiés, les températures de déséquilibre se situent généralement à partir de 26° C pour les Lymnaeidae et de 30° C pour les Planorbidae. Chez les Physidae, la quantité d'oeufs pondus commence à diminuer lorsque la température de l'eau atteint 30° C et devient nulle à 34° C. Notons immédiatement les grands écarts de température que l'on observe chez les espèces de cette famille. Les températures optimales de la ponte sont généralement quasi identiques chez les Lymnaeidae et les Hydrobiidae étudiés; elles se situent entre 18° C et 24° C. Par ailleurs, les Planorbidae préfèrent des températures plus élevées, les optima étant de 25° C à 28° C.

Precht (1967) a démontré que la photopériode et les hautes intensités lumineuses peuvent modifier l'influence de la température sur la ponte. En ef-

fet, chez *Planorbis corneus* (Müller) la ponte est hâtée après la saison froide soit au printemps où les journées sont plus longues (photopériode accrue) et où la luminosité est variable. Toutefois, cette influence disparaît graduellement avec l'avancement de la saison. L'auteur remarque l'absence de cette influence due à la photopériode chez *Lymnaea stagnalis* Linn. et *Lymnaea elodes* (Say).

L'effet des températures sur la survie des organismes dépend du type de variation. Nous pouvons avoir d'une part des variations faibles mais à long terme qui peuvent soit agrandir ou diminuer l'aire de répartition et d'autre part, nous avons des variations à court terme qui peuvent entraîner la mort dans de brefs délais. À quelques exceptions près, les effets à long terme de faibles variations de température n'ont pas été étudiés. Par contre, quelques travaux mettent bien en évidence les effets des changements brusques de température. Les hautes températures létales surviennent généralement lorsque la température excède 30° C et ce, pour les spécimens étudiés appartenant aux familles Lymnaeidae, Planorbidae et Hydrobiidae. Pour leur part, les Physidae sont caractérisés par une bonne adaptation aux hautes températures.

C'est ainsi qu'on retrouve *Physa fontinalis* (Linné) dans des sources thermales dont la température de l'eau est supérieure à 40° C. Même les individus qui vivent en eau plus froide peuvent subir avec un taux de survie de 50%, 10 jours d'exposition à 40° C; toutefois, leur consommation en oxygène est plus élevée que les individus qui vivent dans les sources thermales.

Les températures létales minima ont été peu étudiées. Si, d'une part, une diminution brusque de température, comme par exemple le passage de 25° C à 6° C, occasionne une mortalité de 100% chez les Planorbidae, on retrouve quand même des espèces appartenant à cette famille dans nos régions, l'hiver, dans des eaux dont la température est près du point de congélation. Par contre, le taux de mortalité naturelle durant la saison froide est inconnu. Chez les Lymnaeidae, on observe un taux de mortalité de l'ordre de 25% durant l'hiver (2° C - 5° C); il est curieux de noter que les petits individus ont une mortalité supérieure aux individus de grandes tailles.

On peut conclure, à partir des données et des résultats exposés précédemment que les effets d'un apport thermique sont similaires sous plusieurs aspects aux effets résultant de la pollution chimique. En effet, une légère augmentation de la température de l'eau n'a pas d'effet néfaste et parfois peut être même bénéfique; par ailleurs, une charge modérée pourra être responsable de la disparition de formes sensibles sans toutefois détruire complètement la dynamique des biocénoses, tandis qu'un apport important détruira quasi toute forme de vie sauf les organismes exceptionnellement tolérants et, par conséquent, inhibera ainsi l'équilibre écologique.

Les connaissances acquises ne nous permettent pas encore de cerner les effets complets de l'aug-

mentation de la température sur toute la biocénose d'une pièce d'eau. Toutefois, nous croyons que dans notre région, l'apport thermique originaire des centrales nucléaires ne devrait jamais contribuer à élever la température normale du fleuve Saint-Laurent à plus de 28° C. sinon il y aurait de sérieuses répercussions sur les Gastéropodes présents dans ce secteur.

REFERENCES

- ABRAHAMSON, D. H. (1972) Ecological hazards from nuclear power plants. — *The Careless Technology*, Doubleday/Natural History Press, Garden City, New York: 795-811.
- AGERSBORG, H. P. K. (1932) The relation of temperature to continuous reproduction in the pulmonate snail, *Physa gyrina* Say. — *Nautilus* 45: 121-123.
- ARNOLD, D. E. (1969) Thermal pollution nuclear power, and the Great Lakes. — *Limnos*, 2 (1): 20-24. Reprinted, Great Lakes Research Div., collected Reprints, v. 3 (1969-1970) 1971.
- BACHRACK, E. et CARDOT, H. (1924) Développement des limaces et des limnées à différentes températures. — *Soc. Biol.* XCI, 23.
- BEAMES, C. G., Jr. & LINDEBERG, R. G. (1967) Temperature adaptation in the snail *Physa anatina*. — *Proc. Okla. Acad. Sci.*
- BELEHRADEK, J. (1935) Temperature and living matter. — *Proto. Monogr.*, 8, Berlin.
- BINET, L. et MORIN, G. (1934) Action de la chaleur sur les poissons. — *Jour. Physiol. et Pathol. génér.*, 32 (2): 372-379.
- BORAY, J. C. (1964) Studies on the ecology of *Lymnaea tomentosa* the intermediate host of *Fasciola hepatica*. 1. History, geographical distribution and environment. — *Austr. J. Zool.*, 12: 217-230.
- BRETT, J. R. (1944) Some lethal temperature relations of Algonquin Park Fishes. — *Publ. Ontario Fisheries Res. Lab.*; Univ. Toronto Studies 52: 1-49.
- BRITTON, S. W. (1924) The effects of extreme temperature on fishes. — *Amer. J. Physiol.*, 67: 411-421.
- BRUES, C. T. (1928) Studies on the fauna of hot springs in the Western United States and the biology of thermophilous animals. — *Proc. Amer. Acad. Arts and Science* 63 (4): 139-228.
- BRUMPT, E. (1941) Observations biologiques diverses concernant *Planorbis (Australorbis) glabratus* hôte-intermédiaire de *Schistosoma mansoni*. — *Ann. Parasit. Hum. Comp.*, 18: 9-45.
- CAIRNS, J., Jr. (1956) Effects of increased temperature on aquatic organisms. — *Indus. Wastes*, 1 (4): 150-152.
- (1968) We're in hot water. — *Scientist and Citizen*, 10 (8): 187-198.
- (1972) Environmental quality and the thermal pollution problem. — *The Careless Technology*, Doubleday/Natural History Press, Garden City, New York: 829-853.
- CHARLON, N. (1968) Résistance du poisson-chat (*Ameiurus nebulosus* L.) à de brusques variations de température. — *Bull. Fr. Pisciculture*, 230, 231: 1-41.
- CHEATUM, E. P. (1934) Limnological investigations on respiration, annual migratory cycle, and other related phenomena in fresh-water pulmonate snails. — *Trans. Micros. Soc.* LIII (4), Oct.
- CHERNIN, E. (1967) Behavior of *Biomphalaria glabrata* and of other snails in a thermal gradient. — *Jour. Parasit.* 53 (6): 1233-1240.
- CLAMPITT, P. T. (1970) Comparative ecology of snails *Physa gyrina* and *Physa integra* (Basommatophora: Physidae). — *Malacologia*, 10(1): 113-151.
- CLARKE, A. H. (1973) The freshwater molluscs of the Canadian Interior basin. — *Malacologia* 13 (1-2): 1-509.
- CLELAND, D. M. (1954) *Proc. Malacol. Soc. London* 30: 167-203.
- COOLEY, J. L. & NELSON, D. J. (1970) Effects of chronic irradiation and temperature on populations of the aquatic snail *Physa heterostropha*. — Thesis. Publ. (364), *Ecolog. Sci. Div.*, Oak Ridge National Lab., ORNL-4612, UC-48, Biology and Medicine.
- CORT, W. W., McMULLEN, D. B., OLIVIER, L. & BRACKETT, S. (1940) Studies on Schistosoma Dermatitis. VII. Seasonal incidence of *Cercaria stagnicolae* Talbot, 1936, in relation to the life cycle of its snail host, *Stagnicola emarginata angulata* (Sowerby). — *Amer. Jour. Hyg.*, 32 (2), Sec. D: 33-69.
- CRABB, E. D. (1929) Growth of a pond snail, *Lymnaea stagnalis appressa*, as indicated by increase in shell-size. — *Biol. Bull.* LVI (1), Jan.
- DEWIT, W. B. (1955) Influence of temperature on penetration of snail hosts by *Schistosoma mansoni* miracidia. — *Exper. Parasit.*, 4: 271-276.
- DeWITT, R. M. (1954) The intrinsic rate of natural increase in a pond snail (*Physa gyrina* Say). — *Amer. Naturalist*, LXXXVIII (842): 353-359.
- (1954a) Reproduction, embryonic development and growth in the pond snail, *Physa gyrina* Say. — *Trans. Am. Microscopic Soc.*, 73: 124-137.
- (1954b) Reproduction, embryonic development and growth in the pond snail (*Physa gyrina* Say). — *Trans. Am. Microscopic Soc.*, 73 (2): 124-137.
- (1954c) Reproductive capacity in a pulmonate snail (*Physa gyrina* Say). — *Amer. Naturalist*, LXXXVIII (840): 159-164.
- (1955) The ecology and life history of the pond snail *Physa gyrina*. — *Ecology* 36(1): 40-46.
- FORBES, G. S. & CRAMPTON, H. E. (1942) The effects of population density upon growth and size in *Lymnaea palustris*. — *Biol. Bull.* 83: 283-289.
- FOSTER, G. R. (1971) Winter vagility of the aquatic snail *Lymnaea (Galba) bulimoides* Lea. — *Bacteria* 35 (1-4): 63-72.
- FRASER, L. A. (1946) The embryology of the reproductive tract of *Lymnaea stagnalis appressa* Say. — *Trans. Amer. Micros. Soc.*, LXV (4).
- GAUD, J. (1958) Rythmes biologiques des Mollusques vecteurs des bilharzioses. Facteurs saisonniers et climatiques influençant le cycle de reproduction de *Bulinus truncatus* et de *Planorbis metedjensis* en Afrique du Nord. — *Bull. World Hlth Org.*, 18: 751-769.
- GILLESPIE, D. M. (1969) Population studies of four species of Molluscs in the Madison River, Yellowstone National Park. — *Limnology and Oceanography*, 14 (1): 101-114.
- GORDON, R. M., DAVEY, T. H., & PEASTON, H. (1934) The transmission of human bilharziasis in Sierra

- Leone, with an account of the life-cycle of the schistosomes concerned, *S. mansoni* and *S. haematobium*. — Ann. Trop. Med. and Parasit., 28: 323-418.
- HARTOG, C. D. (1962) The life cycle of the water snail *Aplexa hypnorum*. — Basteria, 26 (5/6): 61-72.
- HOFFMAN, D.O. & ZAKHARY, R. (1951) The effect of temperature on the molluscicidal activity of copper sulfate. — Science, 114: 521-523.
- HOGG, J. (1854) Observations on the development and growth of the water-snail (*Limneus stagnalis*). — Trans. Micros. Soc., London II.
- HOLDAWAY, J. L., RESI, L. A., THOMAS, N.A., PARRISH, L.P., STEWART, R.K., & MACKENTHUN, K.M. (1967) Temperature and aquatic life. — Techn. adv. and Invest. Branch, Tech. Services Program, FWPCA, U.S. Dept. Interior, Lab. Inv. Ser., no. 6: 151 p.
- HUNTER, W. (1961) Life cycles of four freshwater snails in limited populations in Loch Lomond, with a discussion of infra-specific variations. — Zool. Soc. London, Proc. scient. mtgs., 137 (1): 135-171.
- HUTCHINSON, L. (1947) Analysis of the activity of fresh-water snail *Viviparus malleatus* (Reeve). — Ecology, 28 (4): 335-345.
- IMAI, T. (1937) The larval shell growth of *Lymnaea japonica* Jay. In special reference to the influence of temperature. — Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ., 11: 419-432.
- ISSEL, R. (1908) Sulla biologia termale. — Internat. Rev. Ges. Hydrobiol. u. Hydrograph., 1: 29-36.
- JOBIN, R. (1970) Population dynamics of aquatic snails in three farm ponds of Puerto Rico. — Amer. Jour. Trop. Med. and Hyg. 19 (6): 1038-1048.
- JOOSSE, J. (1964) Dorsal bodies and dorsal neurosecretory cells of cerebral ganglia of *Lymnaea stagnalis* L. — Archs. Néerl. de Zool. XVI (1): 1-103.
- KUNTZ, R. E. & WELLS, W.H. (1951) Laboratory and field evaluations of dinitro-phenols as molluscicides for control of schistosome vectors in Egypt with emphasis on importance of temperature. — Amer. Jour. Trop. Med., 31: 784-824.
- KUNTZ, R. E. (1957) Relationship of temperature to molluscicidal activity. — Amer. Jour. Trop. Med. and Hyg., 6: 940-945.
- LILLY, M. M. (1953) The mode of life and the structure and functioning of the reproductive ducts of *Bithynia tentaculata* L. — Proc. Malacol. Soc. London, 30: 87-110.
- MACKENTHUN, K. M. & KEUP, L. E. (1969) Assessing temperature effects with biology. — Proc. Amer. Power Conf., 31.
- MAGNIN, E. (1970) Faune benthique littorale du lac Saint-Louis près de Montréal (Québec). I - Quelques données générales. — Ann. Hydrobiol., 1 (2): 181-195.
- MCNEIL, C.W. (1960) Winter survival of snails on culvert walls. — Bull. Ecol. Soc. Amer., 41 (3).
- (1961) Winter survival of snails in experimental cultures. — Bull. Ecol. Soc. Amer., 42 (3).
- (1963) Winter survival of *Stagnicola palustris nuttalliana* and *Physa propinqua*. — Ecology, 1.
- (1957) Surface-wintering of aquatic snails in central Washington (*Stagnicola palustris nuttalliana*, *Fossaria perplexa*). — J. Parasitol. 43 (1): 114-115.
- MCCRAW, B. M. (1961) Life history and growth of the snail *Lymnaea humilis* Say. — Trans. Amer. Micros. Soc., LXXX (1).
- MERRIMAN, D. (1970) The caefaction of a river. — Scient. Amer., May: 42-52.
- MICHELSON, E. H. (1961) The effects of temperature on growth and reproduction of *Australorbis glabratus* in the laboratory. — Amer. Jour. Hyg., 73: 66-71.
- NOLAND, L.E. & CARRIKER, M.R. (1946) Observations on the biology of the snail *Lymnaea stagnalis* *appressa* during twenty generations in laboratory culture. — Amer. Midl. Nat., 36: 467-493.
- PERLOWAGORA-SZUMLEWICZ, A. (1958) Studies on the biology of *Australorbis glabratus*, schistosome bearing Brazilian snail. — Rev. Brazil. Mal. Doenças Trop., 10: 459-529.
- PINEL-ALLOUL, B. & MAGNIN, E. (1971) Cycle vital et croissance de *Bithynia tentaculata* L. (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia) du Lac St-Louis près de Montréal. — Canad. J. Zool., 49 (5): 759-766.
- & — (1973) Observations sur le cycle vital de la croissance d'*Amnicola limosa* (Say) (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia) du lac Saint-Louis près de Montréal. — Canad. J. Zool. 51 (2): 311-313
- PRECHT, H. (1958) Temperature adaptation of cold-blooded animals. — IN: Physiological adaptation. Ladd Prosser, Ed., Baltimore: 50-79.
- PRECHT, I. (1967) Investigations on diapause capacity, adaptation and temperature resistance of some insects and snails. — Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool., 176 (1-2): 122-172.
- RANEY, E. C. & MENZEL, B.W. (1969) Heated effluents and effects on aquatic life with emphasis on fishes. — Ithaca, N. Y., Ichthyol. Assoc. Bull. (2): 470 p.
- SCHELTEMA, R. S. (1967) The relationship of temperature to the larval development of *Nassarius obsoletus* (Gastropoda). — Biol. Bull. 132 (2): 253-265.
- SEGAL, E. (1961) Acclimatation in molluscs. — Amer. Zool. 1: 235-244.
- SEMPER, K. (1881) Animal life as affected by the natural conditions of existence. — Internat. Science Series, D. Appleton & Co., New York, 427 p.
- SHIFF, C. J. (1964a) Studies on *Bulinus (Physopsis) globosus* in Rhodesia. I. The influence of temperature on the intrinsic rate of natural increase. — Ann. Trop. Med. Parasit., 58: 94-105.
- (1964b) Studies on *Bulinus (Physopsis) globosus* in Rhodesia. II. Factors influencing the relationship between age and growth. — Ann. Trop. Med. Parasit., 58: 106-115.
- (1964c) Studies on *Bulinus (Physopsis) globosus* in Rhodesia. III. Bionomics of a natural population existing in a temporary habitat. — Ann. Trop. Med. Parasit., 58: 240-255.
- STANDEN, O. D. (1952) Experimental infection of *Australorbis glabratus* with *Schistosoma mansoni*.

I. Individual and mass infections of snails, and the relationship of infection to temperature and season. -- Ann. Trop. Med. Parasit., 46: 48-53.

STIREWALT, M. A. (1954) Effect of snail maintenance temperatures on development of *Schistosoma mansoni*. -- Exper. Parasit., 3: 504-516.

STURROCK, R.F. (1965) The development of irrigation and its influence on the transmission of bilharziasis in Tanganyika. -- Bull. Org. mond. Santé. Bull. Wld. Hlth. Org., 32: 225-236.

STURROCK, R. F. (1966) Influence of temperature on *Biomphalaria pfeifferi*. -- Bull. Wld. Hlth. Org., 32: 225.

TSIKHON-LUKANINA, E.A. (1963) The growth of *Valvata pulchella* (Gastropoda, Prosobranchiata) -- p. 18-22, IN: Data on the biology and hydrobiology of Volga reservoirs (in Russian). Akad. Nauk SSR, Moscow-Leningrad. Ref. Zh. Biol. 1963 (11 d 131). (Transl.)

Van der STEEN, W. J. (1970) Periodic oviposition in the freshwater snail *Lymnaea stagnalis*: a new type of endogenous rythm. -- Acta Biotheoretica, 19 (2): 87-93.

van der SCHALIE, H. & BERRY, E.G. (1972) The effects of temperature on growth and reproduction of aquatic snails. -- Water Quality Office Environmental Protection Agency, July, 165 p.

VAN NIEUWENHOVEN, L. M. & LEVER, J. (1946) The egg-laying stimulus. -- IN: Experimental embryology in the Netherlands, Woerdeman, M. W., and Chr. P. Raven, ed., 132 p.

VAUGHN, C. M. (1953) Effects of temperature on hatching and growth of *Lymnaea stagnalis appressa* Say. -- Amer. Midl. Nat. 49 (1): 214-228.

VLASELOM, A.G. (1971) Further investigations into the life cycle and soil dependence of the water snail *Aplexa hypnorum*. -- Basteria 35 (5): 95-108.

WORLD HEALTH ORGANIZATION STUDY GROUP ON THE ECOLOGY OF INTERMEDIATE SNAIL HOSTS OF BILHARZIASIS (1957) Technical report series no. 120. Geneva: World Health Organization.

WURTZ, C. B. (1949) *Physa heterostropha* (Say). -- Nautilus 63 (1): 20-33.

Manuscrit accepté par la Rédaction, 2 décembre 1974

TABLE DES MATIERES

| | Page |
|------------------------|------|
| Introduction | 18 |
| Généralités | 19 |
| Croissance | 20 |
| Lymnaeidae | 20 |
| Physidae | 21 |
| Planorbidae | 21 |
| Hydrobiidae | 22 |
| Reproduction | 22 |
| Lymnaeidae | 22 |
| Physidae | 23 |
| Planorbidae | 24 |
| Hydrobiidae | 24 |
| Mortalité | 25 |
| Lymnaeidae | 25 |
| Physidae | 26 |
| Planorbidae | 26 |
| Hydrobiidae | 27 |
| Parasitisme | 27 |
| Migration | 28 |
| Conclusion | 28 |
| Références | 30 |

THE LAND SNAILS OF NEW YORK STATE PRELIMINARY REPORT

K-HANS WURZINGER

Museum of Zoology, University of Michigan

INTRODUCTION

Although terrestrial gastropods are a major component of the invertebrate fauna of any area, there has been no state-wide review of this group of animals since that of Letson (1905). Numerous publications on specific areas of species in New York State have appeared since that time. It is the objective of this report to summarize the published records of New York State land snails. The information contained herein is derived mostly from the literature supplemented by material in the Museum of Zoology, University of Michigan, and the invertebrate collection of the SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York. No attempt was made at this time to verify the identifications of the specimens in either collection.

To date, 102 species and a number of subspecies of Stylommatophora have been reported as occurring in the state of New York. These belong to 14 families and 47 genera. Of these 102 species, 19 are introduced species belonging to 6 families. These are often found in or near greenhouses and other human buildings. They are indicated in the listing of species by an asterisk. The organisms are arranged alphabetically both by family and within a family. The distribution of each species is given by county. Each species name is followed by a list of synonyms under which the animal was reported from New York State. This listing is not intended to be a complete synonymy.

GASTROPODA

Stylommatophora

ACHATINIDAE

**Lamellaxis gracilis* (Hutton). Nassau, Suffolk.

**Opeas pumilum* (Pfeiffer). Nassau, Suffolk.

ARIONIDAE

**Arion circumscriptus* Johnston. Albany, Chautauqua, Erie, Essex, Herkimer, Madison, Montgomery, New York, Niagara, Oneida, Onondaga, Suffolk, Tompkins, Warren.

**Arion fasciatus* (Nilsson). Onondaga, Warren.

**Arion hortensis* Férussac. Erie, Onondaga.

**Arion intermedius* (Normand). Erie.

**Arion subfuscus* (Draparnaud). Cayuga, Chemung, Erie, Putnam, Queens, Suffolk, Tompkins, Westchester.

Cionella lubrica (Müller). (Synonyms: *Achatina lubrica* Müller, *Bulimus lubricus* Bruguière, *Cionella subcylindrica* Linné, *Cochlicopa lubrica* Müller, *Ferussacia subcylindrica* Linné, *Zua subcylindrica* Chem.)

Albany, Cattaraugus, Chautauqua, Cayuga, Dutchess, Erie, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Oneida, Onondaga, Orleans, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Tompkins, Washington, Westchester, Wyoming.

ENDODONTIDAE

Anguispira alternata (Say). (Synonyms: *Helix alternata* Say, *Patula alternata* Say, *Pyramidula alternata* Say).

Albany, Allegany, Cattaraugus, Cayuga, Clinton, Chemung, Erie, Genesee, Hamilton, Herkimer, Jefferson, Kings, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Onondaga, Otsego, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Suffolk, Tompkins, Washington, Westchester, Wyoming.

Discus catskillensis (Pilsbry). Albany, Cortland, Dutchess, Erie, Essex, Greene, Hamilton, Madison, Oneida, Rensselaer, Richmond, Rockland, Tompkins, Ulster, Warren, Westchester.

Discus cronkhitei (Newcomb). (Synonyms: *Pyramidula striatella* Anthony, *Helix striatella* Anthony, *Patula striatella* Anthony)

Cattaraugus, Chautauqua, Delaware, Dutchess, Erie, Essex, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Oneida, Onondaga, Rensselaer, Richmond, Rockland, Tompkins, Washington, Wayne.

Discus patulus (Deshayes). (Synonyms: *Helix perspectiva* Say, *Patula perspectiva* Say, *Pyramidula perspectiva* Say)

Cattaraugus, Cortland, Cayuga, Erie, Herkimer, Madison, Monroe, Niagara, Onondaga, Rensselaer, Tompkins.

**Discus rotundatus* (Müller). New York, Queens, Suffolk, Tompkins, Westchester.

Helicodiscus parallelus (Say). (Synonyms: *Helicodiscus lineatus* Say, *Helix lineata* Say, *Hyalina lineata* Say)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Columbia, Dutchess, Erie, Essex, Greene, Hamilton, Herkimer, Jefferson, Kings, Livingston, Madison, Monroe, Nassau, Onondaga, Otsego, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Tompkins, Warren, Ulster, Wayne, Westchester.

Punctum minutissimum (Lea). (Synonyms: *Conulus minutissima* Lea, *Helix minutissima* Lea, *Punctum* Albany, Cattaraugus, Cayuga, Clinton, Herkimer, Niagara, Tompkins, Westchester, Washington, Long Island.

HAPLOTREMATIDAE

Haplotrema concavum (Say). (Synonyms: *Circinaria concava* Say, *Helix concava* Say, *Helix planorboides* Rafinesque, *Macrocyclus concava* Say, *Selemites concava* Say)

Albany, Cattaraugus, Erie, Genesee, Hamilton, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Oneida, Onondaga, Rensselaer, Tompkins, Warren, Washington, Westchester, Wyoming.

HELICIDAE

**Cepaea hortensis* (Müller). (Synonyms: *Helix hortensis* Müller, *Helix subglobosa* Müller, *Tachea hortensis* Müller)

Queens, Monroe, Long Island.

**Cepaea nemoralis* (Linné). Monroe, Queens, Suffolk, Kings, Nassau.

LIMACIDAE

Deroceras laeve (Müller). (Synonyms: *Limax campestris* Binney, *Agriolimax campestris* Binney)

Albany, Allegany, Broome, Cattaraugus, Cayuga, Chautauqua, Chenango, Cortland, Delaware, Dutchess, Erie, Franklin, Fulton, Greene, Herkimer, Jefferson, Livingston, Madison, Monroe, Nassau, Niagara,

Oneida, Onondaga, Ontario, Orange, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Saratoga, Schenectady, Schuyler, Seneca, Suffolk, Sullivan, Tioga, Tompkins, Ulster, Warren, Washington, Wayne, Westchester, Wyoming.

**Deroceras reticulatum* (Müller). (Synonyms: *Agriolimax agrestis* Linné, *Agriolimax reticulatus* (Müller), *Deroceras agreste* (Linné), *Eulimax agrestis* Linné, *Limax agrestis* Linné)

Broome, Cattaraugus, Cayuga, Delaware, Dutchess, Erie, Fulton, Genesee, Herkimer, Jefferson, Livingston, Monroe, Niagara, Oneida, Onondaga, Ontario, Orleans, Queens, Richmond, Saratoga, Schenectady, Steuben, Sullivan, Tioga, Tompkins, Warren, Wayne, Westchester.

**Lehmannia valentiana* (Férussac). (Synonyms: *Limax poirieri* Mabilie, *Limax marginatus* Müller)

Albany, Cayuga, Chautauqua, Chemung, Chenango, Cortland, Delaware, Dutchess, Erie, Franklin, Genesee, Herkimer, Jefferson, Madison, Monroe, Montgomery, Niagara, Oneida, Onondaga, Ontario, Orange, Orleans, Queens, Richmond, Rockland, Saratoga, Schenectady, Schuyler, Steuben, Suffolk, Sullivan, Tioga, Tompkins, Ulster, Warren, Washington, Westchester.

**Limax flavus* Linné. (Synonyms: *Eulimax flavus* (Linné))

Albany, Cayuga, Herkimer, Monroe, Onondaga, Suffolk, Tompkins.

**Limax maximus* Linné. Albany, Cayuga, Chemung, Erie, Monroe, Queens, Rockland, Suffolk, Warren.

**Milax gagates* (Draparnaud). Allegany, Broome, Cayuga, Erie, Franklin, Greene, Orleans, Steuben, Suffolk, Tompkins, Ulster.

PHILOMYCIDAE

Pallifera dorsalis (Binney). (Synonyms: *Philomycus dorsalis* Binney, *Tebennophorus dorsalis* Binney)

Albany, Cattaraugus, Erie, Herkimer, Monroe, Onondaga, Tompkins, Ulster, Westchester.

Philomycus carolinianus (Bosc). (Synonyms: *Tebennophorus caroliniensis* Bosc)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Erie, Greene, Herkimer, Jefferson, Madison, Monroe, Onondaga, Richmond, Suffolk, Tompkins, Ulster, Warren.

POLYGYRIDAE

Allogona profunda (Say). (Synonyms: *Helix profunda* Say, *Mesodon profunda* Say, *Polygyra profunda* Say, *Ulostoma profunda* Say)

Herkimer.

Mesodon appressus (Say). (Synonyms: *Helix appressa* Say, *Polygyra appressa* Say, *Xolotrema appressa* Say)

Niagara, Columbia.

Mesodon elevatus (Say) (Synonyms: *Helix elevata* Say, *Polygyra elevata* Say)
Herkimer, Yates.

Mesodon mitchellianus (Lea) Erie, Herkimer, Rensselaer.

Mesodon inflectus (Say) (Synonyms: *Helix inflecta* Say, *Isognomostoma inflecta* Say, *Polygyra inflecta* Say)
Cattaraugus, Erie.

Mesodon sayanus (Pilsbry) (Synonyms: *Helix diodonta* Say, *Helix sayii* Binney, *Polygyra sayi* Binney)
Albany, Cattaraugus, Cayuga, Erie, Essex, Franklin, Greene, Hamilton, Herkimer, Madison, Monroe, Oneida, Onondaga, Otsego, Ontario, Schuyler, Tompkins, Ulster, Warren.

Mesodon thyroideus (Say) (Synonyms: *Helix thyroideus* Say, *Polygyra thyroideus* Say)
Cattaraugus, Cayuga, Chautauqua, Dutchess, Erie, Genesee, Hamilton, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Nassau, Niagara, Onondaga, Orleans, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Suffolk, Tompkins, Westchester.

Mesodon zaletus (Binney) (Synonyms: *Helix exoleta* Say, *Helix zaleta* Say, *Mesodon exoleta* Binney, *Polygyra exoleta* Binney)
Cattaraugus, Erie, Herkimer, Niagara, Rockland, Tompkins.

Stenotrema fraternum (Say) (Synonyms: *Stenotrema monodon* var. *fraterna* Say, *Polygyra monodon fraterna* Say, *Helix fraterna* Say)
Albany, Cattaraugus, Columbia, Dutchess, Erie, Essex, Genesee, Greene, Hamilton, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Onondaga, Otsego, Rensselaer, Tompkins, Ulster, Warren, Westchester, Yates, Long Island.

Stenotrema hirsutum (Say) (Synonyms: *Helix hirsuta* Say, *Polygyra hirsuta* Say)
Albany, Cayuga, Columbia, Dutchess, Erie, Monroe, Oneida, Onondaga, Richmond, Rockland, Tompkins, Westchester.

Stenotrema leai (Binney) (Synonyms: *Helix monodon* Rackett, *Polygyra leai* Ward, *Polygyra monodon* Rackett, *Stenotrema monodon* (Rackett), *Stenotrema monodon* var. *leaii* Ward)
Cayuga, Erie, Herkimer, Monroe, Onondaga, Rensselaer, Washington, Westchester.

Triodopsis albolabris (Say) (Synonyms: *Helix albolabris* Say, *Helix rufa* DeKay, *Mesodon albolabris* Say, *Polygyra albolabris* Say)
Albany, Allegany, Cattaraugus, Cayuga, Clinton, Columbia, Dutchess, Erie, Genesee, Hamilton, Herkimer, Jefferson, Livingston, Madison, Monroe, Nassau, Niagara, Onondaga, Orange, Otsego, Rensselaer, Richmond, Rockland, Suffolk, Tompkins, Ulster, Warren, Washington, Westchester.

Triodopsis dentifera (A. Binney) (Synonyms: *Helix*

dentifera Binney, *Mesodon dentifera* Binney, *Polygyra dentifera* Binney)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Delaware, Essex, Erie, Franklin, Greene, Herkimer, Livingston, Madison, Onondaga, Oneida, Tompkins, Ulster, Warren, Washington, Westchester, Wyoming.

Triodopsis multilineata (Say) (Synonyms: *Helix multilineata* Say, *Mesodon multilineata* Say, *Polygyra multilineata* Say)
Erie, Herkimer.

Triodopsis neglecta vulgata (Pilsbry) (Synonyms: *Helix fallax* Say, *Polygyra fraudulenta* Pilsbry, *Triodopsis fallax* Say, *Triodopsis fraudulenta vulgata* Pilsbry)
Erie, Herkimer, Monroe, Ontario.

Triodopsis obstricta denotata (Férussac) (Synonyms: *Helix denotata* Férussac, *Helix palliata* Say, *Polygyra palliata* Say, *Triodopsis denotata* Férussac, *Triodopsis notata* (Deshayes), *Triodopsis palliata* Say, *Xolotrema palliata* Say)
Albany, Allegany, Cattaraugus, Cayuga, Columbia, Dutchess, Erie, Greene, Hamilton, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Onondaga, Ontario, Orleans, Otsego, Rensselaer, Schuyler, Tompkins, Ulster, Washington, Westchester, Yates.

Triodopsis tridentata (Say) (Synonyms: *Helix tridentata* Say, *Polygyra tridentata* (Say))
Albany, Allegany, Cattaraugus, Cayuga, Chemung, Columbia, Cortland, Dutchess, Erie, Essex, Genesee, Greene, Hamilton, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Onondaga, Rensselaer, Richmond, Rockland, St. Lawrence, Schuyler, Suffolk, Tompkins, Ulster, Washington, Wayne, Westchester, Wyoming, Yates.

PUPILLIDAE

Columella edentula (Draparnaud) (Synonyms: *Isthmia simplex* Gould, *Pupa edentula* Draparnaud, *Pupa simplex* Gould, *Sphyradium edentulum* Draparnaud, *Vertigo simplex* Gould)
Cattaraugus, Cayuga, Herkimer, Monroe, Onondaga, Suffolk.

Gastrocopta armifera (Say) (Synonyms: *Bifidaria armifera* Say, *Leucochila armifera* Say, *Pupa armifera* Say)
Erie, Essex, Livingston, Monroe, Niagara, Richmond, Westchester.

Gastrocopta contracta (Say) (Synonyms: *Bifidaria contracta* Say, *Pupa contracta* Say, *Leucochila contracta* Say)
Albany, Dutchess, Erie, Hamilton, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Onondaga, Rensselaer, Richmond, Rockland, Suffolk, Warren.

Gastrocopta corticaria (Say) (Synonyms: *Bifidaria corticaria* Say, *Leucochila corticaria* Say, *Pupa corticaria* Say)
Herkimer, Monroe, Niagara, Onondaga, Suffolk, Tompkins.

Gastrocopta pentodon (Say) (Synonyms: *Bifidaria curvidens* Gould, *Bifidaria pentodon* Say, *Pupa pentodon* Say, *Pupilla pentodon* Say)

Albany, Cattaraugus, Erie, Herkimer, Monroe, Onondaga, Rensselaer, Warren.

Gastrocopta procera (Gould). Monroe.

Gastrocopta rupicola (Say) (Synonyms: *Bifidaria rupicola* Say, *Leucochila rupicola* Say, *Pupa rupicola* Say)

Monroe, Richmond.

Gastrocopta tappaniana C. B. Adams. Albany, Erie, Richmond, Livingston.

Pupilla muscorum (Linné) (Synonyms: *Pupa badia* Adams, *Pupa muscorum* Linné, *Pupilla badia* Adams)

Cayuga, Erie, Essex, Monroe, Niagara, Onondaga.

Pupoides albilabris (C. B. Adams) (Synonyms: *Leucochila fallax* Say, *Pupa fallax* Say, *Pupoides marginatus* Say)

Monroe, Niagara, Richmond, Suffolk.

Vertigo bollesiana (Morse) (Synonyms: *Isthmia bollesiana* Morse, *Vertigo gouldi bollesiana* Morse)

Cattaraugus, Cayuga, Herkimer, Kings, Onondaga.

Vertigo gouldi (Binney) (Synonyms: *Isthmia gouldii* Binney, *Pupa gouldii* Binney)

Albany, Cayuga, Erie, Madison, Monroe, Onondaga, Ontario, Richmond, Tompkins, Westchester.

Vertigo milium (Gould) (Synonyms: *Isthmia milium* Gould, *Pupa milium* Gould)

Albany, Cayuga, Monroe, Suffolk.

Vertigo morsei Sterki. Livingston, Monroe.

Vertigo ovata (Say) (Synonyms: *Isthmia ovata* Say, *Pupa ovata* Say)

Bronx, Cattaraugus, Cayuga, Erie, Herkimer, Livingston, Monroe, Niagara, Onondaga, Queens, Richmond, Suffolk, Yates.

Vertigo pygmaeum (Draparnaud). Livingston, Madison, Richmond.

Vertigo tridentata Wolf. Rensselaer.

Vertigo ventricosa (Morse) (Synonyms: *Isthmia ventricosa* Morse)

Albany, Herkimer, Onondaga.

STROBILOPSIDAE

Strobilops aenea Pilsbry. Madison.

Strobilops affinis Pilsbry. Dutchess, Onondaga, Richmond.

Strobilops labyrinthica (Say) (Synonyms: *Strobila labyrinthica* Say, *Strobilops virgo* Pilsbry, *Helix labyrinthica* Say)

Cayuga, Erie, Monroe, Onondaga, Rensselaer, Richmond, Suffolk, Washington, Westchester.

SUCCINEIDAE

Catinella vermata (Say) (Synonym: *Succinea avara* (Say))

Cayuga, Clinton, Dutchess, Erie, Essex, Genesee, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, New York, Niagara, Oneida, Onondaga, Richmond, Suffolk, Warren, Washington.

Oxyloma retusa (Lea) (Synonym: *Succinea retusa* Lea)

Albany, Cattaraugus, Chautauqua, Dutchess, Erie, Genesee, Herkimer, Madison, Monroe, New York, Niagara, Onondaga, Otsego, Tompkins, Warren.

Succinea aurea Lea. Herkimer, Monroe, Nassau, New York, Niagara, Otsego, Richmond, Westchester, Long Island.

Succinea ovalis Say (Synonyms: *Succinea obliqua* Say, *Succinea obliqua totteniana* Lea, *Succinea totteniana* Lea)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Clinton, Dutchess, Essex, Erie, Genesee, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Onondaga, Otsego, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Schuyler, Tompkins, Ulster, Warren, Washington, Westchester, Yates.

VALLONIIDAE

Planogyra asteriscus (Morse). Dutchess, Richmond.

Vallonia albula Sterki. Tompkins.

Vallonia costata (Müller). Bronx, Erie, Herkimer.

Vallonia excentrica Sterki. Albany, Erie, Herkimer, Niagara, Richmond, Tompkins.

Vallonia pulchella (Müller) (Synonyms: *Helix minuta* Say, *Helix pulchella* Müller, *Vallonia minuta* Say)

Cayuga, Erie, Essex, Herkimer, Kings, Livingston, Madison, Monroe, Nassau, Niagara, Oneida, Onondaga, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Suffolk, Westchester.

Zoögenetes harpa (Say) (Synonym: *Acanthinula harpa* Say)

Jefferson.

ZONITIDAE

Euconulus chersinus (Say) (Synonyms: *Conulus chersinus* Say, *Helix chersina* Say, *Zonites chersina* Say)

Cattaraugus, Livingston, Monroe, Onondaga, Richmond, Suffolk, Warren, Westchester.

Euconulus fulvus (Müller) (Synonyms: *Conulus fulvus* Müller, *Helix fulva* Draparnaud)

Albany, Erie, Hamilton, Livingston, Madison, Monroe, Onondaga, Richmond, Tompkins, Westchester.

Guppya sterkii (Dall). Onondaga.

Hawaiia minuscula (Binney) (Synonyms: *Helix mi-*

nuscula Binney, *Hyalina minuscula* Binney, *Omphalina minuscula* Binney, *Pseudohyalina minuscula* Binney, *Zonites minuscula* Binney, *Zonitoides minusculus* Binney)

Albany, Erie, Herkimer, Livingston, Monroe, Niagara, Onondaga, Richmond, Rockland, Suffolk, Westchester.

Mesomphix cupreus (Rafinesque) (Synonyms: *Helix fuliginosa* Griffith, *Hyalina fuliginosa* Griffith, *Omphalina fuliginosa* Griffith, *Zonites fuliginosa* Griffith)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Columbia, Dutchess, Erie, Genesee, Greene, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Oneida, Onondaga, Ontario, Otsego, Rensselaer, Schenectady, Tompkins, Ulster, Washington, Yates.

Mesomphix inornatus (Say) (Synonyms: *Helix inornata* Say, *Hyalina inornata* Say, *Omphalina inornata* Say, *Zonites inornatus* Say)

Albany, Allegany, Cattaraugus, Cayuga, Erie, Genesee, Hamilton, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Oneida, Onondaga, Ontario, Orange, Otsego, Rockland, Schuyler, Tompkins, Ulster, Washington, Westchester.

**Oxychilus alliarius* (Miller). Dutchess, Kings, Suffolk.

**Oxychilus cellarius* (Müller) (Synonyms: *Helix cellaria* Müller, *Vitrea cellaria* Müller)

Allegany, Erie, Kings, Madison, Monroe, New York, Onondaga, Queens, Richmond, Westchester.

**Oxychilus draparnaldi* Beck. Albany, Allegany, Broome, Cayuga, Cortland, Delaware, Erie, Fulton, Genesee, Greene, Jefferson, Livingston, New York, Niagara, Oneida, Onondaga, Orleans, Rockland, Saratoga, Schuyler, Seneca, Steuben, Tompkins, Warren, Wayne.

Paravitrea multidentata (Binney) (Synonyms: *Gastrocopta multidentata* Binney, *Helix multidentata* Binney, *Hyalina multidentata* Binney, *Ventridens multidentata* Binney, *Zonites multidentatus* Binney)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Essex, Hamilton, Herkimer, Monroe, Onondaga, Rensselaer, Tompkins, Ulster, Washington, Wayne.

Retinella binneyana (Morse) (Synonyms: *Helix binneyana* Morse, *Hyalina binneyana* Morse, *Vitrea binneyana* Morse)

Cayuga, Essex, Hamilton, Monroe, Onondaga, Queens, Rockland, Ulster.

Retinella burringtoni (Pilsbry). Tompkins.

Retinella electrina (Gould) (Synonyms: *Helix electrina* Gould, *Helix viridula* Mke., *Hyalina electrina* Gould, *Hyalina radiatula* Gould, *Hyalina viridula* Mke., *Omphalina viridula* Mke., *Vitrea hammonis* Strom, *Zonites viridulus* Mke.)

Cayuga, Erie, Herkimer, Livingston, Monroe, Onondaga, Queens, Richmond, Suffolk, Tompkins, Warren, Washington, Westchester.

Retinella indentata (Say) (Synonyms: *Helix inden-*

tata Say, *Hyalina electrina* Say, *Omphalina indentata* Say, *Vitrea indentata* Say, *Zonites indentatus* Say)

Cattaraugus, Cayuga, Erie, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Onondaga, Rensselaer, Richmond, Rockland, Westchester.

Retinella rhoadsi (Pilsbry). Albany, Dutchess, Herkimer, Madison, Onondaga, Oswego, Tompkins.

Retinella wheatleyi (Bland). Erie.

Striatura exigua (Stimpson) (Synonyms: *Hyalina exigua* Stimpson, *Omphalina exigua* Stimpson, *Zonitoides exigua* Stimpson)

Albany, Cattaraugus, Franklin, Greene, Hamilton, Herkimer, Monroe, Onondaga, Tompkins, Ulster, Washington.

Striatura ferrea Morse (Synonyms: *Hyalina ferrea* Morse, *Omphalina ferrea* Morse, *Vitrea ferrea* Morse) Cattaraugus, Erie, Herkimer, Onondaga, Tompkins, Warren.

Striatura milium (Morse) (Synonym: *Zonitoides milium* Morse)

Cattaraugus, Erie, Niagara, Schuyler, Suffolk, Tompkins.

Ventridens intertextus (Binney) (Synonyms: *Gastrocopta intertexta* Binney, *Helix intertexta* Binney, *Hyalina intertexta* Binney, *Mesomphix intertexta* Binney, *Zonites intertextus* Binney)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Chautauqua, Erie, Genesee, Greene, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Niagara, Oneida, Onondaga, Ontario, Rensselaer, Tompkins, Wayne.

Ventridens ligera (Say) (Synonyms: *Gastrodonta ligera* Say, *Helix ligera* Say, *Hyalina ligera* Say, *Mesomphix ligera* Say, *Omphalina ligera* Say, *Zonites ligerus* Say)

Albany, Allegany, Cattaraugus, Cayuga, Erie, Greene, Hamilton, Herkimer, Madison, Monroe, Onondaga, Ontario, Otsego, Richmond, Tompkins, Ulster, Wyoming.

Ventridens suppressus (Say) (Synonyms: *Gastrodonta suppressa* Say, *Helix suppressa* Say, *Zonites suppressus* Say)

Herkimer, Monroe, Richmond, Ulster, Westchester.

Vitrina limpida (Gould) (Synonyms: *Vitrina pelucida* DeKay)

Allegany, Cattaraugus, Cayuga, Clinton, Erie, Herkimer, Madison, Monroe, Oneida, Onondaga, Otsego, Rensselaer, Tompkins, Warren, Wayne.

Zonitoides arboreus (Say) (Synonyms: *Helix arborea* Say, *Hyalina arborea* Say, *Omphalina arborea* Say, *Zonites arboreus* Say)

Albany, Allegany, Bronx, Broome, Cattaraugus, Chautauqua, Chemung, Cortland, Erie, Hamilton, Herkimer, Kings, Livingston, Madison, Monroe, Montgomery, Nassau, Niagara, Oneida, Ontario, Orange, Queens, Rensselaer, Richmond, Rockland, Suffolk, Tompkins, Warren, Washington, Wayne, Westchester.

Zonitoides limatulus (Binney) (Synonyms: *Hyalina*

Limatula Ward, *Pseudohyalina limatula* Ward, *Zonites limatulus* Ward)
Cayuga, Onondaga, Tompkins, Washington.

Zonitoides nitidus (Müller) (Synonyms: *Hyalina nitida* Müller, *Omphalina nitida* Müller, *Zonites nitida* Müller)

Albany, Cattaraugus, Cayuga, Dutchess, Erie, Herkimer, Livingston, Madison, Monroe, Onondaga, Queens, Rensselaer, Rockland, Tompkins, Washington, Wyoming.

Based on these admittedly incomplete records, the following information becomes apparent. Eleven stylomatophoran species are reported from 25 or more counties, 19 species from 15 to 23 counties, 37 species from 5 to 14 counties and 35 species are reported from fewer than 5 counties.

The most widely distributed species appear to be the slugs *Deroceras laeve* (43 counties), *Lehmannia valentina* (37 counties) and *Deroceras reticulatum* (28 counties) and the snails *Triodopsis tridentata* (32 counties), *Zonitoides arboreus* (31 counties), *Triodopsis albolabris* (29 counties), *Helicodiscus parallelus* (27 counties), *Anguispira alternata* (27 counties), *Succinea ovalis* (26 counties), *Oxychilus draparnaldi* (25 counties) and *Triodopsis obstructa denotata* (25 counties).

Species with the most restricted distribution include both introduced species (*Subulina octona*, *Arion intermedius*, *Lamellaxis gracilis*, *Opeas pumilum*, *Arion fasciatus*, *Arion hortensis* and *Cepaea hortensis*) as well as numerous native species. This 'apparent' limited distribution is probably an artifact of the collecting that has been done, especially in the case of the small native species which are easily overlooked. As more intensive collecting is done, and as more museum records are examined and identifications verified, the true distribution within the state of New York of many of these animals may become known.

The records of land snails in many of the counties is obviously biased towards those localities in which intensive collecting has been done. There are no records for a number of counties. The following list indicates the number of species of land snails reported from each of the 62 counties of New York State. It is included in this report primarily to indicate those areas of the state where extensive and intensive collecting is needed.

| County | Species | County | Species |
|-------------|---------|--------------|---------|
| Albany | 41 | Orleans | 7 |
| Allegany | 12 | Oswego | 1 |
| Bronx | 3 | Otsego | 13 |
| Broome | 5 | Putnam | 1 |
| Cattaraugus | 38 | Queens | 21 |
| Cayuga | 43 | Rensselaer | 28 |
| Chautauqua | 9 | Richmond | 39 |
| Chemung | 6 | Rockland | 24 |
| Chenango | 2 | St. Lawrence | 1 |
| Clinton | 6 | Saratoga | 4 |
| Columbia | 8 | Schenectaday | 4 |

| County | Species | County | Species |
|------------|---------|-------------|---------|
| Cortland | 7 | Schoharie | 0 |
| Delaware | 6 | Schuyler | 9 |
| Dutchess | 23 | Seneca | 2 |
| Erie | 62 | Steuben | 4 |
| Essex | 15 | Suffolk | 32 |
| Franklin | 6 | Sullivan | 3 |
| Fulton | 3 | Tioga | 3 |
| Genesee | 15 | Tompkins | 50 |
| Greene | 15 | Ulster | 21 |
| Hamilton | 18 | Warren | 26 |
| Herkimer | 57 | Wayne | 10 |
| Jefferson | 9 | Westchester | 35 |
| Kings | 7 | Wyoming | 8 |
| Lewis | 0 | Yates | 7 |
| Madison | 37 | | |
| Monroe | 62 | | |
| Montgomery | 3 | | |
| Nassau | 9 | | |
| New York | 9 | | |
| Niagara | 35 | | |
| Oneida | 18 | | |
| Onondaga | 61 | | |
| Ontario | 12 | | |
| Orange | 5 | | |

Since this report is based almost exclusively on the literature, it is probable that some of the records cited herein may be in error.

This preliminary report is the basis of a long-term project on the biology of New York State land snails being conducted in cooperation with the Soil Invertebrate Ecology Group at the SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, headed by Dr. Daniel L. Dindal.

I would greatly appreciate having errors and omissions brought to my attention. I would also be most grateful for distributional records obtained from unpublished sources.

I would like to express my appreciation to Drs. J. B. Burch and Henry van der Schalie of the Museum of Zoology, University of Michigan, and to Mr. Roy A. Norton, Curator of the invertebrate collection, SUNY College of Environmental Science and Forestry for permitting me access to their collections and records, and especially to Ms. Pat Erickson for initiating some of the preliminary work and for suggesting the possibility of this project on New York State land snails.

REFERENCES

- ALDRICH, T.H. (1869) Partial list of shells found near Troy, New York. -- N. Y. State Museum Ann. Rept. 22: 17-24.
- BAKER, F. C. (1897) The molluscan fauna of western New York. -- Trans. Acad. Sci. St. Louis, 1897: 71-95.
- BAKER, H.B. (1933) A checklist of nearctic Zonitidae. -- Occ. Papers Mus. Zool. Univ. Michigan, no. 269, 14 p.
- BANKS, N. (1892) The land Mollusca of the Cayuga Lake Valley. -- *Nautilus* 5: 137-139.

- BEAUCHAMP, W.M. (1886) Land and freshwater shells of Onondaga County, with a supplemental list of New York species. -- Baldwinsville, N.Y., 12 p.
- BINNEY, W. G. (1885) A manual of American land shells. -- U. S. Natl. Mus. Bull. 28.
- BLAKESLEE, C. L. (1945) The *Cepaea nemoralis* of Brighton, Monroe County, New York. -- Nautilus 59: 44-47.
- (1947) Some Mollusca of Illion Gorge, Herkimer Co., N. Y. -- Nautilus 60: 78-81.
- BRETET, R. & CARSWELL, E. J. (1952) A rich locality in the New York City area. -- Nautilus 65: 100-102.
- CHICHESTER, L.F. & GETZ, L.L. (1969) The zoogeography and ecology of arionid and limacid slugs introduced into northeastern North America. -- Malacologia 7: 313-346.
- & ---- (1973) The terrestrial slugs of northeastern North America. -- Sterkiana 51: 11-42.
- DeKAY, J. E. (1843) Natural History of New York. Division 1. Zoology of New York. Part V. Mollusca. -- Albany, New York.
- ERICKSEN, P. A. (1972) Terrestrial gastropods. Taxonomic review of New York species; movements and distribution at Heiberg Forest. -- Unpubl. M.S. Thesis, SUNY College of Forestry, Syracuse, N.Y.
- FLIPSE, R.C. (1948) A mixed colony of *Cepaea nemoralis* and *Cepaea hortensis* on Long Island, New York. -- Nautilus 61: 132-134.
- FREAS, D.D. (1950) Some snails in the city parks. -- Nautilus 63: 140-141.
- HUBBARD, J.W. & SMITH, S. (1865) Catalogue of the Mollusca of Staten Island, N. Y. -- Annals Lyceum Nat. Hist. of N. Y. 8: 151-154.
- INGRAM, W. M. (1941) Utilization of stones for shelter by land snails. -- Nautilus 55: 13-16.
- (1941) The first record of the slug *Deroce-ras reticulatum* (Müller) in the United States. -- Nautilus 55: 67-68.
- (1944) Snails hoarded by *Blarina* at Ithaca, New York. -- Nautilus 57: 135-137.
- (1944) Notes on the wintering habits of mollusks at Ithaca, New York. -- Nautilus 58: 25-27.
- (1946) Land Mollusca of the Edmund Niles Huyck Preserve, Rensselaerville, New York. -- Nautilus 59: 87-93.
- (1949) Natural history observations on *Philomycus carolinianus* (Bosc). -- Nautilus 62: 86-90.
- (1950) Feeding of the beetle *Calosoma* on snails. -- Nautilus 63: 142-143.
- JACOBSON, M. K. (1945) A list of molluscs from Warren County, New York. -- Nautilus 59: 26-29.
- (1945) *Triodopsis albolabris traversensis* Leach. -- Nautilus 59: 68-69.
- (1951) Two new molluscan reports from the New York area. -- Nautilus 64: 104.
- (1951) *Discus rotundatus* (Müller) in New York. -- Nautilus 65: 34-35.
- (1952) Another colony of *Discus rotundatus* (Müll.) in the New York City area. -- Nautilus 65: 105.
- (1953) *Ventridens* in Staten Island, New York. -- Nautilus 66: 99-102.
- & EMERSON, W. K. (1961) Shells of the New York City area. -- Argonaut Books, Inc., Larchmont, N. Y.
- & SMIT, W. (1946) And now in Rockaway Beach! -- Nautilus 60: 2-4.
- KARLIN, E. J. (1957) Ecology of *Vitrina limpida* Gould. -- Nautilus 70: 116-121.
- & NAEGELE, J. A. (1960) Biology of Mollusca of greenhouses in New York State. -- Cornell Agric. Exp. Sta., Memoir 372, 35 p.
- KRULL, W. & MAPES, C. (1952) *Dicrocoelium dendriticum* and its intermediate host. -- J. Parasit. 38 (4, sec. 2): 29-30.
- LANDMAN, M. A. (1956) Statistics on a colony of *Cepaea nemoralis*. -- Nautilus 69: 104-106.
- LEE, C.B. (1950) Some new records of exotic slugs in the United States. -- Nautilus 64: 58-59.
- LETSON, E.J. (1905) Checklist of the Mollusca of New York. -- Bull. N. Y. State Mus. 88, 112 p.
- (1909) A partial list of the shells found in Erie and Niagara counties and the Niagara frontier. -- Buffalo Soc. Nat. Sci. Bull. 9: 239-245.
- LEWIS, J. (1860) Catalogue of the mollusks in the vicinity of Mohawk, New York. -- Proc. Acad. Nat. Sci. Phila. 12: 17-19.
- (1872) Shells of Herkimer and adjacent counties in the state of New York. -- Proc. Acad. Nat. Sci. Phila. 23: 97-107.
- (1874) Land and fresh water shells of the state of New York. -- Bull. Buffalo Soc. Nat. Sci. 2: 127-142.
- MacMILLAN, G. K. (1941) Notes on *Anguispira* and *Discus*. -- Nautilus 55: 21-23.
- MUCHMORE, W. B. (1959) Land snails of the E. N. Huyck Preserve, New York. -- Nautilus 72: 85-89.
- PILSBRY, H.A. (1939-1948) Land Mollusca of North America (North of Mexico). -- Acad. Nat. Sci. Phila., Monogr. 3.
- PINNEY, M. E. & COKER, R. E. (1934) Terrestrial and fresh water gastropods of the Allegany state park in New York State. -- Nautilus 48: 55-60.
- PRIME, H. (1894) Catalogue of the land shells of Long Island, New York. -- Nautilus 8: 60-70.
- REED, C. F. (1964) *Cepaea nemoralis* (Lin.) in eastern North America. -- Sterkiana 16: 11-19.
- ROBERTSON, I. C. (1937) *Arion circumscriptus* Johnston. -- Nautilus 50: 100.
- and BLAKESLEE, C. L. (1948) The Mollusca of the Niagara Frontier region. -- Bull. Buffalo Soc. Nat. Sci. 19: 1-191.
- SMITH, S. (1887) Catalogue of the Mollusca of Staten Island. -- Proc. Nat. Sci. Assoc. Staten Island, March.
- & PRIME, T. (1870) Report on the Mollusca of Long Island, N.Y., and of its dependencies. -- Ann. Lyceum Nat. Hist. N. Y. 9: 377-407.
- TESKEY, M. C. (1951) *Arion intermedius* (Normand) near Buffalo, New York. -- Nautilus 65: 54.
- VAGVOLGYI, J. (1968) Systematics and evolution of the genus *Triodopsis* (Mollusca: Pulmonata: Polygyridae). -- Bull. Mus. Comp. Zool. 136: 145-254.
- WALTON, J. (1890) Note on the occurrence of *Mesodon sayii*. -- Proc. Rochester Acad. Sci. 1: 101-102.
- (1891) The Mollusca of Monroe County, N. Y. -- Proc. Rochester Acad. Sci. 2: 3-18.
- WHEAT, S. C. (1907) List of Long Island shells. -- Bull. Brooklyn Conchol. Club 1: 7-10.

NOTES ON THE CURRENT STATUS OF WISCONSIN UNIONIDAE

WILLS FLOWERS

Department of Entomology, University of Wisconsin, Madison, Wis. 53706

In recent years, there has been great concern about the status of American mussels, the Unionidae. Much of this concern arises from changes in river systems where Ortmann and other early workers reported abundant naiad populations. Recent surveys of these same streams have often shown marked reduction in species diversity (Stansbery, 1964, 1972; Starrett, 1971; Isom and Yokley, 1967, 1968; van der Schalie, 1973. One of the most thorough surveys of the naiad fauna within the Mississippi drainage is the work of Baker (1928) on Wisconsin Unionidae. Since 1928, only surveys by Dawley (1947) of the lower St. Croix and Mississippi Rivers have dealt with the Wisconsin fauna.

Since 1972, I have visited many Wisconsin streams and have found living naiad populations at 36 sites (Table I and Fig. 1). Taking current synonymy into account, Baker found 45 species in Wisconsin. Since 1970, all but 7 of these species have been recorded alive or freshly dead (Table II). Intensive systematic sampling of the Mississippi and lower Wisconsin Rivers might turn up most of the missing naiads, since current records include only specimens hand picked at a few easily accessible sites.

Although human influence on abundance, distribution and reproduction are still unknown, the number of species of Wisconsin Unionidae has not decreased significantly since Baker's time. The two recently surveyed rivers with the richest naiad fauna, the St. Croix and the lower Wisconsin, are as yet relatively uninfluenced by pollution or habitat destruction; they may remain so for some time. Four species (*Alasmidonta calceolus*, *Anodontoides ferussacianus*, *Actinonaias ellipsiformis*, *Villosa (Micromya) iris*) apparently live only in the southeastern part of the state where human activity is most intense. They are in greatest danger of extinction in Wisconsin and their status should be watched carefully.

The author wishes to thank Dr. John Bates and Miss Sally Dennis for their help with identification of specimens and nomenclature.

REFERENCES

- BAKER, F. C. (1928) The fresh water Mollusca of Wisconsin. Part 2 Pelecypoda. -- Bull. 1527, Univ. Wis. and Bull. 70 Wis. Geol. Nat. Hist. Survey 495 p.
- DAWLEY, C. (1947) Distribution of aquatic mollusks in Minnesota. -- Amer. Midl. Nat. 38: 671-697.
- ISOM, B. & YOKLEY, P., Jr. (1967) Mussels of Bear Creek watershed, Alabama and Mississippi, with a discussion of the area geology. -- Amer. Midl. Nat. 79: 189-196.
- (1968) The mussel fauna of the Duck River in Tennessee, 1965. -- Amer. Midl. Nat. 80: 34-42.
- STANSBERY, D. H. (1964) The Mussel (Muscle) Shoals of the Tennessee River revisited. -- Amer. Malacol. Union, Ann. Rept. for 1964, p. 25-28.
- (1973) A preliminary report on the naiad fauna of the Clinch River in the southern Appalachian Mountains of Virginia and Tennessee (Mollusca: Bivalvia: Unionoida). -- Amer. Malacol. Union, Bull. for 1972, p. 20-22.
- STARRETT, W. C. (1971) A survey of the mussels (Unionacea) of the Illinois River: a polluted stream. -- Ill. Nat. Hist. Survey Bull. 30: 267-403.
- van der SCHALIE, H. (1973) The mollusks of the Duck River drainage in central Tennessee. -- Sterkiana 52: 45-55.

Accepted for publication November 24, 1974

 FIG. 1 (page 41) Localities with living naiad populations in Wisconsin.

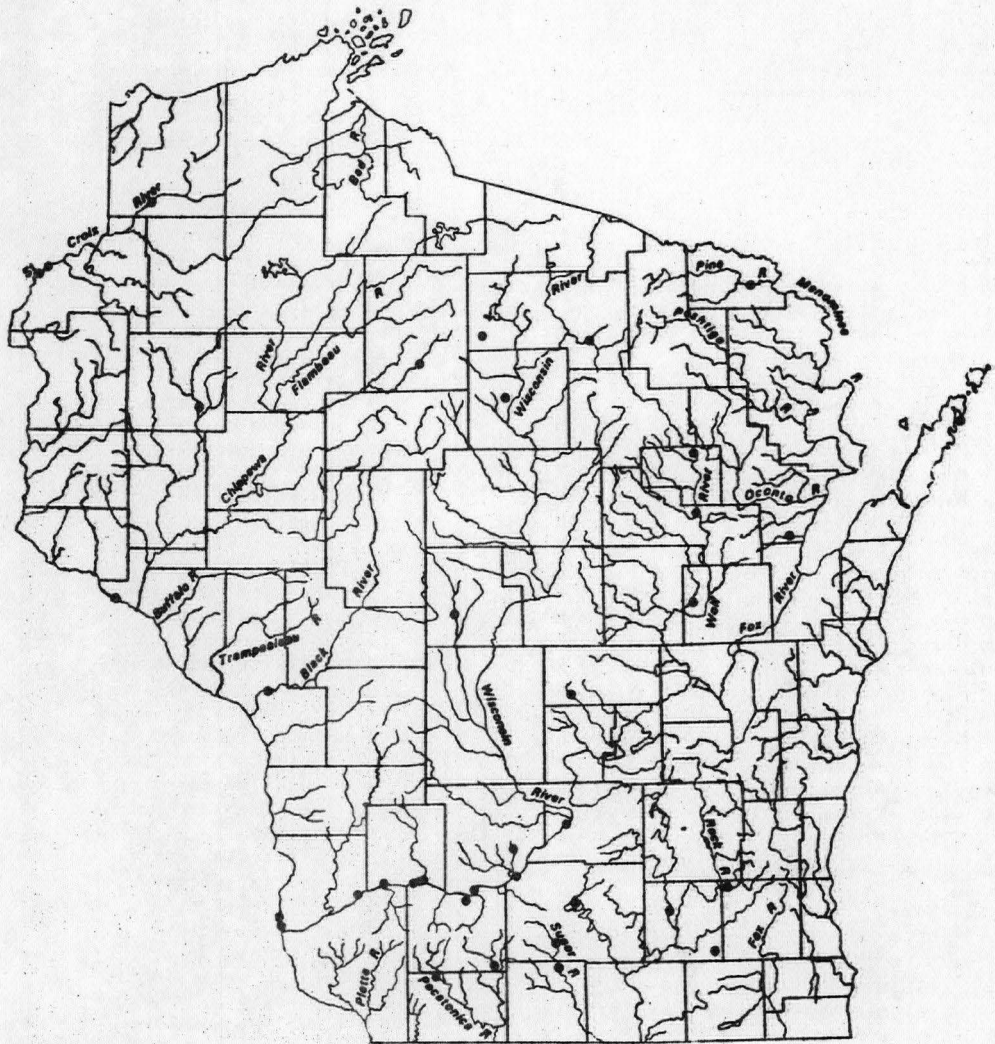


TABLE 1. Localities with living naiad population in Wisconsin

| STREAM | COUNTY | TWP | RANGE | SECTION |
|-------------------------------|-------------|------|-------|---------|
| Averill Creek | Lincoln | 33 N | 5 E | 21, 28 |
| Ashippun River | Waukesha | 8 N | 17 E | 5 |
| Black River | Trempealeau | 18 N | 8 W | 1, 2 |
| Crawfish River | Jefferson | 7 N | 14 E | 20 |
| Unnamed creek | Iowa | 8 N | 4 E | 30 |
| Embarrass River | Outagamie | 23 N | 15 E | 32 |
| Flambeau River, South Fork | | | | |
| Lake Mendota | Dane | 7 N | 28 E | 1 |
| Lake Michigan | Door | 30 N | 28 E | 21 |
| Little Jump R. | Price | 35 N | 1 E | 14, 15 |
| Little Somo R. | Oneida | 36 N | 4 E | 25 |
| Little Sumico River | Oconto | 26 N | 20 E | 23 |
| Mecan River | Waushara | 18 N | 9 E | 16 |
| Mississippi R. | Crawford | 7 N | 7 W | 25 |
| Mississippi R. | Pepin | 23 N | 6 E | 28 |
| Otter Creek | Sauk | 11 N | 6 E | 28 |
| Pecatonica R., E. Branch | Iowa * | 5 N | 5 E | 32 |
| Pecatonica R., W. Branch | Lafayette | 4 N | 2 E | 21 |
| Pelican River, N. Branch | Oneida | 36 N | 10 E | 19 |
| Pine River | Florence | 39 N | 18 E | 22 |
| Red Cedar River | Barron | 32 N | 11 W | 2, 3 |
| St. Croix River | Burnett | 40 N | 18 W | 30 |
| St. Croix River | Burnett | 40 N | 19 W | 35 |
| St. Croix River | Douglas | 43 N | 14 W | 23, 24 |
| Scuppernong R. | Jefferson | 5 N | 16 E | 14 |
| Sugar River | Dane | 5 N | 8 E | 3 |
| Sugar River | Green | 4 N | 8 E | 20 |
| Wisconsin River | Crawford | 8 N | 3 W | 14 |
| Wisconsin River | Columbia | 11 N | 9 E | 6 |
| Wisconsin River | Dane | 9 N | 6 E | 29 |
| Wisconsin River | Iowa | 8 N | 4 E | 30 |
| Wisconsin River | Richland | 9 N | 1 E | 34 |
| Wisconsin River | Richland | 9 N | 1 E | 35 |
| Wisconsin River | Richland | 9 N | 1 E | 32 |
| Wisconsin River | Richland | 9 N | 2 W | 36 |
| Wolf River | Menominee | 30 N | 15 E | 13 |
| Wolf River | Shawano | 28 N | 27 E | 13 |
| Yellow River | Wood | 23 N | 3 E | 21, 28 |

TABLE 2. Early and Recent species records for Wisconsin Unionidae

| Species recorded | 1928 | 1970-74 |
|----------------------------|------|---------|
| MARGARITIFERIDAE | | |
| Cumberlandia monodonta | X | O |
| UNIONIDAE | | |
| ANODONTINAE | | |
| Alasmidonta calceolus | X | X! |
| Alasmidonta marginata | X | X |
| Anodonta grandis | X | X |
| A. imbecillis | X | X |
| Anodontoides ferussacianus | X | X |
| Arcidens confragosus | X | X |
| Lasmigona complanata | X | X |
| L. compressa | X | X |
| L. costata | X | X |
| Simpsoniconcha ambigua | X | X* |
| Strophitus rugosus | X | X |
| UNIONINAE | | |
| Amblema costata | X | X |
| Cyclonaias tuberculata | X | X |
| Elliptio complanatus | X | X* |
| E. crassidens | X | O |
| E. dilatatus | X | X |
| Fusconaia ebenus | X | O |
| F. flava | X | X |
| Megalonaias gigantea | X | X |
| Plethobasus cyphyus | X | X |
| Pleurobema cordatum | X | X |
| Quadrula metanevra | X | X |
| Q. nodulata | X | O |
| Q. pustulosa | X | X |
| Q. quadrula | X | X |
| Tritogonia verrucosa | X | X |
| LAMPSILINAE | | |
| Actinonaias carinata | X | X |
| A. ellipsiformis | X | X |
| Carunculina parva | X | X |
| Dysnomia triquetra | X | O |
| Lampsilis anodontoides | X | X |
| L. orbiculata | X | O |
| L. siliquoidea | X | X |
| L. ventricosa | X | X |
| Leptodea fragilis | X | X |
| L. laevisissima | X | X |
| L. leptodon | O** | O |
| Ligumia recta latissima | X | X |
| Obliquaria reflexa | X | X |
| Obovaria olivaria | X | X |
| Plagiola lineolata | X | X! |
| Proptera alata | X | X |
| Truncilla donaciformis | X | O |
| T. truncata | X | X |
| Villosa (Micromya) iris | X | X* |

X : species present

O : species absent

** : species taken on Iowa side of Mississippi River, presence in Wisconsin presumed.

* : collection of Harold Mathiak.

! : collection of Don Samuelson.

!! : Collection of Milwaukee Public Museum, muskrat specimen.

REACTIONS OF HOOKED GLOCHIDIA.

The larvæ of *Symphynota complanata*, which are provided with stout hooks and as a rule find permanent lodgment only on the fins and other external parts of the fish, were used in studying the reactions of the hooked type of glochidium. In several respects they differ from the hookless forms. When removed from the marsupium and placed in water, they exhibit spontaneous contractions which occur at irregular and rather long intervals, and this irritability may continue in the laboratory for a day or two, or until the glochidia begin to disintegrate. Under such conditions the valves are only partially closed at each contraction of the muscle, which, moreover, is never strong enough to bring the points of the hooks into contact. It is followed at once by relaxation of the muscle and the shell remains widely open until the next snap occurs.

Hooked glochidia, in striking contrast with the behavior of the hookless forms, respond very actively to tactile stimuli, and, as has been stated, close completely and immediately when touched with any object. This reaction must be the main factor in bringing about their attachment to the fish's fins, when they are brushed over by the latter while lying on the bottom. With glochidia like those of *Symphynota complanata* the mere contact is sufficient to produce complete closure of the valves, and, whether they are exposed to the fish's blood or not, attachment is possible as a result of the tactile stimulus alone. They do react to blood, however, and exhibit a few successive contractions, from 5 to 15, before final closure, but the way in which the response occurs is quite different from that shown by hookless glochidia under similar conditions. Instead of being thrown into violent and rapid snapping, the valves closing and opening alternately, there is only partial recovery after each contraction, while the valves are brought closer and closer together by a series of short jerks. The final act of closing is interesting. As soon as the points of the hooks touch, the contraction of the adductor muscle becomes continuous and the hooks are slowly bent inward against each other. Under the steady pressure exerted by the muscle, aided probably by the action of the myocytes, which have been described by Schmidt (1885b), the spines on the outer surface are apposed and the hooks turned in completely between the valves, the margins of which are brought together, if no object intervenes. It will be readily understood that, owing to the turning in of the hooks, the spines are pressed into the fish's tissues, when attachment to the host takes place, and a firm hold is thereby secured.

When the glochidia of *Symphynota complanata* were exposed to salt solutions, the contractions produced were of the kind just described. KCl, KNO₃, and NH₄Cl in solutions of 0.5 to 1 per cent caused a few successive jerks, the contractions being more vigorous and closure occurring sooner with the stronger solutions. NaCl and Na₂C₂O₄ in the same strength acted less energetically, and it was necessary to use a 2 per cent solution to produce the same effect as was obtained with the weaker solutions of potassium and ammonium salts. A 0.5 per cent solution of CaCl₂ produced no contractions, while a 1 per cent solution after a latent period of 15 minutes caused either partial or complete closure of the valves. MgCl₂ and MgSO₄, in solutions of 0.5 and 1 per cent,

inhibited contractions, and when the glochidia were allowed to remain in them they finally died in the expanded condition. When the Mg salts, however, were used in stronger solutions, closure of the valves occurred after a few spasmodic contractions.

IV. THE PARASITISM.

ARTIFICIAL INFECTION OF FISH.

In any investigation which attempts to ascertain the facts of most importance for the artificial propagation of a species, attention is at once directed to those points in the life history where wholesale destruction of the individuals is most likely to occur. These points of wholesale waste are usually to be found in the earlier part of the individual's existence rather than during its adult life and are often preventable by artificial means. In common with other animals which must overcome the chances of parasitism, the Unionidæ produce enormous numbers of eggs, the great majority of which are by virtue of the brooding habit of the female mussel carried safely through their embryonic period and discharged as glochidia. We have not attempted to estimate the numbers of glochidia carried by full-grown adult females, but anyone who has seen them taken from the gills knows that they must be numbered by the hundreds of thousands, or even millions, and had these glochidia any great chance of survival and development to the adult stage the supply of mussels would far exceed anything which has ever been known in nature. When, however, the next stage of the larval history is sought for in nature, it becomes apparent that we have reached a point in the life cycle where the destruction and waste of individuals is wholesale and probably in excess of that which occurs at any other stage. There is no evidence, save in the case of the species *Strophitus edentulus*, the metamorphosis of which we have discussed under another heading of this paper, that any one of the Unionidæ can pass beyond the glochidial stage without becoming a parasite upon some fish, for the failure of glochidia to develop when left in water has been observed by all investigators since Leeuwenhoek.

The large element of chance involved in this shift from parent to fish, which has already been emphasized in our discussion of the glochidium, is again apparent when fish are examined in nature with a view to determining the abundance of the parasitic larvæ under the conditions of natural infection, for all investigators agree that the parasites exist in numbers which are insignificant when compared with the masses of glochidia which occur in the parent mussels. Only an occasional fish is found to be infected and it thus becomes clear that the purely accidental nature of the infection makes necessary the production of glochidia in such abundance as to overcome by sheer force of numbers the chances of destruction. Fish become infected in nature by occasional glochidia, but the chance that any fish will carry under natural conditions the number of glochidia which our experiments have shown that individual fish are capable of carrying, when artificially infected, is a negligible quantity. Here, then, we have the point of greatest destruction in the life cycle of the Unionidæ; and the point of attack for artificial propagation is clear. The fish must be made to carry more glochidia. Under experimental

laboratory conditions it is found that a given fish may carry successfully a load of glochidia so much in excess of what the same fish would ever be likely to carry in nature that there is no reason why a single fish should not be made, under the conditions of artificial infection, to do the work which a thousand fish perhaps could not do in the state of nature. This has been from the first our main point of attack, and, with this in view, we have studied the parasitism, first, by the infection of small lots of fish in aquaria and, later, by the infection of fish in larger numbers in a hatchery. Other points in the life cycle, as for example the stage immediately following the parasitism, may be found by later work to be places of wholesale destruction; we are convinced, however, that there can be no other where the mortality reaches such proportions as it does when the countless glochidia are spread upon the bottom and left to the chance that will bring them in contact with the parts of a fish's body suitable for their parasitism.

Throughout our experimental infections we have made use of small fish, usually those under 6 inches in length, because such fish are more easily collected in numbers and because we have not had proper facilities for the keeping of larger individuals. Where small numbers of fish are used and each individual can be carefully watched, the attainment of what may be termed an "optimum" infection in every case may be secured with no great difficulty, and by following the methods practised by various investigators ever since Braun (1878) and Schmidt (1885), we have obtained unlimited material whenever necessary. If the glochidia are placed in shallow dishes and in water just deep enough to cover all parts of the fish, the latter will usually keep the water sufficiently agitated to insure a proper suspension of the glochidia and tolerably constant results will follow.

It is very necessary that the glochidia be so distributed in the water as to come in contact with the proper parts of the fish, and, in most cases, to guard against over rather than under infection. Active fish, such as the rock bass (*Ambloplites rupestris*), and the large-mouthed black bass (*Micropterus salmoides*), are very favorable for gill infections, since they keep the water so well agitated that the glochidia hardly settle to the bottom at all, while their strong respiratory movements draw the suspended glochidia continually against the gills. With fish like the crappie (*Pomoxis annularis*), which when undisturbed move about quietly and whose respiratory movements are less vigorous, the water must be stirred to keep the glochidia suspended, or be so shallow that the fish are always near the bottom. The smaller gill slit of the crappie is another factor which makes for a very light infection in fish under 2 inches in length, since the glochidia reach the gills by way of the mouth and not from the opposite direction. For fin infections, sluggish fish like the German carp (*Cyprinus carpio*) need little attention, and the darters (*Etheostoma caeruleum spectabile*), which habitually rest upon the bottom for considerable periods, become quickly loaded with glochidia upon both fins and gills; although, as we shall see, the latter fish appears to be particularly adapted for ridding itself of the entire infection.

In the account which follows, we are discussing the results obtained from the infection of fish in small numbers and kept under careful observation in the laboratory.

There is no reason for believing that larger numbers of fish would present any more serious difficulties than are to be expected in the keeping of any fish in large numbers within a restricted space; and, if one could insure as uniform and careful an infection of the larger numbers, we have every reason to believe that such infections would prove as successful as those here described.

INFECTIONS WITH HOOKED GLOCHIDIA.

For the infections with hooked glochidia, we have used principally *Anodonta cataracta* from Falmouth, Mass., the species studied by Lillie (1895). With these we infected German carp under 6 inches in length and, unless otherwise stated, the following account refers to this combination which gives typical results. A smaller number of infections, made with *Symphynota complanata* and *S. costata* upon carp and other fishes, are referred to in a supplementary manner. The glochidia of *A. cataracta* become attached in large numbers to the fins (fig. 19-25, pl. IX and X) and gills of the carp. They are also found upon the other external parts which offer the condition of a soft scaleless epithelium like that of the fins; thus, the region about the anus, the edge of the operculum, the lips and in very heavy infections, even the soft area of the ventral surface between the mouth and pectoral fins may become heavily loaded. Within the mouth cavity, the gill filaments and also the gill bars and rakers become well covered. The glochidia which attach to these mouth parts do not remain, for, although the fish may be carrying many of their fellows upon its external parts, in about one week after the infection all glochidia have disappeared from the gill filaments, which then become as clean as though never infected. Scattered glochidia may remain upon the other internal mouth parts, for specimens are occasionally seen well embedded and in advanced stages of their metamorphosis, but in the main these parts also will become free of glochidia.

The general distribution upon the individual fins may be seen by reference to figures 19 to 25, plates IX and X, which show how great a proportion of the glochidia become attached to the fin margins. If a fish is carefully watched, as its slight movements stir up the glochidia during the infection, the latter are seen continually falling upon the upper faces of the pectoral and pelvic fins. They may even be collected with a pipette and heaped upon a motionless pectoral fin, remaining there for some minutes without more than an occasional specimen becoming attached. The margin of the fin is so much more favorable for attachment, that it is often thickly set with glochidia, when none are found upon the fin surface, and this despite the fact that glochidia must, during infection, strike against the surface of the fin many times for every time that one of them comes in contact with a fin margin. It is, therefore, the margin of the fin for which this glochidium is best suited, and, once fastened there, it is almost certain to remain and become embedded by the growth of the host's epithelium.

Considered in a more detailed way and with reference to the parts of the glochidium, we may explain this more frequent attachment to the margin as due to the fact that when the glochidium strikes against any flat surface the sensory hairs are not stimulated and the glochidium, which, as we have already shown in the case of the hooked forms,

responds principally to tactile stimulation, does not receive the stimulus to permanent closure which is given by the presence of any foreign object inserted between the valves. When a specimen does become attached to the surface of a fin, as is sometimes the case (fig. 21 and 22, pl. IX, fig. 25 and 32, pl. X), it presumably gains its hold by catching upon one of the ridges formed by the fin rays, for the hooks could hardly be used upon a perfectly flat surface. Glochidia sometimes hold to the surface of a fin by a shred of tissue, under which their hooks have caught, remaining there after all the neighboring specimens are completely overgrown (fig 25, pl. X), only to be torn off later without having caused any noticeable hypertrophy of the fin tissue. Figures 25 and 32, plate X, show that glochidia may become overgrown either flat against the surface or upon edge, and figure 24, plate IX, shows a young mussel leaving a surface attachment after a parasitism of 74 days.

The behavior and reactions of glochidia are of course significant in connection with the actual attachment when once the glochidium is brought in contact with a suitable part of the fish's body and receives the normal stimulus to close its valves. The bringing of the glochidium against just that part of the fish is a matter of the chance distribution in the water. Hence the distribution of the glochidia to the several fins is determined solely by the number likely to be brought in contact with a given part of the body. Those fins which brush against the bottom are always the more heavily loaded and the numbers elsewhere depend upon the extent to which the glochidia are kept suspended in the water. The importance of the mucus for the glochidia of *Symphynota* and of the larval thread for those of *Anodonta* and *Unio* in tangling the glochidia into masses and drawing others against the fish when a single one has become attached has probably been exaggerated, as explained in the section of this paper which deals with the function of the larval thread.

Optimum infections, as we shall term those which are close upon the limit of the number of glochidia which a fish can safely bring through the metamorphosis, often show the glochidia very closely set one after another, as in figures 22 and 23, plate IX, and figure 25, plate X, and several hundred may be safely carried by a fish 3 or 4 inches in length. Prolonged exposure causes so heavy an infection of the margins (fig. 19 and 20, pl. IX) that the fin tissue appears unable to overgrow the mass of glochidia, and they then remain attached without overgrowth for a week or more.

Figure 19, plate IX shows how on a part of the fin having no overcrowding normal embedding occurred, while in the more crowded areas the glochidia were still uncovered even seven days after infection. In the middle upper margin of this fin it would seem that the overgrowth might well have taken place, for many cases like figure 25, plate X, have been observed in which glochidia as closely set were properly embedded. The failure of overgrowth in this region is probably due to the presence immediately after infection of a greater number of glochidia many of which have since been detached. In all cases of this kind a smaller number will finally become embedded than in an infection where the fin has received more nearly the optimum load (fig. 21, 22, 23, pl. IX, and fig. 25, pl. X), for the great majority drop off when the fin becomes so mutilated

that bacterial or fungus infection sets in. These over-infections sometimes cause such hypertrophy that the fins become swollen and the rays so drawn together that it is impossible for them to spread out normally. Often the fins are raw and bleeding for some days and show red areas within where the blood vessels have become abnormal. The fish are likely to die from this or from the similar injury to their gills, and these over-infections are unsatisfactory if one wishes to bring through their parasitism the maximum number of glochidia.

The steps in the implantation of the glochidium by an overgrowth of the fish's tissue may be seen in figures 21 and 22, plate IX, and figure 25, plate X. Figures 21, plate IX, and 26, plate X, show the glochidium $3\frac{1}{2}$ hours after attachment to the fish's fin. Most of the glochidia have bitten deep enough in from the margin to have a good hold for their hooks. The beginning of the hypertrophy appears as a faint mass of tissue, seen with its nuclei in the detailed figure 26, plate X. At the end of 12 hours the overgrowth is well advanced and sometimes, as in figure 27, plate X, shows different stages even in neighboring glochidia. The ragged edge of the host's tissue rises up crater-like about the glochidium, meeting above in a delicate mass, the nuclei of which are shown. Figure 22, plate IX, shows that in 24 hours most of the glochidia are more than half covered, whether upon the edge or the surface of the fins. At the end of 36 hours (fig. 25, pl. X) optimum infections of the carp show all the glochidia which have obtained a proper attachment well embedded, and from this time onward the only change which is visible in whole mounts is a slight increase in the opacity of the cyst, which renders the internal structure of the glochidium less distinct (fig. 23, pl. IX). Some of our infections show embedding in as short a time as 6 hours (*Symphynota*), and Harms (1909) gives 10 to 12 hours as the time which he observed in *Anodonta*, so the time given for the figures above referred to is the maximum for hooked glochidia which have been well located. Glochidia upon the fin surface become embedded in a similar manner and are then in a very secure position (fig. 22, pl. IX, fig. 25 and 32, pl. X).

INFECTIONS WITH HOOKLESS GLOCHIDIA.

Our experiments in artificial infection with hookless glochidia have been more extensive because this is the type of glochidium found in the species of mussels which are of commercial importance. Species of the genus *Lampsilis* (*ligamentina*, *recta*, *anodontoides*, *ventricosa*, *subrostrata*, and *luteola*) have been the most frequently used, but infections have also been made with several species of *Quadrula* and one of *Unio*. The list of fishes employed as hosts for hookless glochidia is also more extensive and we are, therefore, able to make statements which we know to be of wider application than those made for the hooked glochidia.

When the same fish is used, the results for the several species of *Lampsilis* are very uniform and we can thus discuss the parasitism of this genus as a whole; but we do not find the same mussel giving uniform results with all species of fish. The glochidia of this genus have been used successfully for the infection of blue-gill sunfish (*Lepomis pallidus*), yellow perch (*Perca flavescens*), crappie, large-mouth black bass, rock bass,

the red-spotted sunfish (*Lepomis humilis*), and the green sunfish (*Apomotis cyanellus*). As with the hooked glochidia, the infections have all been made upon fish under 6 inches in length, upon which these glochidia remain in numbers only on the gill filaments, although during infection some may become attached to and even embedded upon fins and other external parts. Harms (1908) concludes that the hookless type persists in much greater numbers on the fins of small than of large fish, and that the hooked type will survive upon the gills if large fish are used. It is doubtless true that the size of the gills and fins is an important factor in determining the place of attachment for each type, since the hookless form is better adapted for holding to a delicate surface like a gill filament or a fine fin, while the hooked type seems likely to be easily torn from such a surface. When the hookless form does once become established upon an

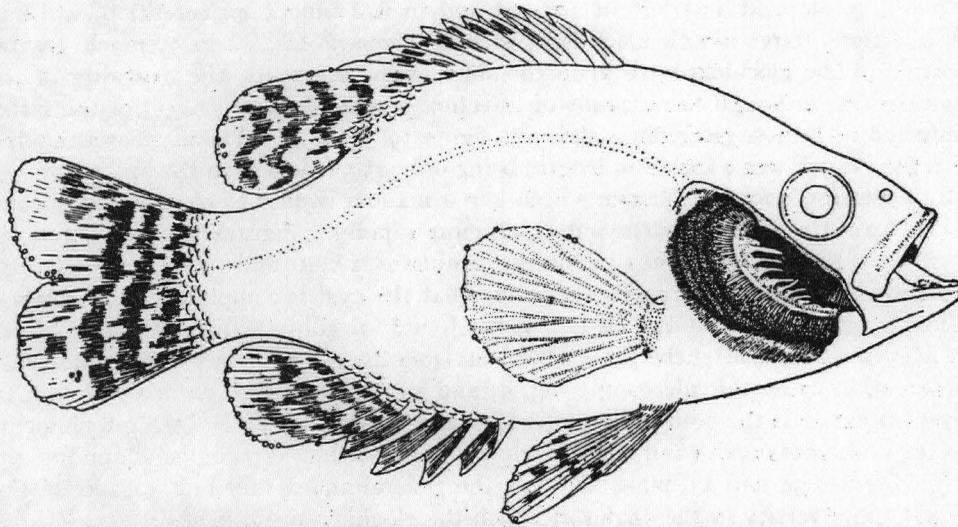


FIG. 2.—Rock-bass (*Ambloplites rupestris*) infected with glochidia of *Lampsilis ligamentina*. About 2,500 were successfully carried through the metamorphosis by each fish in this infection. Note the large number on the gills.

external part, it will develop there without mishap, as shown by the figure of a hooked and a hookless glochidium developing side by side upon the margin of a fin (fig. 29, pl. x). Within the mouth cavity these glochidia become attached to the gill bars and rakers, if these parts are covered by a sufficiently delicate epithelium, though they are always found in the greatest numbers upon the gill filaments. In most of our infections the filaments are more heavily infected toward their outer ends (fig. 43, pl. XI), the distribution varying somewhat with the species of fish. For example, successful infections of rock bass with *Lampsilis ligamentina* show about seven glochidia upon the distal third of the filament to one upon the proximal two-thirds; of large-mouth black bass about 3 to 1, and of yellow perch about $1\frac{1}{2}$ to 1—differences which are probably due to some particular configuration of the mouth parts, which causes the glochidia to fall more upon one region of the filaments than another.

In a fish which will carry a given glochidium successfully, over-infection of the gills is easily accomplished and easily fatal, although species of fish differ greatly in the amount of infection they are able to withstand without serious mortality. In one of our most successful combinations (rock bass infected with *Lampsilis ligamentina*), fish 4 inches in length were estimated to be carrying in the neighborhood of 2,500 glochidia, an average of more than two for every filament of the gills and yet there was almost no mortality among the fish. A rock bass from this infection is shown in text figure 2, which also illustrates the distribution of the glochidia on a single fish. In this case the success of so heavy an infection is perhaps explained by the distribution of the glochidia upon the gill filaments, for we found by count that there were about seven near the tips to one on the proximal two-thirds of the filament, and thus the greater part of every filament was left unchanged and in full functional condition, while in other infections (large-mouth black bass with *L. ligamentina*), where a much greater proportion of the glochidia were upon the sides of the filaments, the mortality of the fish was heavy, although the amount of infection was much less. A gill of the latter fish infected with these glochidia is shown in figure 39, plate XI. The number estimated for this fish, which was 4 inches in length, being only 450, is less than the optimum.

Implantation upon the filaments occurs in a manner similar to that of the hooked glochidia upon the external parts, but much more rapidly. Figures 35, 36, 37, and 38, plate XI, show the appearance at 15 minutes, 30 minutes, 1 hour, and 3 hours, respectively, after infection, and our observations, showing that the cyst is completed within from 2 to 4 hours, agree with what Harms (1909) has found for gill infections. The proliferation will even continue after the gill has been cut from the fish and placed in a watch glass for observation under the microscope (fig. 54 and 55, pl. XIII). An immediate result of the cyst formation is the obliteration of the lamellæ upon either side of the gill filament, which thus becomes smooth and slightly swollen in the vicinity of the glochidium (fig. 43, pl. XI). Figures 34 and 43, plate XI, show the general and detailed appearance of the cysts and the diversity in the angles at which the glochidia are attached.

The older statement that the hooked glochidia are fin and the hookless gill parasites fins, therefore, confirmation from our work, although it would be better to say that the hooked attach most successfully to large strong margins like those of the fins, and the hookless to soft and fine filamentous structures like the gills in fish of moderate size. The reactions of the two types of glochidia to mechanical and chemical stimuli, with respect to the part they play in attachment, have already been discussed.

SUSCEPTIBILITY OF FISHES TO INFECTION.

The susceptibility of different fishes to infection is a matter which has not been sufficiently considered by any previous investigators. We have evidence that some species are much less susceptible than others to one or the other type of glochidium, and that in these cases any considerable infection is an impossibility. The most striking instances of this are the German carp, certain minnows, and the darters.