Contribution à l'étude expérimentale
de la prédation
de *Lymnaea (Galba) truncatula* Müller
par *Zonitoides nitidus* Müller
(Mollusques Gastéropodes Pulmonés)

par D. RONDELAUD

Laboratoire de Biologie animale (P^r R. SOURIE), Faculté des Sciences, F 87100 Limoges
et Laboratoire d'Histologie et d'Embryologie (P^r J.-F. DAVID),
Faculté de Médecine, F 87000 Limoges

Résumé.

Notes additionnelles à l'étude de la prédation de *Lymnaea (Galba) truncatula* par *Zonitoides nitidus*.

D'après cette étude, *Zonitoides nitidus* est polyphage à tendance carnivore : la présence de nourriture animale est nécessaire pour la croissance de ce prédateur. Ce Mollusque n'est pas sélectif dans le choix de proies appartenant à des espèces différentes.

Zonitoides ne peut être considéré comme un prédateur absolu de tous les stades de croissance des Limnées : pontes et individus de grande taille sont délaissés. L'espèce peut être également cannibale.

Summary.

Experimental studies of predation of *Lymnaea (Galba) truncatula* Müller by *Zonitoides nitidus* Müller (Mollusca Gastropoda Pulmonata).

Zonitoides nitidus is omnivorous with carnivorous tendencies: the presence of food coming from snails is required for growth of this predator. This snail is not selective for the choice of its preys.

Zonitoides cannot be taken for an absolute predator for all growing periods of *Lymnaea truncatula*: eggs and large snails are not eaten. This species can be cannibal.

Dans un travail précédent (Rondelaud, 1975), nous avons proposé une méthode de lutte biologique par l'utilisation d'un Pulmoné carnivore (*Zonitoides nitidus*) qui peut attaquer tous les Mollusques des habitats à Limnées tronquées en estivation.

Nous avons pensé que cette lutte biologique pouvait être appliquée plus particulièrement à l'encontre des Mollusques vecteurs de la Fasciolose, notamment *Galba truncatula*. Il nous paraît cependant nécessaire de préciser quelques données biologiques concernant *Zonitoides*. Dans cette optique, nos observations sur le terrain ont été complétées par des expériences en élevage.

Matériel biologique

En Limousin, *Zonitoides nitidus* est abondant dans les rigoles de toutes les prairies marécageuses en voie d'assèchement. Toutes les récoltes de ce prédateur proviennent de localités situées aux environs de Limoges, Haute-Vienne.

La plupart des proies utilisées appartiennent à l'espèce *Lymnaea truncatula*. De très grandes quantités d'individus de cette espèce proviennent de prélèvements réalisés dans les trois départements suivants : 36, 86, 87.

D'autres espèces ont été utilisées comme proies. Elles se rencontrent accessoirement dans les habitats à Limnées tronquées en période d'estivation. Il s'agit de Mollusques aquatiques : *Lymnaea glabra*, *L. peregra*, *L. palustris*, *L. stagnalis*, *Physa acuta*, *Planorbis rotundatus*, *Bythinia tentaculata*, *Pisidium casertanum* et de Mollusques terrestres : *Succinea elegans*, *Cionella lubrica*.

Protocole expérimental

Nous avons utilisé la technique de Demian et Lufty (1966) pour l'étude expérimentale de la prédation de *Zonitoides* : ces auteurs mettent en contact les prédateurs (*Marisa cornuarietis*) et un nombre déterminé de proies dans des aquariums placés dans des conditions constantes. Les relevés sont quotidiens et portent pendant 15 jours sur les nombres de proies dévorées.

L'expérience témoin (pour *Zonitoides*) se déroule pendant 15 jours sur des séries de 3 ou 4 boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre. Chaque récipient reçoit 5 prédateurs et 10 proies de même taille (4 à 6 mm de diamètre ou de hauteur) sur une couche de sédiment dont la teneur en eau au moment du prélèvement est de 55 à 65 % en poids : ce milieu est renouvelé tous les quatre jours. Tous les récipients sont placés à 24 °C; la photophase est de 12 heures diurnes et l'intensité de 2 000 lux.

Nous avons relevé chaque jour le nombre de proies consommées en tenant compte des coquilles brisées : en effet dans la nature, 10 % de coquilles abandonnées par les prédateurs sont détruites partiellement. Chaque coquille intacte ou brisée est remplacée dans le récipient par une autre proie vivante de même taille.

Les résultats de chaque expérience décrite ci-dessous sont comparés avec ceux de récipients témoins ne contenant que des proies placées dans les mêmes conditions d'expérience.

Résultats et interprétation

A) Les préférences alimentaires de *Zonitoides nitidus*.

1° L'INFLUENCE DE LA NOURRITURE VÉGÉTALE.

Le milieu des récipients d'expérience (boîtes de Pétri de 16 cm de diamètre) est au préalable stérilisé 12 heures à 100 °C; il est ensuite convenablement rehumidifié à 55-60 % d'eau en poids. L'eau utilisée n'est pas stérile, mais la plupart des composants biologiques du sédiment ont ainsi disparu. La durée d'expérience n'est que de 10 jours.

TABLEAU I. — L'influence de la nourriture végétale

Milieu	Nombres de proies consommées en 10 jours					Contenu du tube digestif		
	Récipients			Total	Moyenne	Algues	Filaments mycéliens	Divers
	A	B	C					
A	46	92	39	137	9,1	+	+ ou —	+ ou —
B	23	27	17	67	4,4	+++	+	++
C	19	26	18	63	4,2	+	+++	+
D	14	20	—	34	3,4	++	+	+++

Nous avons proposé aux prédateurs le choix entre des Limnées vivantes et une nourriture végétale que le Mollusque peut trouver dans la nature :

- milieu A (témoin) : uniquement du sédiment traité comme ci-dessus ;
- milieu B : sédiment avec, en surface, un fragment de 16 cm² de revêtement algal. Ces algues vertes proviennent des bacs d'élevage où vivent habituellement les Limnées tronquées au laboratoire (Rondelaud, 1974) ;
- milieu C : les algues sont remplacées par des fragments mycéliens (développés sur du bois) ;
- milieu D : sédiment avec des fragments de *Fontinalis* et de bois.

Ces fragments sont renouvelés régulièrement au cours de l'expérience; à la fin de cette dernière, les prédateurs sont disséqués et le contenu de leur tube digestif analysé.

Les résultats sont donnés dans le *tableau I*. Il en ressort que la présence de nourriture végétale provoque une baisse d'environ 50 % du nombre de Limnées consommées par rapport aux témoins (milieu A). L'analyse du tube digestif des prédateurs confirme ces données.

FIG. 1. — Influence de l'état de la nourriture animale sur la prédation de *Zonitoides nitidus*. N_1 : Nombres de proies consommées quotidiennement par 20 prédateurs; N_2 : Nombres de jours d'expérience.

a) les prédateurs ne reçoivent comme proies que des Limnées tronquées vivantes; b) les prédateurs reçoivent en nombre égal des Limnées vivantes (V) et des Limnées fraîchement tuées dans leur coquille détruite partiellement (T); c) les Limnées fraîchement tuées sont ici remplacées par des Limnées en décomposition depuis 2 jours (D).

Zonitoides est donc un polyphage et son régime alimentaire permet de le rapprocher de celui des *Oxychilus* (groupe des « Allesfresser » dans la classification de Frömmling, 1962).

2° L'ÉTAT DE LA NOURRITURE ANIMALE.

Le choix offert aux prédateurs sur milieu de type A pendant 10 jours est le suivant :

— 1^{er} groupe : Limnées tronquées vivantes ; Limnées fraîchement tuées dans leur coquille détruite partiellement ;

— 2^e groupe : Limnées tronquées vivantes ; Limnées en état de décomposition depuis deux jours.

Les prédateurs reçoivent un nombre égal d'individus des groupe 1 ou 2. Les résultats traduits par la *figure 1* montrent nettement qu'en présence de Limnées décomposées, les prédateurs cessent de se nourrir au bout de 4 jours d'expérience.

Par contre les Limnées fraîchement tuées sont préférées aux Limnées vivantes : le nombre de Limnées ainsi consommées augmente même au cours de l'expérience. Ces derniers résultats nuancent l'aptitude à la prédation de *Zonitoides*. Il ne faut pas oublier cependant que dans la nature, ce cas est beaucoup plus rare que dans les conditions de laboratoire.

3° LE CHOIX DE LA PROIE.

Une première approche du problème (Rondelaud, 1975) nous a révélé que les Limnées tronquées sont le plus souvent attaquées. Au cours de l'estivation, d'autres espèces de Mollusques se rencontrent accessoirement dans les rigoles : ces Mollusques se mettent aussi en léthargie saisonnière comme *Galba truncatula*. Nous complétons ici cette étude en recherchant si *Zonitoides* est préférentiellement attiré dans le choix de ses proies.

Les conditions de l'expérience sont identiques à celles de l'expérience témoin. Tous les individus des espèces utilisées mesurent 4 à 6 mm de hauteur ou de diamètre. Les résultats (*Tableau II*) permettent de distinguer 4 types de proies pour *Zonitoides* :

1) Des proies préférentielles : *Galba truncatula*, *Lymnaea palustris*, *L. stagnalis*, *Pisidium casertanum*.

Galba truncatula représente la proie la plus courante car *L. palustris* et *L. stagnalis* ne sont qu'accidentelles dans les habitats à *Galba*. D'autre part, la prédation des *Pisidium* est facilitée par l'apparition progressive des fentes de retrait dans les rigoles en estivation.

2) Des proies dévorées moins fréquemment : *Lymnaea glabra*, *L. peregra*, *Physa acuta*. Peut-être, faut-il voir une protection possible dans l'étroitesse de l'ouverture de la coquille de *L. glabra*, l'aptitude de *L. peregra* à s'enfouir dans le sol ou l'enroulement senestre des *Physes*.

3) Des espèces rarement attaquées : *Succinea elegans* et *Cionella lubrica*.

TABLEAU II. — Le choix des proies par *Zonitoides nitidus*.

Espèces	Nombres de proies consommées en 15 jours				Total	Moyenne	Nombres de coquilles détériorées
	Récipients						
	A	B	C	D			
<i>Lymnaea (Galba)</i> <i>truncatula</i>	65	64	56	86	252	12,6	28
<i>L. glabra</i>	43	21	56	38	158	7,9	14
<i>L. palustris</i>	63	72	68	55	258	12,9	23
<i>L. peregra</i>	21	38	33	27	119	5,9	47
<i>L. stagnalis</i>	53	61	58	49	221	11	20
<i>Physa acuta</i>	52	45	51	58	196	9,8	25
<i>Planorbis rotundatus</i>	0	0	0	0	—	—	—
<i>Succinea elegans</i>	6	2	9	7	24	1,2	8
<i>Cionella lubrica</i> (lieux secs)	1	0	—	—	1	0,1	1
<i>Bythinia tentaculata</i>	0	0	0	0	—	—	—
<i>Pisidium casertanum</i>	73	47	52	61	233	11,7	15

4) Des espèces de Mollusques qui ne sont pas la proie des *Zonitoides* : *Planorbis rotundatus*, *Bythinia tentaculata*. Dans ce dernier cas, l'opercule de l'animal joue un rôle primordial et nous avons obtenu les mêmes résultats avec d'autres Basommatophores : *Bythinella abbreviata*, *Potamopyrgus jenkinsi*, etc.

Remarque : des expériences faites au laboratoire, en proposant à des prédateurs des proies de deux espèces différentes en nombre égal nous ont permis d'obtenir les mêmes résultats que ci-dessus.

B) L'influence des facteurs biotiques et physiques sur la prédation.

1° L'INFLUENCE DE LA TAILLE DES PROIES.

L'expérience se déroule à 20 °C. Les résultats sont résumés dans le *tableau III*. Nous constatons qu'il existe une relation inverse entre les nombres de proies consommées et la taille de ces dernières.

Les prédateurs n'attaquent jamais les pontes. Ce sont les jeunes Limnées jusqu'à 1 mm de hauteur qui sont le plus attaquées : dans 25 % des cas, on ne retrouve pas de coquilles, sinon quelques menus fragments.

Par contre le nombre de Limnées consommées de taille supérieure à 8 mm de hauteur est faible. Il faut noter que les individus de cette taille ne se rencontrent qu'exceptionnellement en Limousin, la taille maximale habituelle étant de 6 à 7 mm.

Ces derniers résultats posent le problème de l'efficacité absolue des *Zonitoides* en tant que moyen de lutte biologique en Limousin : les individus les plus grands de *Galba truncatula* sont souvent parasités (Rondelaud et Vincent, 1973). La fauche précoce

TABLEAU III. — L'influence de la taille de la proie.

Taille de la proie en mm	Nombres de proies consommées en 15 jours						Témoins
	Récipients				Total	Moyenne	
	A	B	C	D			
0-1	102	93	115	87	397	19,8	0
1-2	73	45	62	57	237	11,8	0
3-4	35	33	27	56	151	7,5	0
5-6	36	23	19	26	104	5,2	0
7-8	20	8	14	18	60	3	1
9-10	9	17	—	—	26	2,6	0
11-12	2	1	—	—	3	0,3	0

des prairies au début de l'estivation en Limousin ne permettra donc pas d'éliminer d'une manière certaine les Limnées parasitées de cette taille.

Nous avons repris l'expérience ci-dessus avec des *Zonitoides* de 1-2 mm de diamètre ou de 3-4 mm. Ces jeunes sont mis en contact avec des Limnées de différentes tailles. Il ressort des résultats (fig. 2) que les jeunes *Zonitoides* sont également prédateurs et qu'il

FIG. 2. — L'influence de la taille des *Zonitoides* sur les nombres de proies consommées.

existe une relation positive entre la taille des proies consommées et la taille des prédateurs. Les jeunes prédateurs détériorent jusqu'à 30 % des coquilles de leurs proies.

2° L'INFLUENCE DU NOMBRE DE PRÉDATEURS.

Une fauche précoce des prairies au début de l'estivation (Rondelaud, 1975) concentre les prédateurs dans les rigoles et permet d'éliminer ainsi *Galba truncatula*.

Au laboratoire, nous avons mis en contact un nombre égal de Limnées avec des nombres de prédateurs, respectivement de 1, 3, 5, 10, 20 individus par récipient.

Les résultats de cette expérience sont regroupés dans le *tableau IV*. Pour des concentrations de 20 prédateurs, on note une baisse d'environ 25 % du nombre des proies consommées; par contre les prédateurs attaquent leurs congénères. Ce phénomène se retrouve aussi dans la série de récipients témoins ne contenant que des prédateurs.

L'espèce peut donc être cannibale. Cette observation de laboratoire appuie certains faits relevés dans la nature : durant l'hiver, il est fréquent de rencontrer dans la même cache un *Zonitoides* vivant et 2 à 5 coquilles de congénères vides. Le même phénomène s'observe aussi au cours de l'estivation lors de l'assèchement des biotopes.

TABLEAU IV. — L'influence du nombre de prédateurs.

Nombres de prédateurs	Nombres de proies consommées en 15 jours						Proies témoins	Pré- dateurs témoins
	Récipients				Total	Moyenne		
	A	B	C	D				
1	13	15	6	17	51	12,7	0	—
3	23	35	33	12	103	8,5	0	0
5	65	64	37	86	252	12,6	0	1
10	103	71	110	103	387	9,7	1	3
20	78 (12)	38 (26)	81 (16)	73 (19)	270	3,3	1	31

Les chiffres entre parenthèses représentent les nombres de prédateurs dévorés par leurs congénères.

3° L'INFLUENCE DES FACTEURS PHYSIQUES.

Nous nous limiterons dans cette étude à l'influence de la température et de la teneur en eau du sédiment, la photophase n'ayant pas d'effet sensible sur la prédation.

1) La température.

Nous avons comparé les effets de la température sur la prédation pour les *Zonitoides* de l'été et pour ceux de l'hiver dans une même localité.

Dans ce cadre, différentes séries de 15 prédateurs et 30 proies sont placées respectivement à 12 °C, 16 °C, 20 °C, 24 °C, 28 °C, 32 °C ou 36 °C. Il faut noter que la température des biotopes à Limnées tronquées dépasse rarement 25 °C au cours de l'estivation et que 28 °C, 32 °C, 36 °C représentent des températures anormales. Le renouvellement du sédiment est effectué tous les jours : ainsi l'effet toxique des fèces de *Zonitoides* est éliminé.

Les résultats sont groupés dans le *tableau V*. Ils répondent aux conclusions suivantes :

— la prédation des Limnées tronquées se déroule par une gamme de températures allant de 12 °C à 32 °C. Ce phénomène est lié surtout à l'effet direct de la température sur l'activité du prédateur.

— la prédation, d'abord faible pour 12 °C, croît régulièrement jusqu'à un optimum (24 °C-28 °C) avant de redescendre ensuite. Il faut noter ici l'effet favorable de la température sur la prédation dans les conditions naturelles. La limite maximale se situe entre 32 °C et 36 °C : en effet à 36 °C, nous notons la mort de 20 % des prédateurs et de 90 % des proies expérimentées ou témoins.

— la température optimale compatible avec une prédation maximale passe de 24 °C pour des *Zonitoides* d'hiver à 28 °C pour les prédateurs d'été. Mais il s'agit d'un fait bien établi à l'heure actuelle.

TABLEAU V. — L'influence de la température. Prédateurs d'hiver (mars 1974) ; prédateurs d'été (août 1973)

Prédateurs	Températures	Nombres de proies consommées en 15 jours					Témoins	Nom- bres de coquilles détériorées
		Récipients			Total	Moyenne		
		A	B	C				
Hiver	12 °C	0	1	0	1	0,66	0	0
	16 °C	14	5	16	35	2,33	0	1
	20 °C	36	37	18	91	6,06	0	10
	24 °C	64	55	62	181	12,06	1	33
	28 °C	38	30	32	100	6,66	6	15
	32 °C	10	28	23	61	4,06	13	0
Été	12 °C	0	0	0	—	—	0	—
	16 °C	37	7	15	59	3,93	0	1
	20 °C	29	38	35	102	6,8	0	11
	24 °C	40	44	51	136	9,06	0	14
	28 °C	48	63	56	167	11,13	3	35
	32 °C	39	32	29	100	6,66	8	6

— les nombres de coquilles brisées aux différentes températures recouvrent les résultats précédents. Ces chiffres sont maxima à 24-28 °C et représentent jusqu'à 15 % du total des coquilles.

Les pertes des témoins sont nulles jusqu'à 24 °C, mais atteignent 3-6 % à 28 °C, 5-9 % à 32 °C et 90 % à 36 °C.

FIG. 3. — L'influence de la teneur en eau du sédiment sur :

a) les nombres de Zonitoides récoltés dans la nature sur le fond d'une rigole (Landouge, 15 juillet 1974, sédiment sablo-vaseux); b) les nombres de proies consommées par prédateur en 5 jours d'expérience sur le même terrain.

• : Relevés positifs; ○ : relevés négatifs.

2) La teneur en eau du sédiment.

Nous nous sommes proposé de vérifier si les teneurs en eau du sédiment où se rencontrent les *Zonitoides* en grand nombre dans la nature sont identiques à celles pour lesquelles la prédation est maximale au laboratoire.

Nos observations ont porté sur les nombres de prédateurs rencontrés dans la nature sur le fond d'une rigole en voie d'assèchement (Landouge, 15 juillet 1974, sédiment sablo-vaseux). Chaque nombre provient d'un relevé effectué sur 0,80 m² de surface; la teneur en eau de la couche superficielle du sédiment est mesurée à chaque fois.

Au laboratoire, des échantillons de ce sédiment sont placés dans des boîtes à tare; prédateurs et proies sont laissés en contact pendant cinq jours (graphe B).

Il ressort de la figure 3 que la gamme des teneurs en eau compatible avec la prédation des Limnées est nettement plus resserrée que celle relative aux récoltes de *Zonitoides*. Pour se nourrir, *Zonitoides* est obligé de suivre la fluctuation de teneur en eau du sol (correspondant à 30 % en poids dans l'exemple choisi).

Conclusion

Zonitoides nitidus est polyphage : l'espèce est capable d'absorber de la nourriture végétale dans le milieu diminue fortement la prédation ; mais c'est pourtant ce dernier type d'alimentation qui semble indispensable à la croissance : en effet, si des jeunes *Zonitoides* sont soumis dans un cas à une nourriture animale (Limnées vivantes), dans l'autre à une nourriture végétale (fig. 4), nous constatons que les premiers deviennent adultes en 4 mois environ, tandis que les seconds n'ont pratiquement pas changé de taille dans le même temps. Nous pouvons définir *Zonitoides* comme un polyphage à tendance carnivore.

Nos expériences montrent que ces prédateurs ne consomment que des proies de taille inférieure, égale ou légèrement supérieure à eux-mêmes. Les œufs des proies ne sont pas attaqués. Les proies de taille adulte échappent en Limousin à la prédation et là se pose le problème de la destruction des Limnées parasitées (Rondelaud et Vincent, 1973). A l'opposé de *Marisa cornuarietis* vis-à-vis des populations d'*Australorbis glabratus*, etc. (Chernin et coll., 1956) *Zonitoides nitidus* ne peut pas être considéré

FIG. 4. — L'influence d'une nourriture animale ou végétale sur la croissance des *Zonitoides*. Lot A : jeunes nourris avec des Limnées de taille équivalente ; lot B : jeunes nourris avec des Algues unicellulaires et du mycélium sur bois ; lot C : jeunes recevant la nourriture du lot B pendant 52 jours, puis la nourriture du lot A.

comme un prédateur absolu de tous les stades de la croissance des Limnées; de plus il n'est pas sélectif dans le choix de ses proies.

Nos prospections effectuées dans les habitats-types à Limnées tronquées en zone de fasciolose sur sol calcaire n'ont pas révélé à l'heure actuelle la présence de *Zonitoides*: ce dernier ne se rencontre que le long des cours d'eau et même avec une faible fréquence. La connaissance du régime alimentaire de ce prédateur et de ses particularités nous semble fondamentale dans la recherche d'un système de production intensive de ces *Zonitoides* comme agents de lutte biologique.

Bibliographie

- CHERNIN (E.), MICHELSON (E. H.) et AUGUSTINE (D. L.), 1956. — Studies on the biological control of schistosome-bearing snails. I. The control of *Australorbis glabratus* populations by the snail *Marisa cornuarietis* under laboratory conditions. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.*, 5, 297-307.
- DEMIAN (E. S.) et LUFTY (R. G.), 1966. — Factors affecting the predation of *Marisa cornuarietis* on *Bulinus (B.) truncatus*, *Biomphalaria alexandrina* and *Lymnaea caillaudi*. *Oikos*, 17, 212-230.
- FRÖMMING (E.), 1962. — Das Verhalten unserer Schnecken zu den Pflanzen ihrer Umgebung. *Duncker und Humblot*, Berlin, 348 p.
- RONDELAUD (D.), 1974. — Recherches sur l'influence de quelques facteurs physiques sur les migrations quotidiennes de *Galba truncatula* Müller. *Ann. Parasit. hum. comp.*, 49, 417-425.
- RONDELAUD (D.). — La prédation de *Lymnaea (Galba) truncatula* Müller par *Zonitoides nitidus* Müller, moyen de lutte biologique. *Ann. Parasit. hum. comp.*, 50, 55-61.
- RONDELAUD (D.) et VINCENT (M.), 1973. — Les effets du parasitisme sur la croissance de *Galba truncatula* Müller en Limousin. *C.R. Soc. Biol.*, 167, 736-738.
-