

ETUDE DE LA DESTRUCTION DES LARVES DE MOULES PAR TRAITEMENT AUX ULTRASONS

par Nicole CHARLON

Abstract.

The problem of the clogging up of sea water pipes by mussel (*Mytilus edulis* L.) larvae is a very actual problem.

A study has been made on the ways of destroying these larvae, on the one hand by electricity (publication in preparation), on the other hand by ultrasound. This last technique has given interesting data, but exploitation of results on a large scale presents many difficulties.

An interesting general phenomenon is to be underlined.

For ultrasound treatments of short duration (10 seconds), many larvae are simply stressed and recover later on.

For longer treatments, there is actual dislocation of the larvae and instant mortality; this mortality increases with time.

Cette étude de l'effet des ultrasons sur les larves de moules a été conduite en annexe à un programme de recherche beaucoup plus vaste effectué pour E.D.F. sur la destruction ou l'immobilisation temporaire des larves de moules (*Mytilus edulis* L.) par l'action physiologique d'un champ électrique en vue de les empêcher de se fixer dans les canalisations d'eau de mer des centrales thermiques (publication en préparation).

Couramment employés en microbiologie pour leurs propriétés microbicides, nous avons pensé que peut-être les ultrasons provoqueraient une désorganisation au niveau cellulaire des larves de moules qui ont au stade jeune (stade véligère) une structure assez fragile.

1. - Caractéristiques de l'appareillage.

L'appareil utilisé est un désintégrateur ultrasonique MSE 150 W (fréquence : 20 kHz) équipé d'une sonde en titane de type exponentiel dont l'extrémité mesure 1/8" (3 mm).

La puissance de sortie du désintégrateur était de 150 W mais les caractéristiques de puissance d'un désintégrateur ultrasonique quel qu'il soit donnent lieu, depuis de nombreuses années, à une polémique. La puissance donnée pour un appareil est le plus souvent sa puissance électrique (caractéristique de l'appareil) alors que c'est la *puissance acoustique* du faisceau d'ultrasons fourni par l'appareil qui est importante. Dans nos expériences, cette dernière puissance a varié entre 3 et 10 watts/cm².

2. - Techniques d'expérimentation.

Les larves nécessaires à l'expérimentation ont été obtenues au laboratoire à partir d'adultes au stade III A-2 (LUBET, 1959). C'est à ce stade « instable » qu'on peut obtenir l'émission des produits sexuels par chocs thermiques.

Deux jours après la fécondation, les larves véligères sont réparties dans des bechers de 2 000 cm³, à raison de 30 000 larves par litre d'eau de mer (LE PENNEC, 1970).

La morphologie de ces larves est à ce jour très bien connue (JORGENSEN, 1946; SULLIVAN, 1948; REES, 1950). Elles présentent une coquille très fragile et un velum qui leur permet de nager activement (nage caractéristique en spirale).

Le principe d'expérimentation peut être schématisé de la façon suivante.

2.0. - Préparation d'une solution avec une concentration en larves donnée approximative.

Nos expériences étant fondées sur des comparaisons de numérations dans 1 cm³ de solution avant et après traitement aux U.S., il est nécessaire d'avoir une concentration en larves suffisante. Elle a été fixée arbitrairement à 150 larves par cm³ environ. Cette concentration est obtenue par filtration d'un becher d'élevage de 30 000 larves sur un filtre de 40 µ. Ces larves sont ensuite remises en suspension dans 200 cm³ d'eau de mer.

2.1. - Calcul précis de la concentration initiale.

On prélève 10 cm³ que l'on place dans un tube à essais où auront lieu les expériences. Sur ces 10 cm³, on prélève trois fois 1 cm³ pour faire les numérations 1, 2, 3 servant de référence et permettant d'établir de façon précise le pourcentage de larves déjà mortes en début d'expérience. Ces prélèvements sont effectués après avoir bien homogénéisé le milieu (remise en suspension homogène des larves vivantes et mortes).

Pour ce type de numération, on dispose le cm³ de solution contenant les larves directement dans un « microaquarium » dont le fond est quadrillé.

Dans un premier temps, la numération porte sur les larves inertes, c'est-à-dire ne présentant plus leur nage caractéristique. Nous verrons par la suite que ces larves sont soit réellement mortes, soit simplement « stressées »; ces dernières peuvent alors soit mourir définitivement, soit récupérer par la suite et présenter à nouveau une nage caractéristique. Lors des numérations, la distinction est impossible à faire au grossissement que nous employons (objectif grand angle de 15 X, grossissement total de 18) parce que ces deux types de larves ont leurs deux valves fermées englobant le velum cilié.

La différence n'apparaît après observation attentive qu'à partir d'un grossissement total de 50; la masse interne des larves mortes apparaît complètement inerte, souvent granuleuse; par contre, les larves « stressées », bien qu'immobiles, montrent une active interne intense.

Dans un deuxième temps, on tue toutes les larves avec quelques gouttes de lugol pour avoir le nombre total de larves présentes dans l'échantillon étudié. On obtient ainsi :

- à la numération 1 : x_1 larves inertes pour un total de X_1 larves
- à la numération 2 : x_2 larves inertes pour un total de X_2 larves
- à la numération 3 : x_3 larves inertes pour un total de X_3 larves

Ces numérations sont nécessaires car, dans les élevages et par conséquent dans les échantillons utilisés, nous avons toujours, en début d'expérience, un certain nombre de larves mortes qu'on ne peut éliminer au cours des filtrations journalières.

2.2. - Traitement aux ultrasons.

Le tube à essais contenant les 7 cm³ restants est placé dans le désintégrateur à ultrasons, la sonde en titane étant immergée de 8 mm dans le liquide (fig. 1). Quatre puissances P1, P2,

P3, P4, variant de 3 à 10 watts/cm² environ, ont été testées avec deux temps d'exposition différents : 10 et 20 secondes.

Des numérations successives sont alors effectuées dans 1 cm³ de solution :

- numération 4 : immédiatement après le traitement aux ultrasons (t₀)
- numération 5 : 2 h après le traitement aux ultrasons (t + 2)
- numération 6 : 4 h après le traitement aux ultrasons (t + 4)

Enfin, trois numérations 7, 8 et 9 sont faites dans les 4 cm³ restants, 6 heures après le traitement (t + 6).

Ces différentes numérations donnent respectivement x₄ ... x₉ larves mortes ou « stressées » pour un total de X₄ ... X₉ larves.

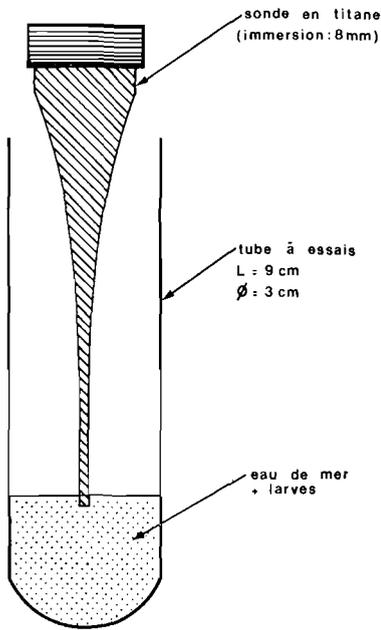


FIG. 1. — Schéma du montage expérimental.

2.3. - Mortalité naturelle.

Il nous a paru intéressant d'évaluer parallèlement la mortalité naturelle que l'on peut observer dans un échantillon de même origine et placé dans des conditions analogues.

Des numérations successives sont effectuées sur lots témoins pour déterminer le taux de mortalité naturelle :

- Numérations 1, 2, 3 effectuées au temps t₀
- Numération 5 effectuée 2 h après (t + 2)
- Numération 6 effectuée 4 h après (t + 4)
- Numérations 7, 8, 9 effectuées 6 h après (t + 6)

donnant respectivement :

x₁ ... x₃ ... x₇ ... x₉ larves mortes pour un total de X₁ ... X₃ ... X₇ ... X₉ larves (l'absence des numérations x₄ et X₄ s'explique par le fait que le taux initial de mortalité est supposé identique au taux de mortalité au temps t₀ puisqu'il n'y a pas eu de traitement spécial entre les deux).

3. - Résultats des expériences et discussion.

3.0. - Evolution de la mortalité naturelle.

Le tableau 1 présente les résultats des numérations successives effectuées aux temps t₀, t + 2, t + 4 et t + 6.

Le taux de mortalité :

$$\frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots x_7 + x_8 + x_9}{X_1 + X_2 + X_3 \dots X_7 + X_8 + X_9}$$

peut être calculé à partir de ces numérations. Nous voyons qu'il reste très faible pendant les six premières heures.

L'écart réduit pour les numérations aux temps t₀ et t + 2, t₀ et t + 4 et t₀ et t + 6 peut être calculé :

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0,129 (0/t + 2) \\ \varepsilon &= 0,186 (0/t + 4) \\ \varepsilon &= 0,669 (0/t + 6) \end{aligned}$$

La différence observée entre les taux de mortalité successifs n'est jamais significative à 95 %, même au bout de six heures (toujours < 1,96). Cependant, dans la suite des expériences, nous tiendrons compte de ce taux de mortalité, même s'il n'a pas de valeur significative.

Numérations au temps $t = 0$			Numérations au temps $t + 2$			Numérations au temps $t + 4$			Numérations au temps $t + 6$		
$x_1 + x_2 + x_3$	$X_1 + X_2 + X_3$	$\frac{x_1 + x_2 + x_3}{X_1 + X_2 + X_3}$	x_5	X_5	$\frac{x_5}{X_5}$	x_6	X_6	$\frac{x_6}{X_6}$	$x_7 + x_8 + x_9$	$X_7 + X_8 + X_9$	$\frac{x_7 + x_8 + x_9}{X_7 + X_8 + X_9}$
76	342	0,22	24	105	0,23	30	130	0,23	94	386	0,24

TABLE. 1. — Etude de la mortalité naturelle par numérations successives et pourcentage de mortalité calculé d'après ces numérations.

Puissance acoustique du faisceau d'ultrasons	Temps d'exposition (s)	Numérations avant traitement aux ultrasons			Numérations après traitement aux ultrasons											
					Numération 4 au temps t_0			Numération 5 au temps $t + 2$			Numération 6 au temps $t + 4$			Numérations 7, 8, 9 au temps $t + 6$		
		$x_1 + x_2 + x_3$	$X_1 + X_2 + X_3$	$\frac{x_1 + x_2 + x_3}{X_1 + X_2 + X_3}$	x_4	X_4	$\frac{x_4}{X_4}$	x_5	X_5	$\frac{x_5}{X_5}$	x_6	X_6	$\frac{x_6}{X_6}$	$x_7 + x_8 + x_9$	$X_7 + X_8 + X_9$	$\frac{x_7 + x_8 + x_9}{X_7 + X_8 + X_9}$
P ₁	10	93	383	0,24	62	124	0,50	16	46	0,35	32	100	0,32	93	276	0,34
P ₂	10	56	185	0,30	19	35	0,54	31	80	0,39	20	52	0,38	96	234	0,41
P ₃	10	73	246	0,30	30	50	0,60	50	93	0,54	55	98	0,56	91	189	0,48
P ₄	10	71	298	0,24	44	62	0,71	25	52	0,48	29	71	0,41	87	195	0,45
P ₁	20	87	288	0,30	18	58	0,31	19	56	0,34	14	40	0,35	51	93	0,55
P ₂	20	135	536	0,25	23	88	0,26	26	96	0,27	38	84	0,45	111	201	0,55
P ₃	20	85	304	0,28	25	63	0,40	40	78	0,51	46	69	0,67	132	170	0,78
P ₄	20	98	365	0,27	32	47	0,68	31	41	0,76	39	51	0,76	168	189	0,89

TABLE. 2. — Numérations successives effectuées dans 1 cm³ avant et après traitement aux ultrasons aux temps t_0 , $t + 2$, $t + 4$ et $t + 6$. Taux de mortalité. x_1, \dots, x_9 : nombre de larves mortes ou « stressées ». X_1, \dots, X_9 : nombre total de larves.

3.1. - Effet des ultrasons sur les larves.

Les ultrasons provoquent de multiples fêlures dans la coquille des larves qui, au stade véligère, est mince et fragile. La charnière, assez robuste, éclate, provoquant ainsi la séparation des deux valves.

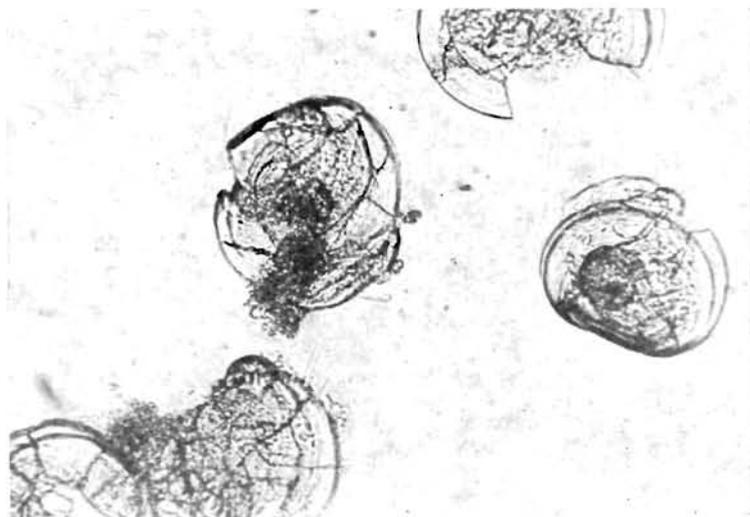


FIG. 2. — Larves de moules après traitement aux ultrasons (photo J.-C. VIGNES). Les coquilles brisées et la masse viscérale granuleuse (dispersion du contenu cellulaire) sont nettement visibles.

En outre, il y a souvent désorganisation complète de la masse vivante qui apparaît alors granuleuse. La figure 2 montre nettement ce phénomène. La larve nageuse, complètement disloquée, peut cependant continuer à se déplacer grâce aux mouvements du velum cilié qui garde longtemps un certain automatisme. Des fragments de velum d'une vingtaine de microns, complètement

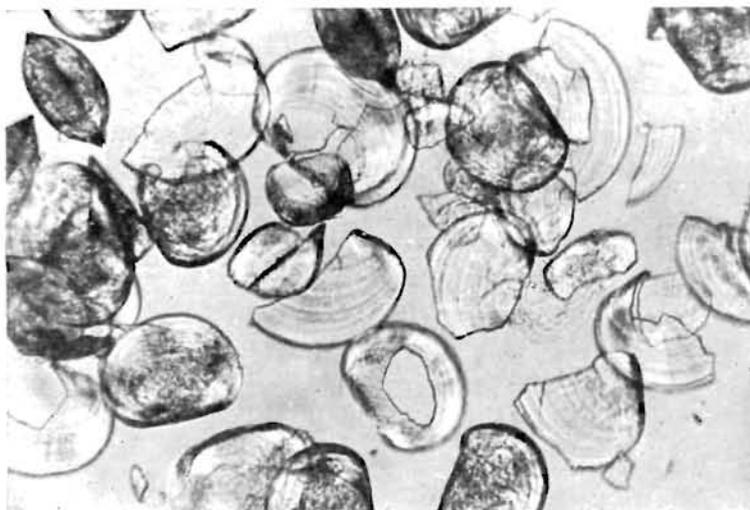


FIG. 3. — Larves des moules traitées aux ultrasons (photo J.-C. VIGNES).

arrachés de la masse viscérale, peuvent continuer à avoir le mouvement caractéristique de la larve entière pendant plusieurs minutes. De tels phénomènes ont souvent été observés au microscope. La figure 3 montre le genre de prélèvement qu'on peut effectuer après traitement aux ultrasons.

La figure 4, établie d'après cette figure 3, permet de distinguer très nettement les coquilles vides avec leurs stries concentriques ou les fragments de coquilles plus ou moins transparents.

La photo placée en figure 3 ayant été prise sur une préparation fixée avec quelques gouttes de lugol, les larves vivantes présentent une masse viscérale granuleuse identique à celle des larves mortes mais avec un velum largement épanoui à l'extérieur, qui les distingue de ces nières (larves A. B et C.).

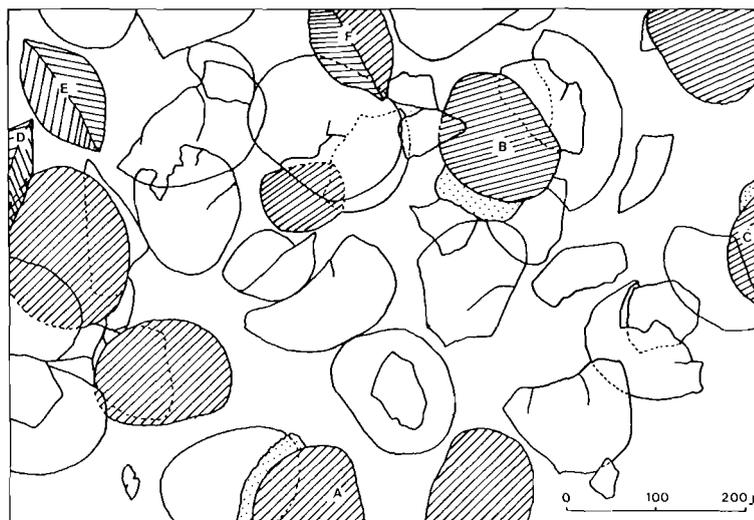


FIG. 4. — Larves certainement vivantes avec coquilles (hachuré) et vélum (pointillé) ; larves, peut-être, mortes (hachuré double sens) sans vélum apparent ; larves mortes, coquilles vides ou fragments de coquille (fond blanc).

Les larves D, E et F vues par la charnière ne peuvent être identifiées sur cette photo comme mortes ou vivantes. Les autres larves hachurées sont des larves peut-être tuées par les ultra sons. Le reste de la préparation est jonché de coquilles vides ou de fragments de coquilles brisées par les ultrasons. Sur un prélèvement non traité au lugol, on distingue assez facilement

Puissance acoustique du faisceau d'ultrasons	Temps d'exposition (s)	Pourcentage de larves mortes ou « stressées »			
		au temps t_0	au temps $t + 2$	au temps $t + 4$	au temps $t + 6$
P_1	10	0,26	0,10	0,07	0,08
P_2	10	0,24	0,08	0,07	0,09
P_3	10	0,30	0,23	0,25	0,16
P_4	10	0,47	0,23	0,16	0,19
P_1	20	0,01	0,03	0,04	0,23
P_2	20	0,01	0,01	0,19	0,28
P_3	20	0,12	0,22	0,38	0,48
P_4	20	0,41	0,48	0,48	0,60

TABL. 3. — Evolution du pourcentage de larves mortes ou « stressées » que l'on peut attribuer au traitement par les ultrasons (déduction faite du pourcentage de mortalité naturelle qui est de 0,01 aux temps t_0 et $t + 2$ et de 0,02 au temps $t + 6$).

les larves nettement vivantes avec leur mouvement caractéristique, des larves inertes gisant au fond sans aucun mouvement.

3.2. - Evolution de la mortalité après traitement aux ultrasons.

Les résultats des numérations sont reportés dans le tableau 2 et permettent de calculer d'une part le taux de mortalité avant traitement et d'autre part la proportion de larves mortes ou « stressées » après traitement, aux différents temps t_0 , $t + 2$, $t + 4$ et $t + 6$. On peut déduire de ces données le pourcentage de larves mortes ou « stressées » qu'il est possible d'attribuer au traitement par les ultrasons, compte tenu du pourcentage de mortalité naturelle qui est, rappelons-le, de 0,01 aux temps $t + 2$ et $t + 4$ et de 0,02 au temps $t + 6$.

L'évolution de ces différents pourcentages au cours du temps, en fonction de la puissance et de la durée d'exposition, est donnée dans le tableau 3 et schématisée dans les figures 5 et 6.

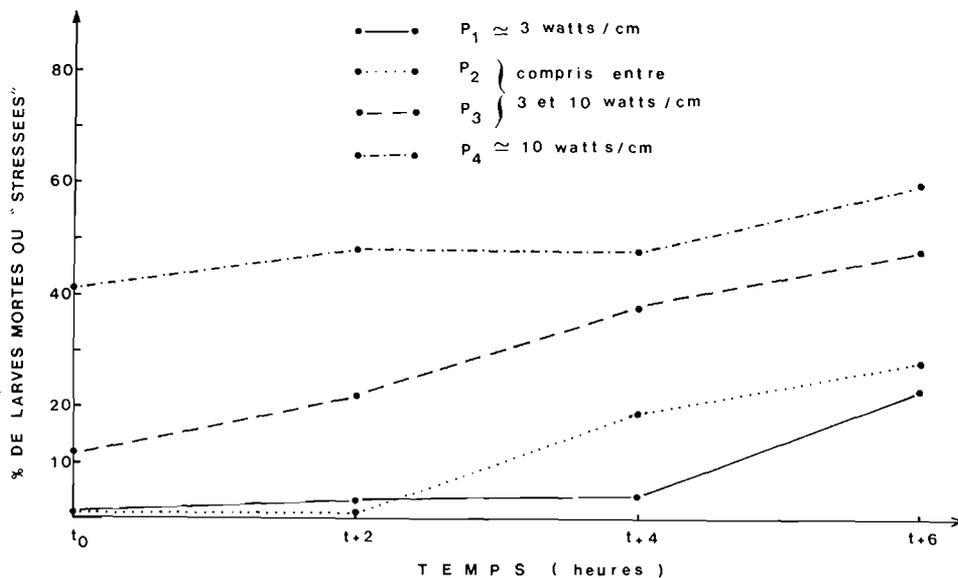


FIG. 5. — Traitement des larves de moules aux ultrasons (puissance P_1, P_2, P_3, P_4 , temps d'exposition : 10 s). Evolution sur 6 h du pourcentage de larves mortes ou « stressées » que l'on peut attribuer au traitement par ultrasons (déduction faite du pourcentage de mortalité naturelle).

3.20. - Exposition de dix secondes aux ultrasons (fig. 5).

Les puissances les plus faibles P_1 et P_2 provoquent à peu près les mêmes effets. Les puissances P_3 et P_4 semblent plus efficaces.

La chute du pourcentage de larves mortes ou « stressées » est générale entre les temps t_0 et $t + 2$. Ceci est dû au fait que certaines larves choquées récupèrent plus ou moins rapidement leur nage caractéristique ; ce phénomène est beaucoup moins sensible 2 heures après le traitement.

D'après ces résultats, un traitement aux ultrasons pendant 10 secondes apparaît peu efficace puisque, pour la puissance la plus élevée ($P_4 = 10$ watts/cm²), le pourcentage de larves encore vivantes de suite après l'exposition est supérieur à 50 % et qu'il est de 81 % au bout de 6 heures.

D'après les numérations effectuées, on peut calculer le degré de significativité des différences observées entre les taux de mortalité successifs. Ces taux de mortalité au cours du temps sont comparés deux à deux pour chaque puissance P_1, P_2, P_3 et P_4 .

Le tableau 4 donne la valeur de l'écart réduit pour les numérations :

- avant traitement et juste après traitement : O/t_0
- juste après traitement et 2 heures après : $t_0/t + 2$
- 2 heures après et 4 heures après : $t + 2/t + 4$
- 4 heures après et 6 heures après : $t + 4/t + 6$
- avant traitement et 6 heures après : $O/t + 6$

		Temps	O/t_0	$t_0/t + 2$	$t + 2/t + 4$	$t + 4/t + 6$	$O/t + 6$
		Puissance					
Temps d'exposition : 10 s	P_1 (10 s)		4,26	1,74	0,35	0,29	1,64
	P_2 (10 s)		2,23	1,50	0,11	0,34	1,34
	P_3 (10 s)		3,41	0,69	0,28	1,00	2,17
	P_4 (10 s)		5,88	2,50	0,77	0,47	2,83
Temps d'exposition : 20 s	P_1 (20 s)		0,13	0,35	0,10	1,67	2,53
	P_2 (20 s)		0,18	0,15	2,50	1,22	4,47
	P_3 (20 s)		1,60	1,31	1,98	1,04	2,62
	P_4 (20 s)		4,94	0,83	1,67	4,00	7,95

□ Différence significative à 95 % $\epsilon \geq 1,96$

TABLE. 4. — Temps d'exposition : 10 secondes et 20 secondes. Calcul de l'écart réduit à partir des numérations effectuées avant et après traitement aux ultrasons.

Toutes les numérations au temps t_0 présentent une différence significative à 95 % ($\epsilon \geq 1,96$) par rapport aux numérations effectuées avant traitement.

En outre, pour P_4 , la différence entre les numérations effectuées directement après traitement (t_0) et 2 heures après ($t + 2$) est significative.

Nous avons vu que certaines larves inertes n'étaient en fait que « stressées ». Seules les numérations au temps $t + 6$ pour les puissances P_3 et P_4 présentent une différence qui est significative par rapport aux numérations effectuées avant traitement.

3.21. - Exposition de vingt secondes aux ultrasons (fig. 6).

Dans ce groupe d'expériences, la pente des droites représentatives du pourcentage de mortalité en fonction du temps est toujours nettement positive.

Il semble donc qu'il n'y ait pas de récupération possible, puisque le pourcentage de mortalité croît avec le temps.

La puissance P_4 semble la plus efficace mais cette puissance ne permet d'espérer qu'un pourcentage de mortalité ou d'immobilisation de 41 %, tout de suite après traitement et de 60 % au bout de 6 heures. On peut également calculer le degré de significativité des différences de pourcentages établies d'après les numérations effectuées (tabl. 4).

Pour la puissance P_1 , seules les numérations au temps $t + 6$ présentent une différence significative à 95 % par rapport aux numérations avant traitement.

Pour les puissances P_2 et P_3 , un accroissement du pourcentage de mortalité significatif apparaît entre 2 et 4 heures. Pour la puissance P_4 , la variation du pourcentage de mortalité n'est significative qu'entre 0 et t_0 et entre 4 heures et 6 heures.

Enfin, pour toutes les puissances, l'écart réduit est supérieur à 1,96 si l'on compare les numérations avant traitement et 6 heures après traitement aux ultrasons.

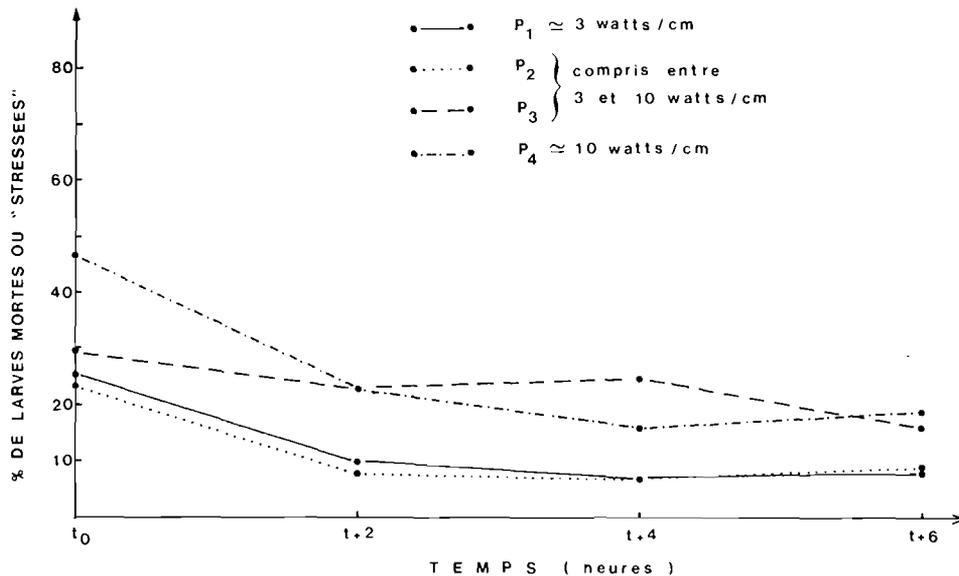


FIG. 6. — Traitement des larves de moules aux ultrasons, (puissance P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , temps d'exposition : 20 s). Evolution sur 6 h du pourcentage de larves mortes ou « stressées » que l'on peut attribuer au traitement par les ultrasons (déduction faite du pourcentage de mortalité naturelle).

3.22. - Etude de l'effet différé sur 24 heures.

Des tests complémentaires ont été effectués sur 24 heures avec deux traitements différents :

- en utilisant la puissance P_1 (≈ 3 watts/cm²) pendant 10 secondes ;
- en utilisant la puissance P_4 (≈ 10 watts/cm²) pendant 20 secondes.

Huit séries de numérations ont été effectuées :

Numérations 1, 2, 3 avant traitement

Numération 4 au temps t_0

Numération 5 au temps $t + 6$

Numérations 6, 7, 8 au temps $t + 24$, donnant respectivement $x_1 \dots x_8$ larves mortes ou « stressées » pour un total de $X_1 \dots X_8$ larves.

Parallèlement, un lot témoin a été suivi pour évaluer le pourcentage de mortalité naturelle qui se révèle faible, même au bout de 24 heures (7 %). Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

A partir de ces données, nous pouvons tracer les courbes représentant l'évolution du pourcentage de larves mortes ou « stressées » après traitement par les ultrasons, compte tenu du

Caractéristique du traitement : puissance et temps d'exposition (s)	Numération avant traitement aux ultrasons			Numération après traitement aux ultrasons								
				Numération 4 au temps t_0			Numération 5 au temps $t + 6$			Numération 7, 8, 9 au temps $t + 24$		
	$x_1 + x_2 + x_3$	$X_1 + X_2 + X_3$	$\frac{x_1 + x_2 + x_3}{X_1 + X_2 + X_3}$	x_4	X_4	$\frac{x_4}{X_4}$	x_5	X_5	$\frac{x_5}{X_5}$	$x_6 + x_7 + x_8$	$X_6 + X_7 + X_8$	$\frac{x_6 + x_7 + x_8}{X_6 + X_7 + X_8}$
P ₁ (10 s)	95	372	0,26	51	110	0,46	37	98	0,38	80	142	0,56
P ₂ (20 s)	102	360	0,28	60	82	0,73	44	52	0,85	88	91	0,97
Témoin	89	442	0,20	—	—	—	27	123	0,22	119	435	0,27

TABLE 5. — Effet différé du traitement aux ultrasons. Numérations successives effectuées dans 1 cm³ avant et après traitement aux ultrasons aux temps t_0 , $t + 6$ et $t + 24$.

$x_1 \dots x_8$: nombre de larves mortes ou « stressées ». $X_1 \dots X_8$: nombre total de larves. Taux $\frac{x}{X}$ de larves mortes ou « stressées » calculé d'après ces numérations.

Puissance		Temps			
		0 / t_0	t_0 / $t + 6$	$t + 6$ / $t + 24$	0 / $t + 24$
P ₁	(10 s)	2,90	0,73	1,14	2,87
P ₂	(20 s)	6,62	1,07	0,85	6,20
Témoin		—	0,71	2,67	3,58

□ Différence significative à 95 % $\varepsilon \cong 1,96$

TABLE 6. — Calcul de l'écart réduit à partir des numérations effectuées avant et après traitement aux ultrasons. Le calcul a aussi été effectué pour le lot témoin.

pourcentage de mortalité naturelle (fig. 7). Si, comme précédemment, nous calculons le degré de significativité des différences de pourcentage établies d'après les numérations effectuées avant traitement, et après traitement aux temps t_0 , $t + 6$ et $t + 24$, nous obtenons les valeurs reportées dans le tableau 6. Les calculs ont aussi été effectués sur les numérations obtenues avec le lot témoin. Pour le lot témoin, la mortalité augmente de façon significative entre les temps $t + 6$ et $t + 24$.

Pour les expériences avec traitement aux ultrasons, avec les puissances P_1 (10 secondes) et P_4 (20 secondes), une différence significative apparaît juste après expérience (t_0) comme nous l'avions déjà mis en évidence.

En outre, si nous comparons les numérations faites avant et après traitement au temps $t + 24$ ($0/t + 24$), les résultats apparaissent très nettement significatifs ($\epsilon \cong 1,96$).

Il convient de souligner les différences observées pour la comparaison $t + 6/t + 24$.

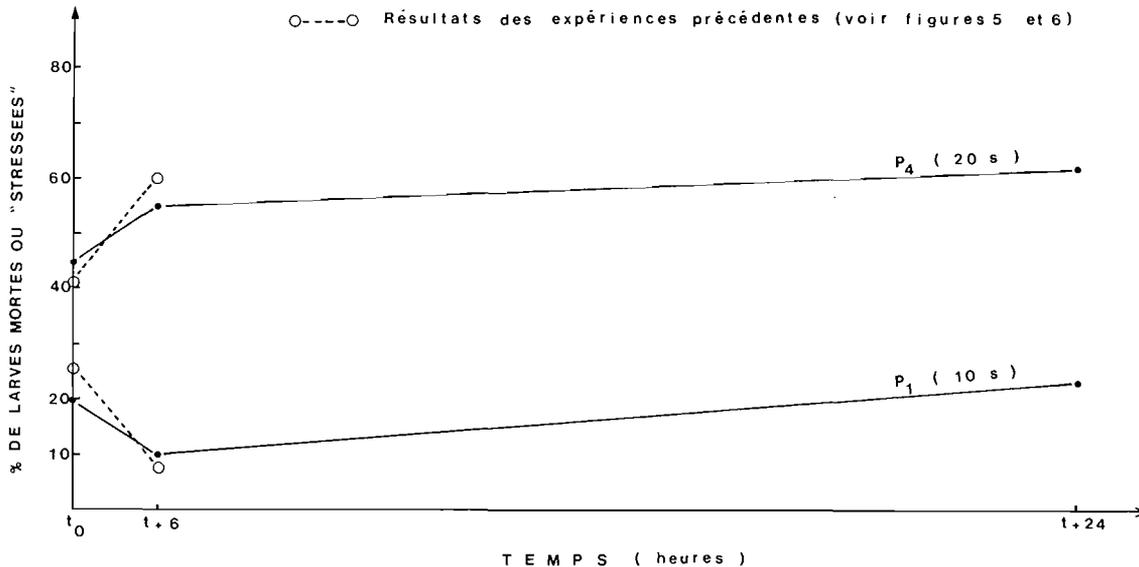


Fig. 7. — Traitement des larves de moules aux ultrasons (puissance P_1 , temps d'exposition : 10 s ; puissance P_4 , temps d'exposition : 20 s). Evolution sur 24 h du pourcentage de larves mortes ou « stressées » que l'on peut attribuer au traitement par ultrasons (déduction faite du pourcentage de mortalité naturelle).

Pour P_1 (10 secondes) et P_4 (20 secondes), nous avons $\epsilon < 1,96$ alors que ϵ est $> 1,96$ pour le lot témoin. On peut penser que dans les lots témoins à partir du temps $t + 6$, la teneur en O_2 dissous du milieu atteint une valeur critique ne permettant plus de satisfaire les exigences essentielles des larves, le nombre de larves vivantes du lot témoin après 6 heures étant beaucoup plus important que le nombre de larves des échantillons traités aux ultrasons.

Pour les expériences utilisant P_1 (10 secondes) et P_4 (20 secondes), la grosse mortalité consécutive à l'exposition aux ultrasons au temps t_0 provoque une diminution de la concentration des larves pour un même volume, et la valeur critique de la teneur d'oxygène dissous n'est pas atteinte. Ce n'est qu'une hypothèse, aucune mesure de teneur en oxygène n'ayant été faite en cours d'expérience.

4. - Conclusions.

Un phénomène générale intéressant est à souligner. Pour les traitements aux ultrasons de courte durée (10 secondes), beaucoup de larves sont simplement « stressées » et récupèrent

par la suite (pente généralement négative des courbes représentatives du pourcentage de larves mortes ou « stressées » en fonction du temps).

Pour les traitements plus longs, il y a vraiment dislocation des larves et mortalité immédiate. Cette mortalité augmente avec le temps (pente généralement positive des courbes représentatives du pourcentage de larves mortes ou « stressées » en fonction du temps) et fait donc apparaître un effet différé intéressant du point de vue pratique. On peut penser que de nombreuses larves comptées comme vivantes, parce qu'ayant leur mouvement caractéristique, ont en fait subi un choc physiologique important qui les empêchera de se fixer et par conséquent de coloniser les canalisations de la Centrale.

Cependant, le pourcentage de mortalité finale de 62 % pour la puissance P_4 pendant 20 secondes n'est pas très satisfaisant. On peut évidemment penser à augmenter la puissance et le temps d'exposition ; les ultrasons ont alors de nombreux effets que l'on peut négliger pour des traitements courts mais qui deviennent très importants lorsque le temps d'exposition augmente.

Nous rappellerons en particulier, d'une part l'effet thermique dû à l'absorption de l'énergie ultrasonore par le milieu, d'autre part les effets secondaires qui apparaissent avec la formation des bulles de cavitation lors du passage de l'onde de dépression (PRUDHOMME, 1960).

En présence d'eau de mer, il y a en particulier formation de chlore et d'hypochlorite de sodium d'une façon absolument analogue à celle observée au cours du passage d'un courant électrique.

Les ultrasons présentent donc, en plus de leur action de cisaillement des particules en suspension, une action chimique qui est souvent négligée mais dont il est obligatoire de tenir compte pour une installation en circuit ouvert.

L'auteur remercie M. le Professeur PRUDHOMME, de l'Institut Pasteur, qui a bien voulu superviser le présent travail.

Centre de Recherches Hydrobiologiques.
Laboratoire de Méthodologie des Inventaires.
64200 Biarritz.

BIBLIOGRAPHIE

- JORGENSEN (C.-B.), 1946. — Lamellibranchia. In: Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. 9. Lamellibranchia. — *Meddr Kommn Danm. Fisk. — og Havunders.*, Ser. Plankton, **4**, p. 277-311.
- LE PENNEC (M.), 1970. — Elevages au laboratoire de mollusques bivalves — Morphogenèse de la coquille des Veneridae. — Thèse 3^e cycle, Océanographie, Fac. Sciences, Brest, 95 p.
- LUBET (P.), 1959. — Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **23** (3), p. 384-548.
- PRUDHOMME (R.-O.), 1960. — Etude des actions physico-chimiques et mécaniques des ultrasons ; leur répercussion sur la qualité des aliments. — *Acta chim. hung.*, **23**, p. 469-479.
- REES (C.-R.), 1950. — The identification and classification of Lamellibranch larvae. — *Hull. Bull. mar. Ecol.*, **3**, p. 73-104.
- SULLIVAN (C.-B.), 1948. — Bivalve larvae of Malpeque Bay, P.E.I. — *Bull. Fish. Res. Bd Canada*, **77**, p. 1-36.