

Rapport à diffusion restreinte

00178

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

DES PECHES MARITIMES





ETUDE DE LA SENSIBILITE THERMIQUE
DES LARVES DU CRUSTACE DECAPODE :

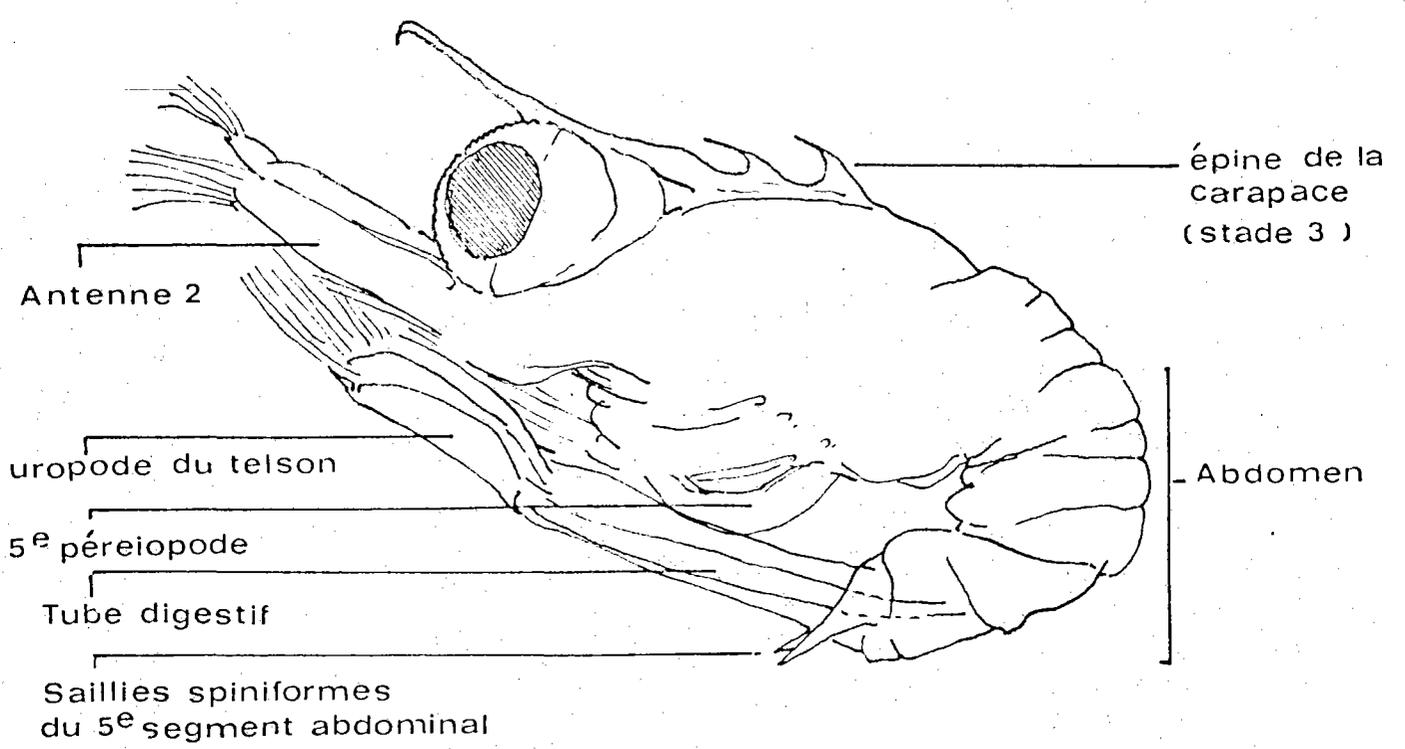
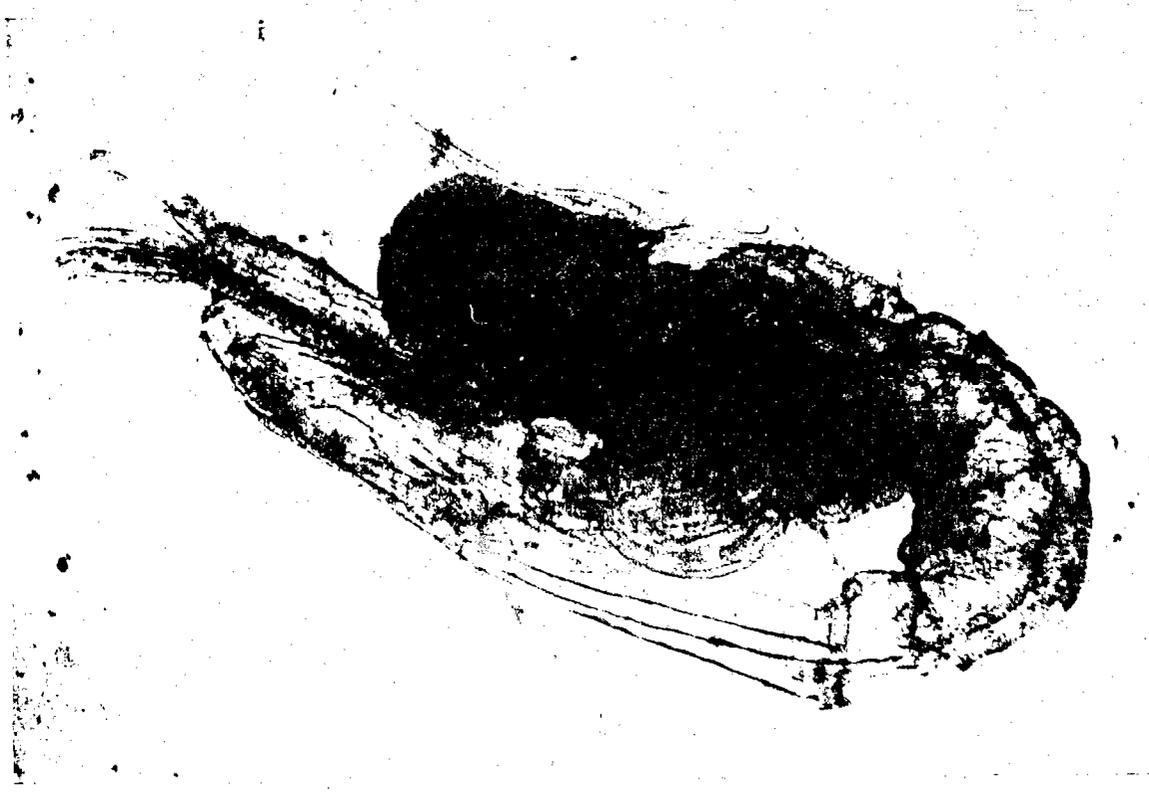
PALAEEMON SERRATUS

par

P. MAGGI et P. LASSUS

avec la collaboration technique de :
M. BARDOUIL, G. BOCQUENE et L. LE DEAN

18 AOUT 1980



Morphologie de la zoé 3 de Palaemon serratus (PENNANT).

C O N T R A T E D F

DIRECTION DE L'EQUIPEMENT DE PARIS :

Etude expérimentale des effets des échauffements sur la
vie marine des côtes Atlantiques et de la Manche

(1ère partie) du 15 juillet 1975

LISTE DES PRECEDENTS RAPPORTS

- Influence de chocs thermiques sur la croissance d'une diatomée :
Phaeodactylum tricorutum Bohlin. (31 janvier 1977)
- Influence de chocs thermiques sur la croissance d'une diatomée :
Gyrosigma spencerii (Cleve). (31 juillet 1977)
- Influence de chocs thermiques sur la croissance d'un flagellé :
Dunaliella tertiolecta (Butcher). (30 novembre 1977)
- Influence de chocs thermiques et d'un traitement au chlore sur la croissance
d'une diatomée : *Gyrosigma spencerii* (Cleve). (20 avril 1978)
- Variations des zymogrammes estérasiqes chez les larves de
Palaeomon serratus (Pennant) soumises à différents
chocs thermiques. (13 novembre 1978)

ETUDE DE LA SENSIBILITE THERMIQUE DES LARVES

DU CRUSTACE DECAPODE : PALAEEMON SERRATUS

I - INTRODUCTION

Les travaux présentés ici ont trait à une partie d'une étude générale menée dans les laboratoires de l'I.S.T.P.M. (Nantes) afin de tenter de prévoir les effets engendrés par l'implantation de centrales nucléaires sur le littoral de l'Atlantique et de la Manche.

Dans un premier temps, il s'agissait de déterminer l'influence de chocs thermiques sur le phytoplancton transitant dans les condenseurs d'une centrale : dans ce but, un appareillage a été mis au point dans nos laboratoires et un protocole expérimental adopté (MAGGI et Coll., 1976).

Ce travail a été suivi de l'étude du choc thermique sur le développement larvaire du crustacé décapode *Palaemon serratus* ; il complétait des études conduites par un autre laboratoire de l'I.S.T.P.M. à la Trinité-sur-Mer.

II - METHODOLOGIE

1. Obtention des larves

Il est relativement aisé d'obtenir d'octobre à juin des femelles grainées de *Palaemon serratus* et de les faire pondre en laboratoire.

L'élevage des larves à partir du stade 1 jusqu'aux post-larves ne présente pas de difficultés majeures (SOLLAUD, 1923 ; REEVE, 1969 ; FIGUEIREDO, 1973 ; CAMPILLO, 1975).

Ces larves se trouvent toute l'année dans le plancton en Manche (GURNEY, 1923 ; LEBOUR, 1947) et en Méditerranée pendant une très longue période de l'année (BOURDILLON - CASANOVA, 1960). Celles qui ont été utilisées proviennent de femelles pêchées au large du Croisic ou de Roscoff (*). Ces dernières sont rapportées en eau de mer oxygénée au laboratoire de Nantes en moins de 6 heures.

Afin d'obtenir la ponte dans des délais assez brefs, chaque femelle grainée est isolée dans de petits volumes (2 à 4 litres) d'eau de mer filtrée sur membrane Millipore 0,22 μ à la température initiale désirée (12, 16, 18, 20, 22 ou 24° C).

La salinité de l'eau d'élevage est de 31 à 33 ‰ environ.

2. Protocole expérimental et conditions d'élevage

Dès l'éclosion, les larves sont nourries de nauplii d'*Artemia salina* fraîchement éclos puis elles sont conservées à la température d'expérience pendant 24 h afin d'éliminer les individus les moins résistants. Au moment de l'expérimentation, des lots de 60 larves sont constitués, correspondant à chaque essai et aux témoins.

Ces lots sont alors aspirés à travers le montage expérimental (fig. 1) décrit précédemment (MAGGI et Coll., 1976).

Des expériences relatées dans l'état d'avancement des travaux du 1er juillet 1976 montrent que le choc mécanique subi pendant le passage dans le serpentinet et au cours des brassages consécutifs est négligeable (mortalité inférieure à 10 %, 5 jours après le choc).

Après retour en 12 heures à la température initiale, les larves sont récupérées, la mortalité évaluée et les survivantes transférées séparément en cristallisoirs pyrex de 15 ml contenant 12 ml d'eau de mer à la température initiale.

./...

(*) Nous remercions les pêcheurs caseyeurs du Croisic et le personnel de la Station Biologique de Roscoff pour leur approvisionnement en crevettes.

TEMPÉRATURES
INITIALES DE
12,16,20 et 24°C

Larves de
P. serratus
regroupées
par lots

POMPE
PERISTAL-
TIQUE

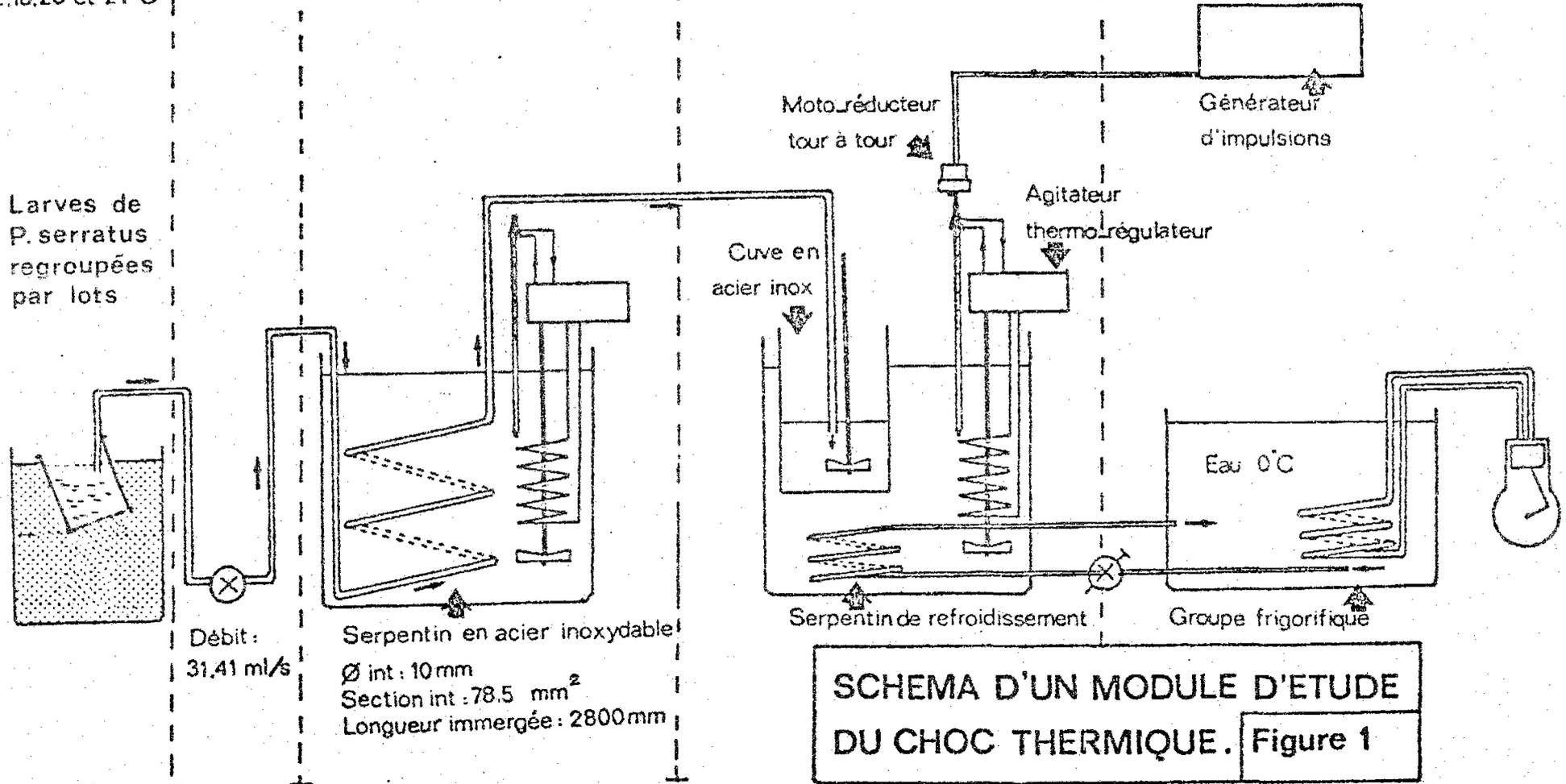
ÉCHANGEUR THERMIQUE

Elévations de température (ΔT)
de 10,12,15 et 17°C

MODULE DE MAINTIEN EN
TEMPÉRATURE ET DE RETOUR
A LA TEMPÉRATURE INITIALE

Paliers de 5,10,15,25 et 40 mn

RÉGULATION THERMIQUE



Elles sont ensuite examinées chaque jour, l'eau de mer étant renouvelée dans tous les cristallisoirs à l'occasion de la distribution d'aliments vivants (nauplii d'artémies) tous les deux jours.

Journellement, nous avons déterminé pour toutes les expériences relatées :

- les pourcentages de mues,
- les pourcentages cumulés de survie.

Pour certains essais à long terme, nous avons en outre évalué les pourcentages cumulés de métamorphoses et le nombre moyen de mues précédant ce stade.

Cependant, nous avons limité, pour des raisons explicitées plus loin, la durée des expérimentations aux quatre premiers stades larvaires (figure 2).

Les conditions expérimentales restent pratiquement inchangées par rapport aux précédents travaux sur le phytoplancton, soit :

- températures initiales : 12, 16, 18, 20, 22 et 24° C,
- élévations thermiques : 10, 12, 15 et 17° C,
- paliers thermiques : 5, 15 et 25 minutes.

III - RESULTATS

1. Résultats préliminaires sur les effets thermiques

Nous avons réalisé une première approche des seuils thermiques létaux, en expérimentant sur des lots de 30 larves au stade 1, les couples température initiale/élévation thermique donnant les températures finales les plus élevées. Ces données sont regroupées dans le tableau 1.

Il apparaît déjà à l'examen de ces résultats qu'ils sont assez reproductibles et que la limite supérieure acceptable pour la température finale ($T_i + \Delta T$) se situerait en-dessous de 35° C.

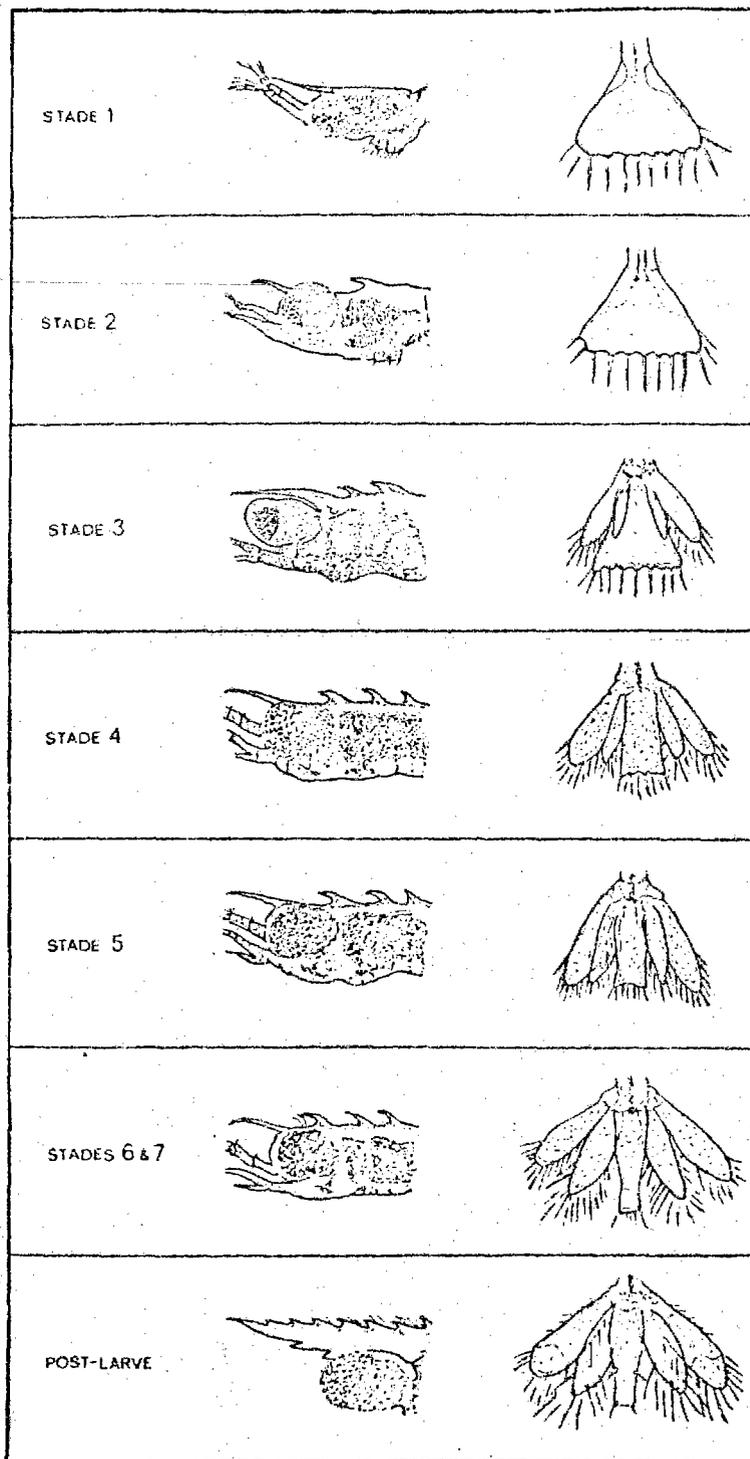


Fig. 2 - Evolution des régions thoracique et caudale au cours du développement larvaire de *Palaemon serratus* (d'après CAMPILLO - 1975)

Températ initiale	ΔT	T.init. + ΔT	Durées des paliers en minutes					Témoins
			5	10	15	25	40	
16	17	33	30	95	100	100	100	0
20	12	32	4	-	6	4	0	3
20	15	35	80	83	100	100	100	3
		35	70	76	70	100	100	3
		35	-	26	92	100	100	3
20	17	37	100	100	100	100	100	-
24	10	34	10	13	33	10	20	14
		34	86	-	0	-	13	6
24	12	36	3	-	100	-	100	6
24	17	41	100	100	100	100	100	7

Tableau n° 1 : Pourcentages de mortalités en 5 jours enregistrés pour 10 essais à différentes élévations thermiques et températures initiales.

Nous avons repris par la suite ces expériences de façon plus détaillée, à court ou à long terme. Auparavant, nous avons voulu donner un aperçu des conditions naturelles de développement des stades larvaires de *P. serratus* aux quatre températures initiales imposées. Tous les résultats graphiques ont été effectués grâce au support matériel du Centre de Calcul de Nantes (**).

./...

(**) Nous remercions particulièrement M. CADIOU et M. DELAPORTE pour leur participation au traitement graphique des données.

2. La survie et la mue larvaires à quatre températures initiales

Les fréquences des mues, la survie et les pourcentages de métamorphoses ont été représentées sur la figure 3, pour les quatre températures initiales testées, soit : 12, 16, 20 et 24° C.

A 12° C le développement est considérablement ralenti (figure 3A), les larves se nourrissent peu des artémies qui leur sont données comme alimentation. Les périodes d'intermue varient de 5 à 10 jours et la survie est faible dès la 3ème mue (plus de 50 %).

A 16° C (figure 3B) les intermues sont raccourcies (3 à 4 jours) mais dès le 30ème jour la survie est de l'ordre de 50 % et continue à diminuer progressivement. Les métamorphoses apparaissent le 42ème jour et sont complètes au 76ème jour soit une période de 34 jours.

A 20° C les résultats sont apparemment les meilleurs : survie jamais inférieure à 80 % pendant 50 jours, intermues très régulières de 2 jours, apparition des métamorphoses de 21ème jour couvrant une période de 20 jours (figure 3C).

A 24° C (figure 3D) la survie chute rapidement à la deuxième mue et diminue ensuite graduellement pour être de l'ordre de 50 % vers le 16ème jour. Les mues sont très rapprochées (1 jour d'intermue) et en revanche les métamorphoses apparaissent tôt, dès le 18ème jour, pour être complètes au 39ème jour, soit une période de 21 jours.

De l'ensemble de ces résultats, il apparaît que la température optimale pour le développement - dans nos conditions expérimentales - soit proche de 20° C et que les températures extrêmes : 12 et 24° C conduisent à des développements difficiles en raison d'un métabolisme ralenti ou au contraire accéléré, mais dans tous les cas préjudiciable à la survie des individus moins résistants, facteurs dont il faudra tenir compte lorsque se surajouteront des élévations thermiques.

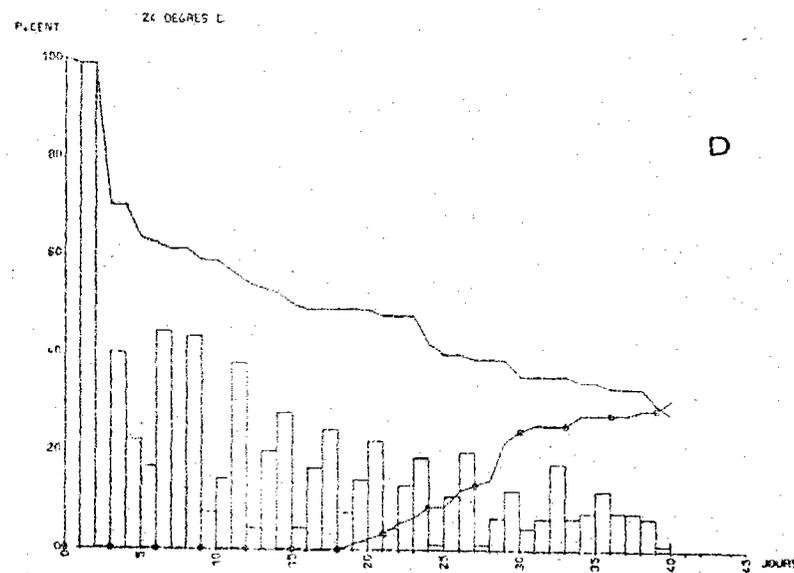
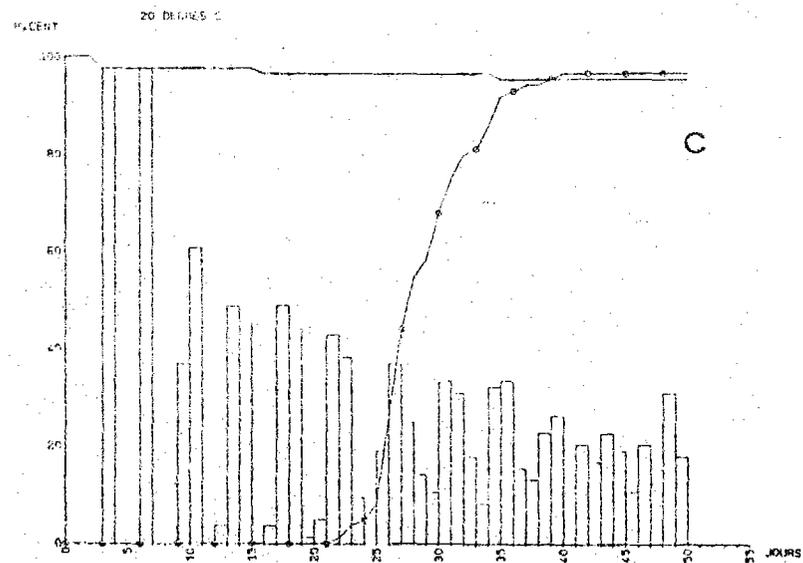
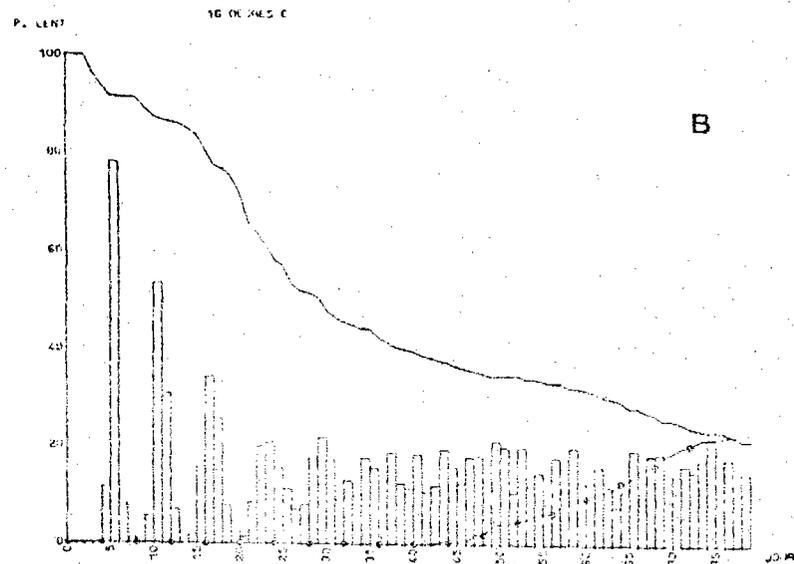
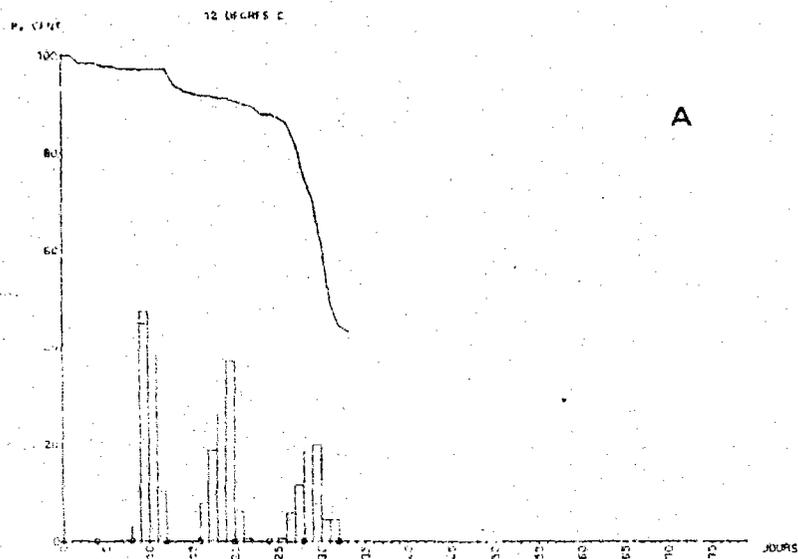


FIGURE 3 : Pourcentages de mues (histogrammes), de survies (—) et de métamorphoses (—○—) des larves de Palaemon serratus à 12, 16, 20 et 24°.

3. Expériences à long terme de chocs thermiques à 20° C

Afin de mesurer les effets potentiels à long terme d'un choc thermique sur le développement et l'apparition des métamorphoses, nous avons choisi de tester deux élévations thermiques à 20° C, 10 et 12° C. En effet, les ΔT élevés (15 et 17° C) entraînent une mortalité quasi totale en moins de 5 jours (cf III 2) il était plus opportun d'essayer d'estimer un effet à plus long terme de ΔT faibles.

a) Expérience 1 :

Cette expérience a été suivie pendant 50 jours et les résultats concernant les pourcentages de mues, de mortalités et de métamorphoses, sont représentés sur les figures 4 et 5.

On ne note aucune différence significative de ces trois paramètres par rapport aux témoins avec l'un ou l'autre des ΔT (cf figures 4 et 5) hormis une mortalité au palier 25 mn ΔT 12, sans doute accidentelle, plus importante le 2ème jour, ce phénomène étant resté sans effet par la suite.

Nous avons par ailleurs représenté sur la figure 6 les distributions en fréquence relative des nombres de mues avant la métamorphose pour chaque lot de larves considéré. Ainsi il apparaît sur ces histogrammes que le mode (7 mues avant métamorphose) n'est pas changé pour le ΔT 10 ; en revanche le palier 25 du ΔT 12 provoque chez les larves un nombre plus réduit de mues avant la métamorphose (6 mues). Pour cette raison, nous avons réitéré cette expérience afin de vérifier la probabilité d'un effet à long terme de paliers élevés pour le ΔT 12.

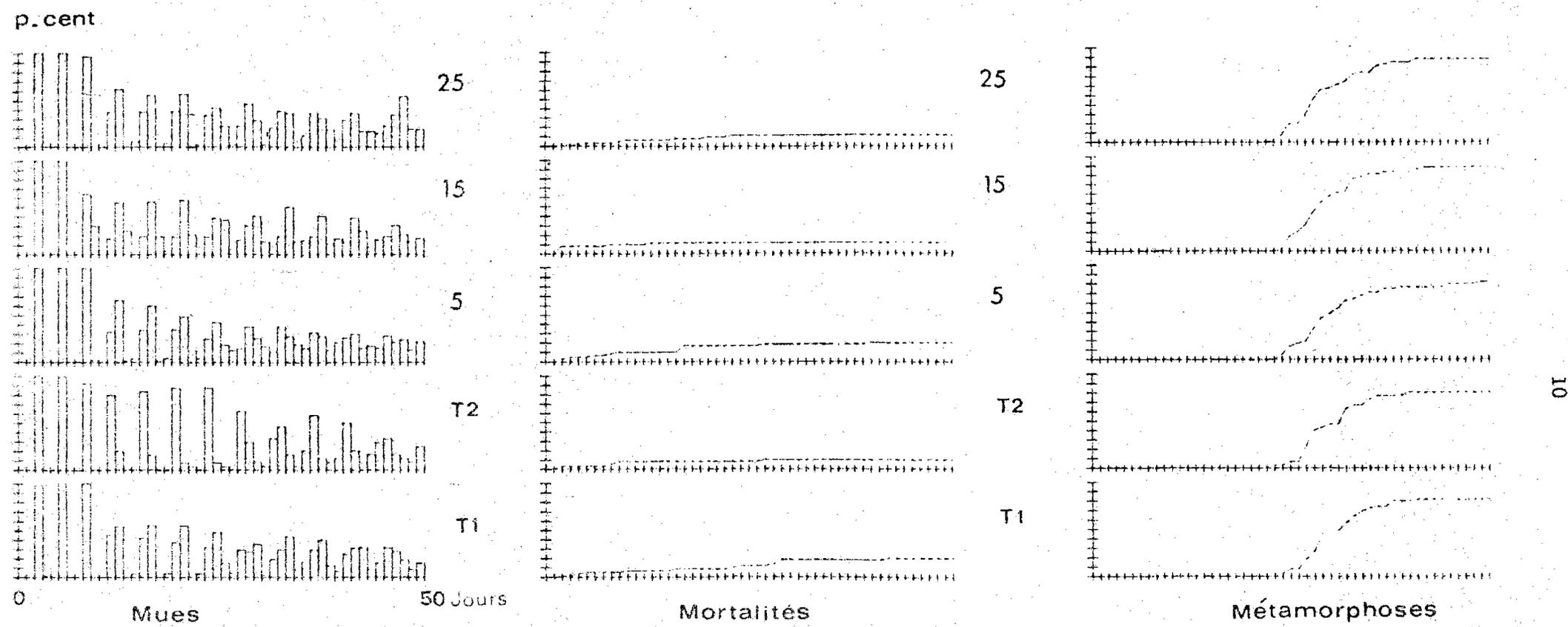


Fig. 4 - Pourcentages de mues, de mortalités et de métamorphoses pour une élévation thermique de 10° C. (Expérience 1)

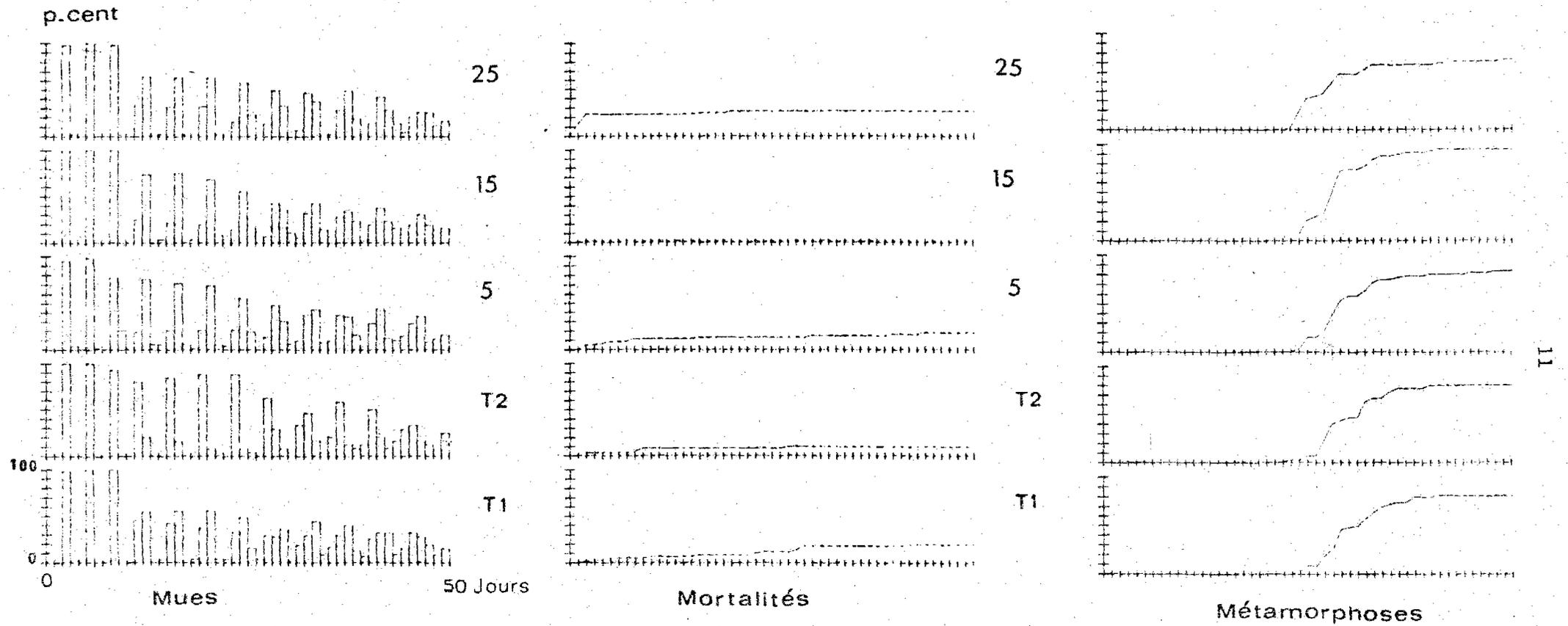


Fig. 5 - Pourcentages de mues, de mortalités et de métamorphoses pour une élévation thermique de 12° C.
(Expérience 1)

Expérience 1

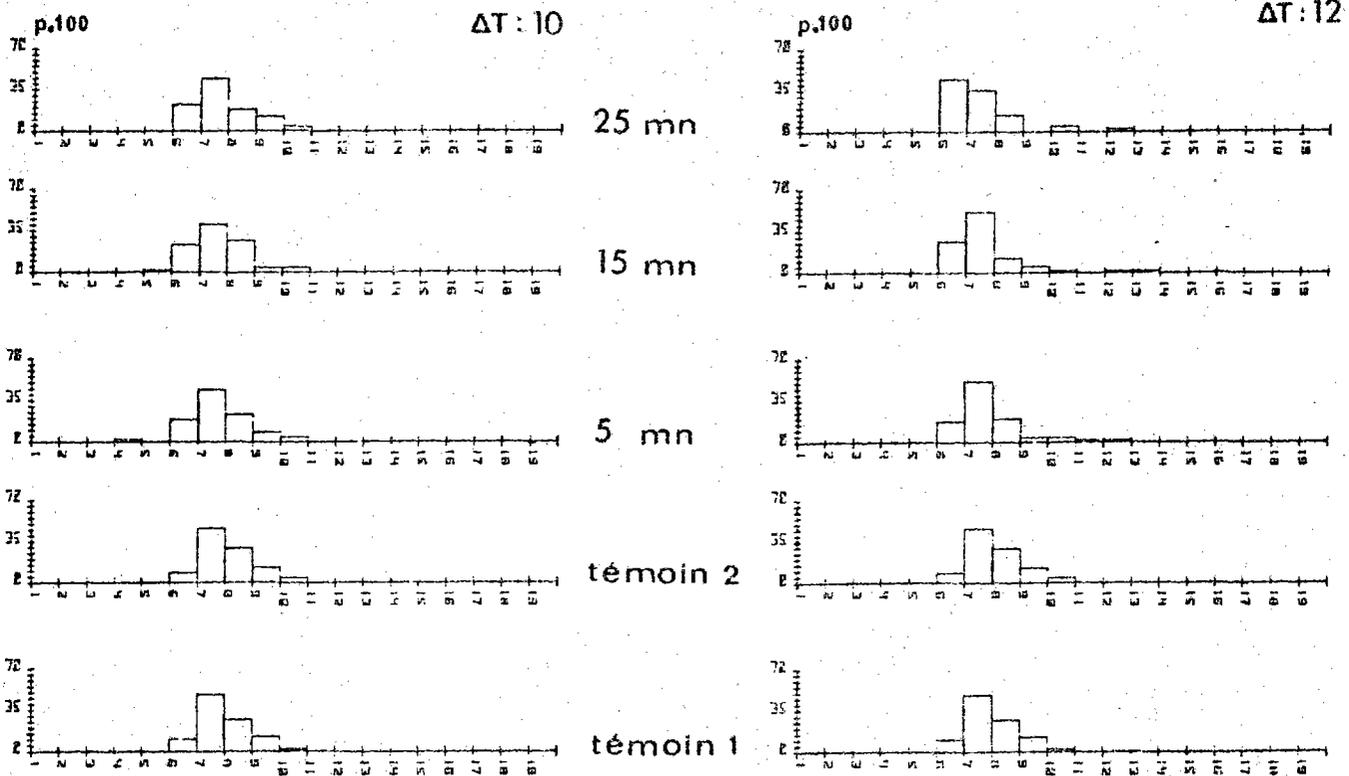


Fig. 6 - Distributions des nombres moyens de mues avant la métamorphose pour l'expérience 1

b) Expérience 2 :

Le protocole reste le même que précédemment et les mêmes ΔT sont testés. Les résultats sont représentés dans les figures 7, 8 et 9.

L'examen de ces graphiques révèle une absence significative de différence sur les 3 paramètres testés entre témoins et essais, de même qu'un mode unique pour tous les essais dans la distribution des nombres de mues avant métamorphose (6 mues).

c) Discussion :

A la suite de ces deux expériences, il nous est paru plus opportun de mesurer les effets du choc thermique à court terme - soit pendant les 4 premiers stades - du fait de l'absence quasi certaine d'actions nocives sur le développement à long terme.

4. Effets de chocs thermiques à court terme appliqués à partir des quatre températures initiales étudiées

A partir des températures initiales 12, 16, 18, 20, 22 et 24° C ont été appliquées les élévations thermiques 10, 12, 15 et 17° C. Les résultats sont exprimés en terme de pourcentages de survie pour les 3 paliers testés, soit 5, 15 et 25 mn d'exposition à $T_i + \Delta T$. La durée de l'expérimentation est fonction du temps mis pour obtenir le stade 4, durée qui est évidemment liée à la température d'élevage.

a) Température initiale : 12° C

Comme on peut le constater sur la figure 10, la survie est peu affectée, comparativement au témoin, pour les ΔT 10° et 12° C. Même observations en ce qui concerne les ΔT 15°. Par contre la survie avec le ΔT 17° diminue sensiblement, proportionnellement à la durée du palier tout en restant toujours supérieure à 50 %.

b) Température initiale : 16° C

Les ΔT 10° ne semble pas affecter le développement larvaire de façon sensible (figure 11), de même que le ΔT 12°, hormis une légère diminution de la survie en fonction de la durée du palier. En revanche les ΔT 15° et 17° ont un effet indéniable sur la survie qui est en rapport direct avec l'augmentation du palier thermique. Ainsi la survie est réduite à moins de 50 % en quelques jours pour les paliers thermiques 15 et 25 minutes au ΔT 15° ; la mortalité est totale en 3 jours, pour les mêmes paliers, au ΔT 17° .

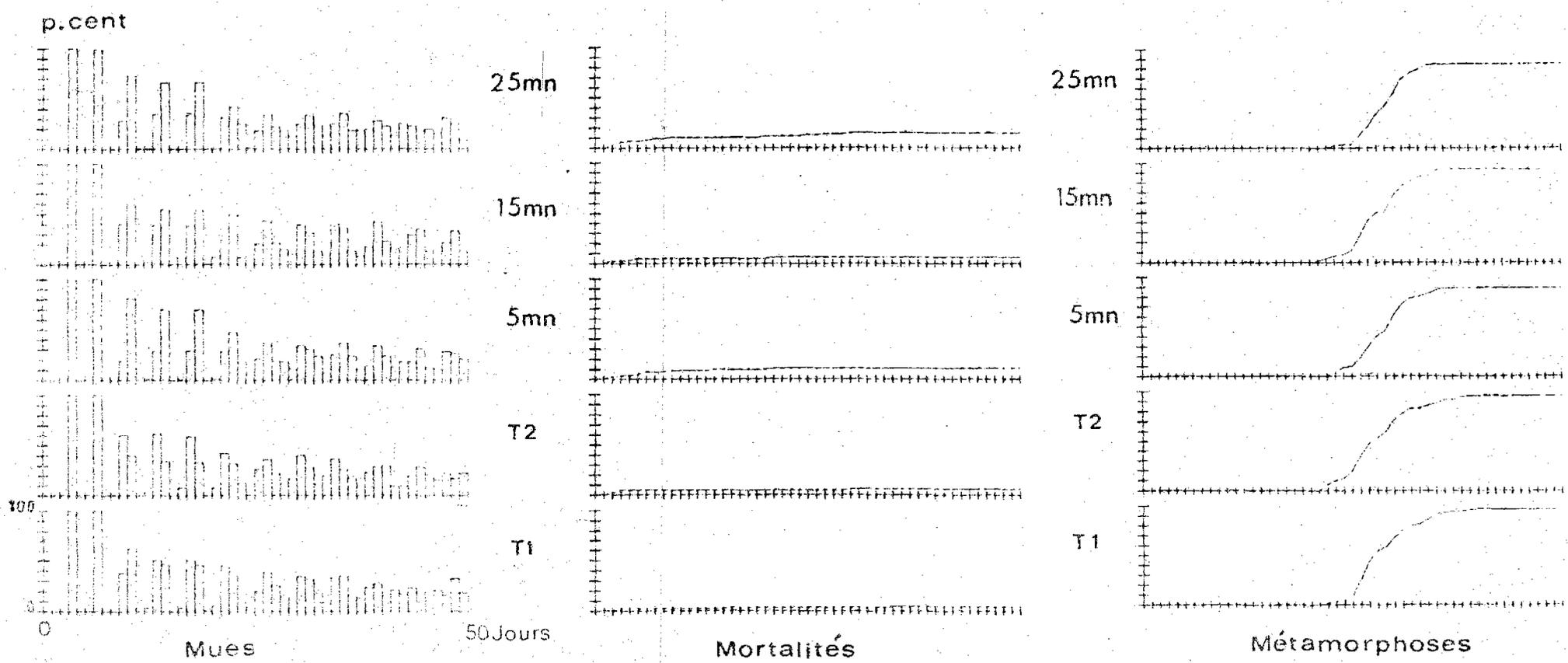


Fig. 7 - Pourcentages de mues, de mortalités et de métamorphoses pour une élévation thermique de 10° C. (Expérience 2)

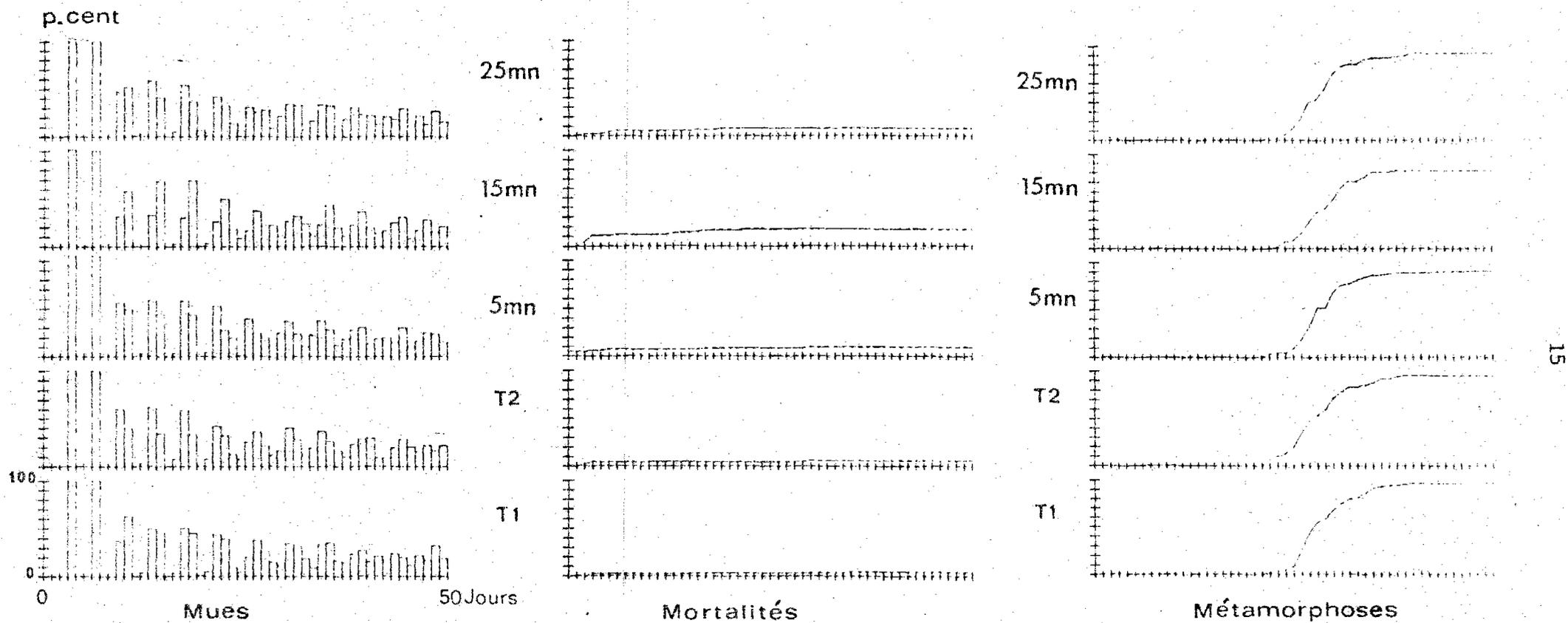


Fig. 8 - Pourcentages de mues, de mortalités et de métamorphoses pour une élévation thermique de 12° C.
(Expérience 2)

Expérience 2

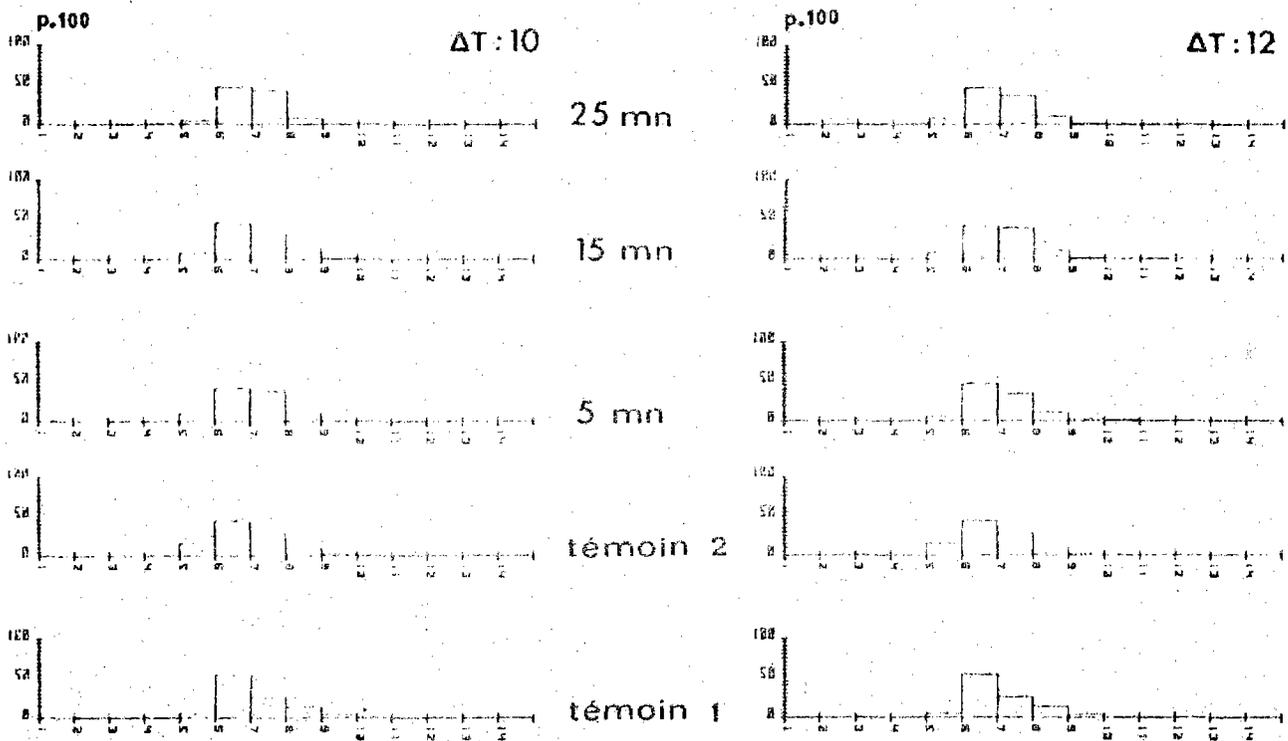


Fig. 9. - Distributions des nombres moyens de mois avant la métamorphose pour l'expérience 2.

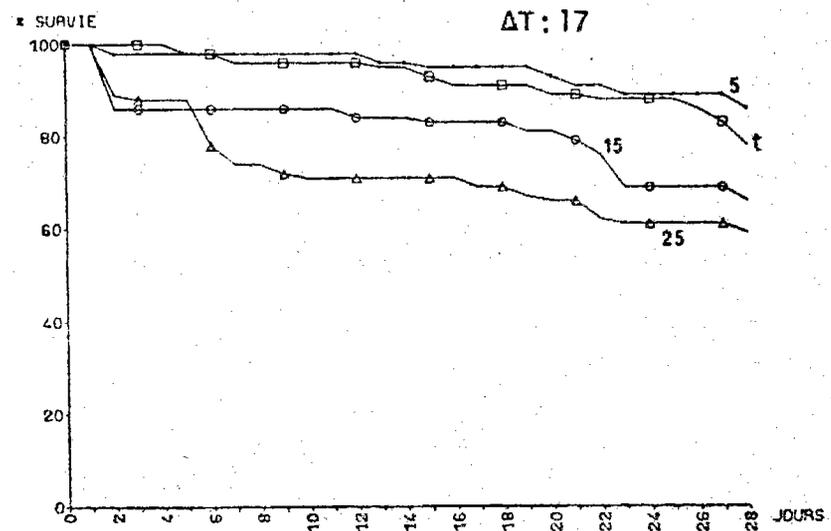
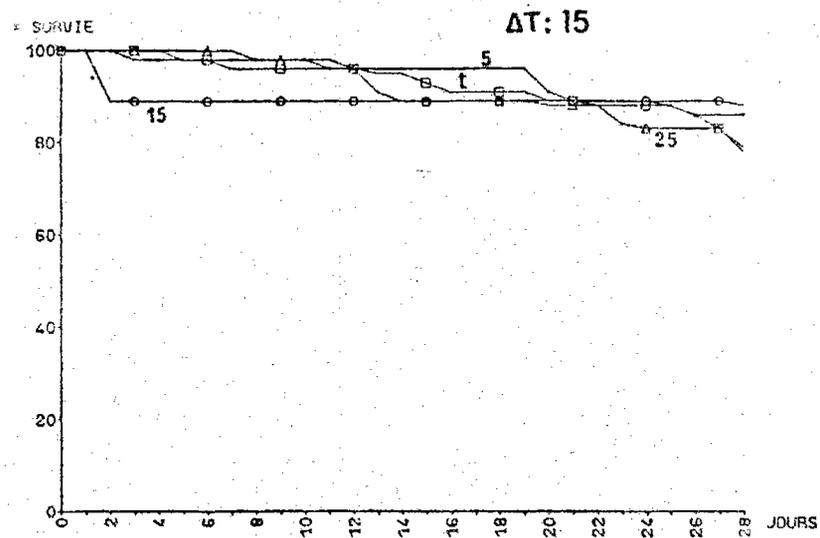
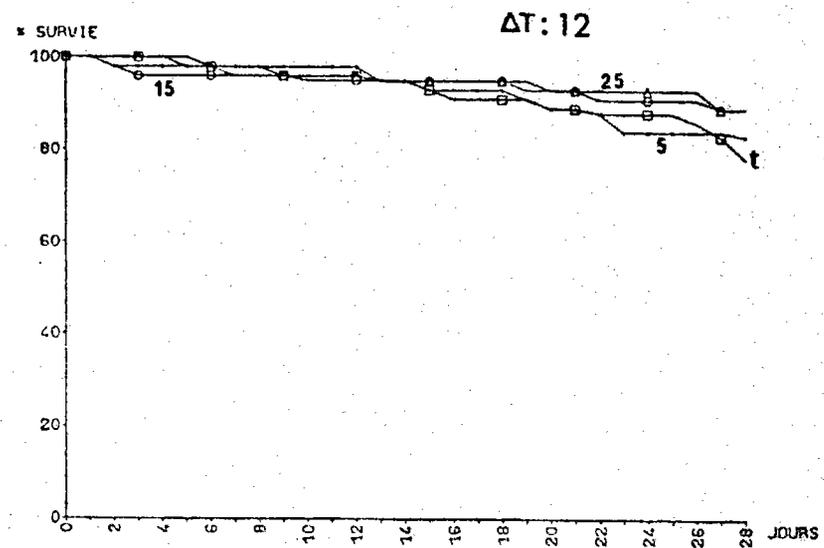
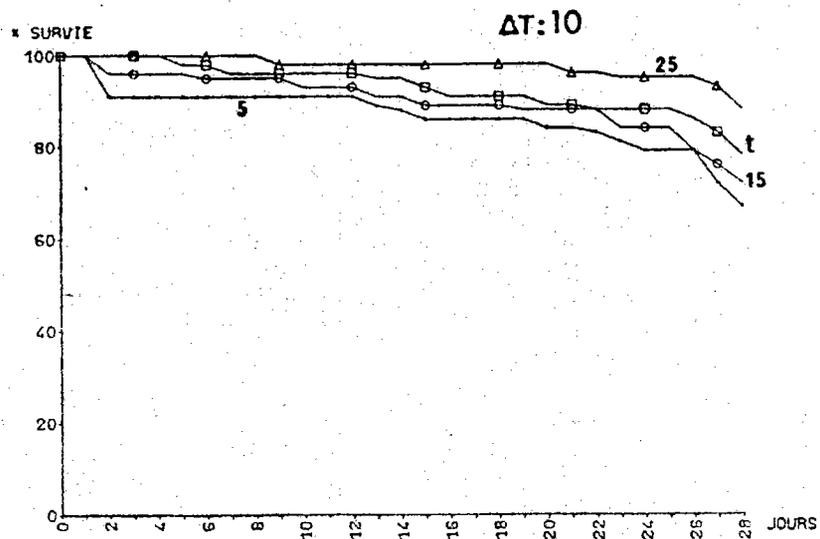


Fig. 10 - Pourcentages de survie à 12° C des larves de P. serratus jusqu'au stade 4.

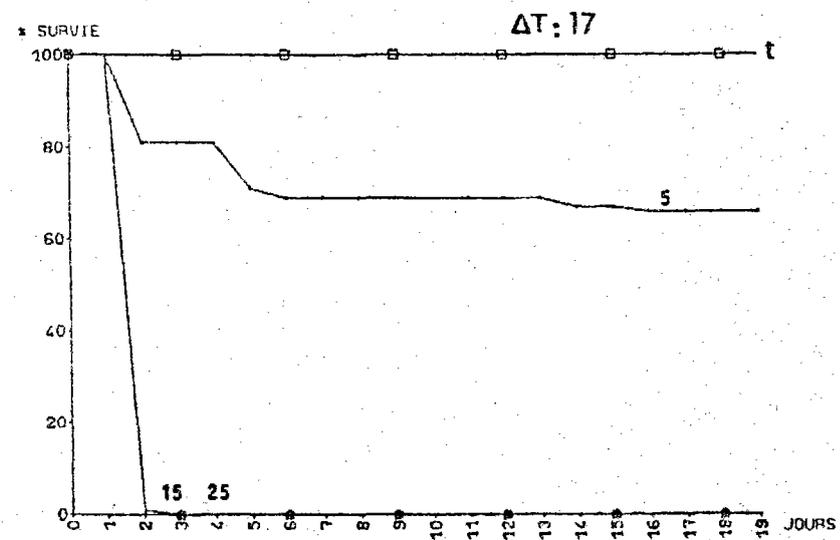
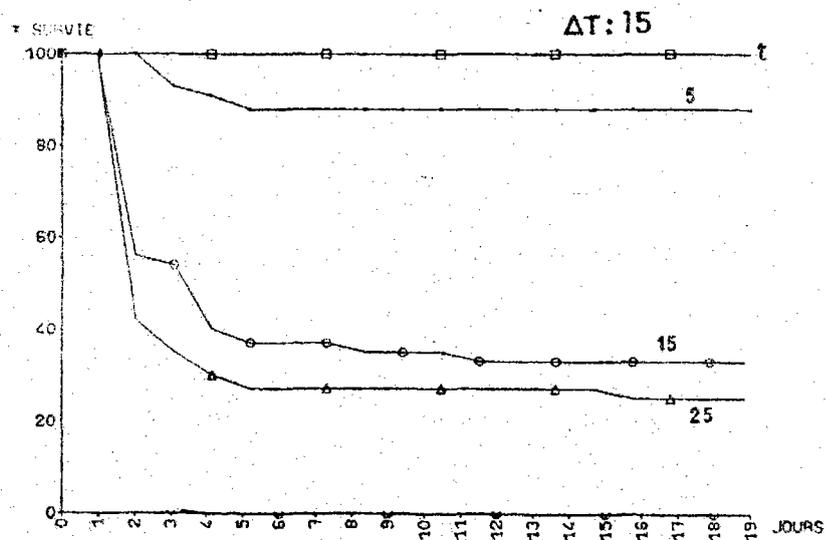
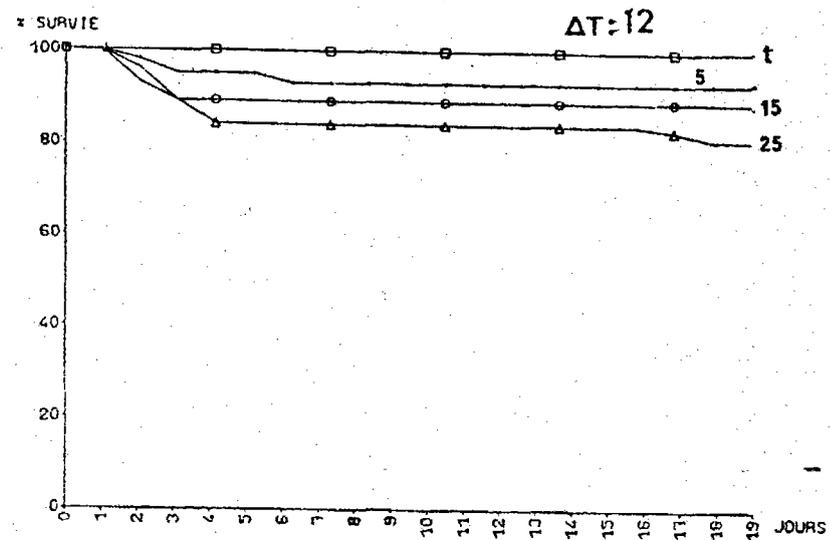
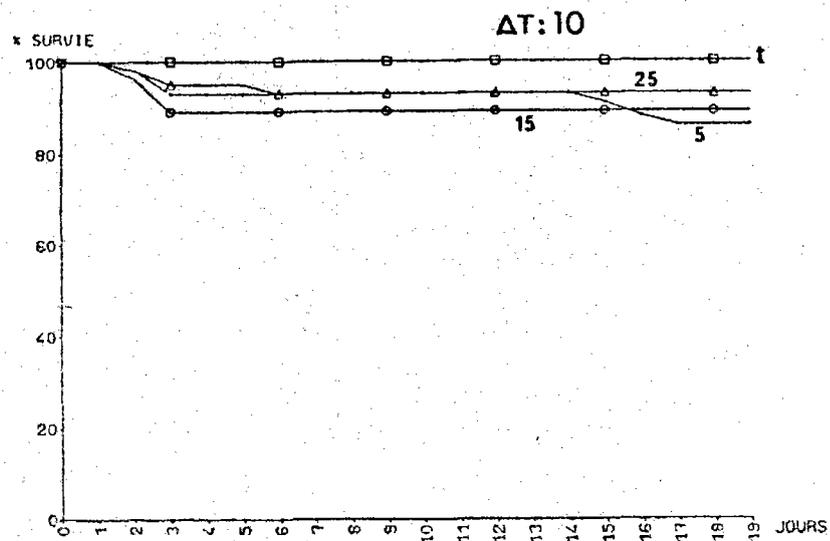


Fig. 11 - Pourcentages de survie à 16° C des larves de P. serratus jusqu'au stade 4

c) Température initiale : 18° C

Les ΔT 10° et 12° (figure 12) n'entraînent pas de différences notables dans la survie des larves testées. De même le ΔT 15° ne réduit pas significativement les survies, excepté pour le palier 25 mn ; ces résultats pouvant varier quelque peu selon les lots de larves expérimentés. Cette température initiale apparaît comme la plus critique pour la détermination du seuil thermique supérieur létal. Enfin le ΔT 17° provoque une réduction de survie de l'ordre de 50 % avec un palier de 5 mn et une mortalité totale pour les autres durées.

d) Température initiale : 20° C

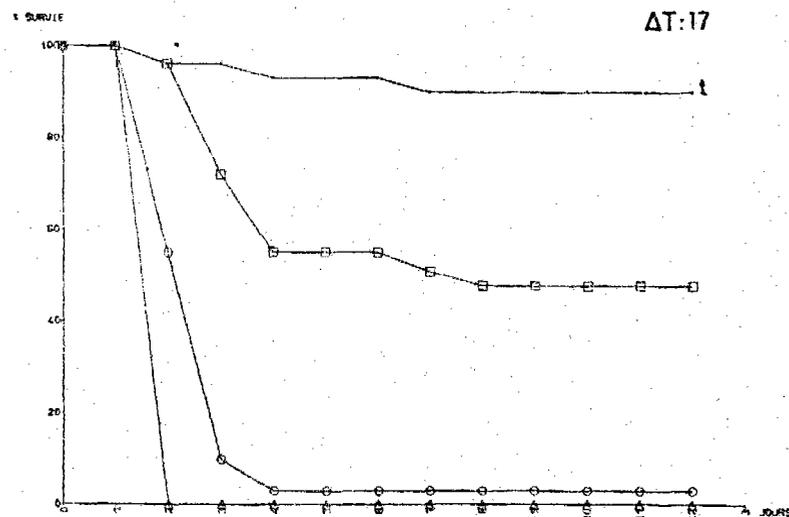
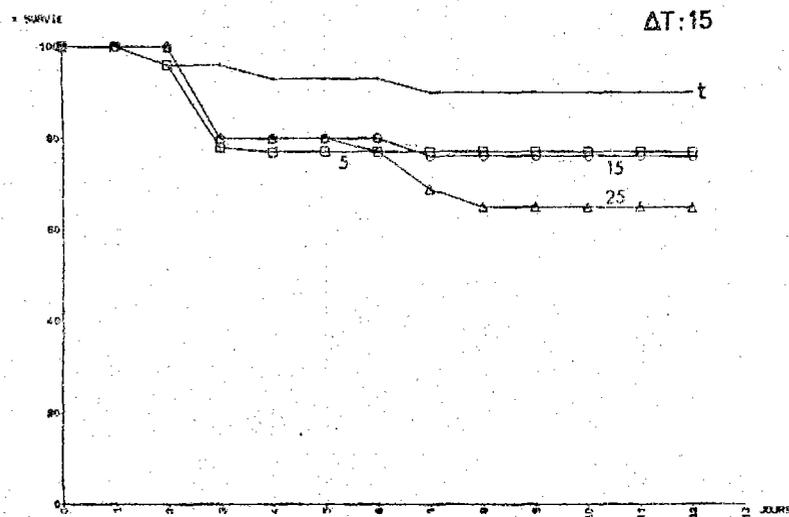
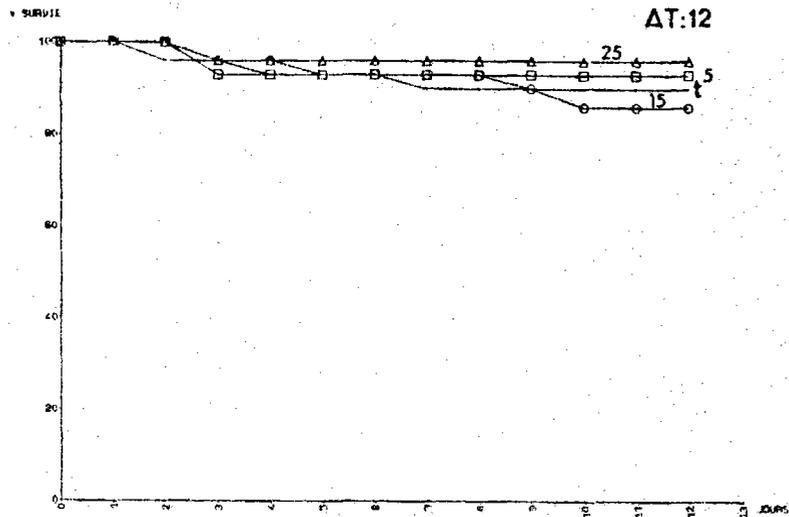
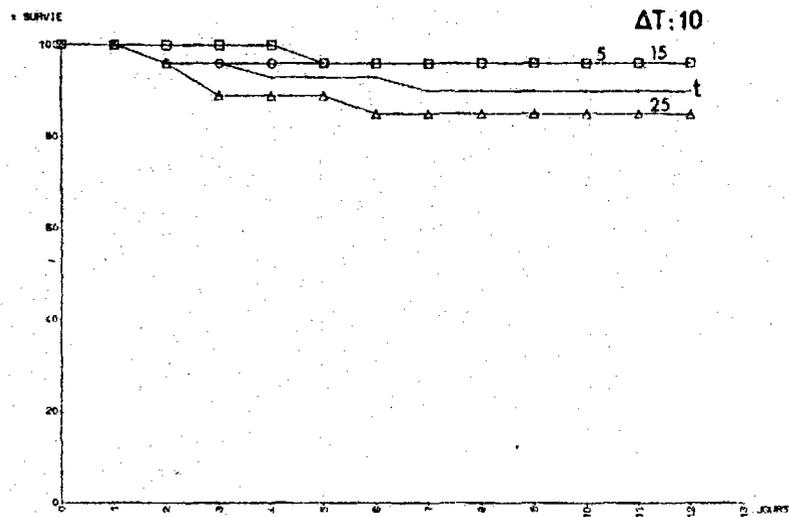
De même les ΔT 10° et 12° (figure 13) n'entraînent pas de différences notables dans la survie des larves testées. En revanche, pour les 3 paliers testés les ΔT 15° et 17° entraînent des survies nulles ou de l'ordre de 10 % (palier 5 minutes du ΔT 15°).

e) Température initiale : 22° C

La survie est réduite de plus de 40 % avec le palier 25 mn du ΔT 12° C, et cette réduction est totale aux ΔT 15° et 17° C quelles que soient les durées d'échauffement des larves (figure 14).

f) Température initiale : 24° C

Nous n'avons représenté graphiquement que les résultats concernant les ΔT 10° et 12° C (figure 15), la mortalité étant totale aux élévations thermiques supérieures (15° et 17°). On peut très vite constater la faible survie des témoins dans ces conditions d'expérience - imputable sans doute à la température presque limite - ce qui permet d'assimiler les résultats pour les 3 paliers du ΔT 10 à ceux des témoins. En revanche, au ΔT 12, la mortalité est totale avec des délais de plus en plus brefs lorsque la durée du palier augmente.



CHOC THERMIQUE 18 DEG.

Figure 12 : Pourcentages de survie à 18° C des larves de P. serratus jusqu'au stade 4.

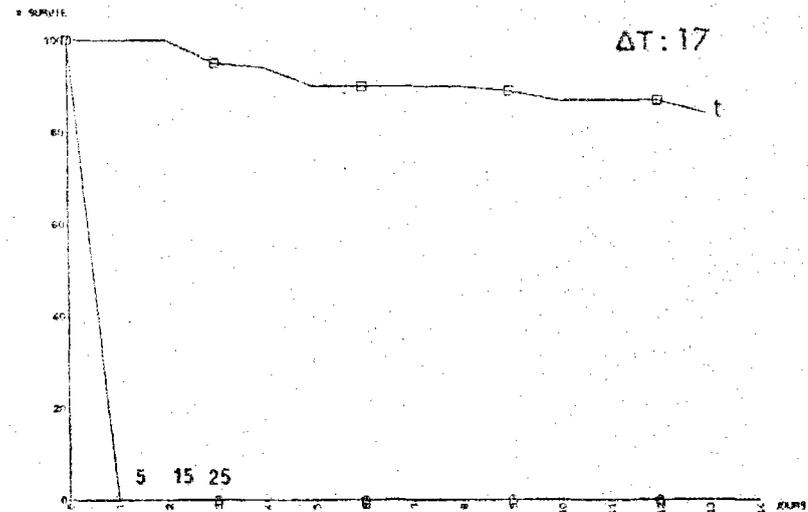
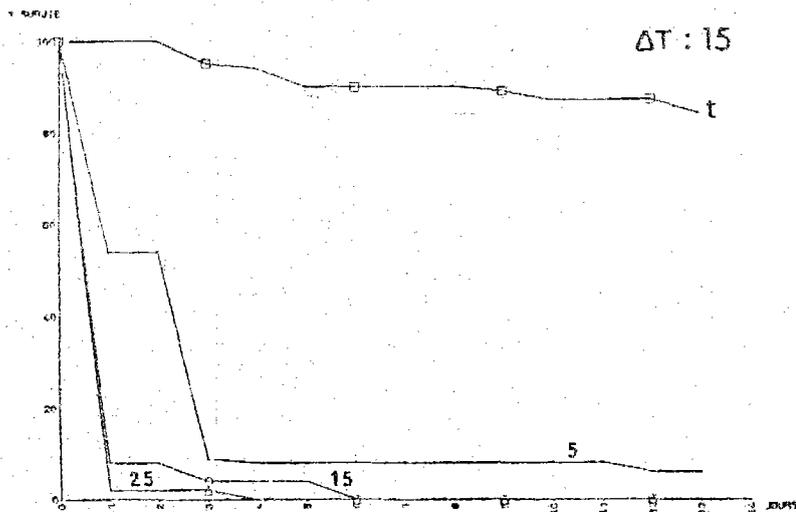
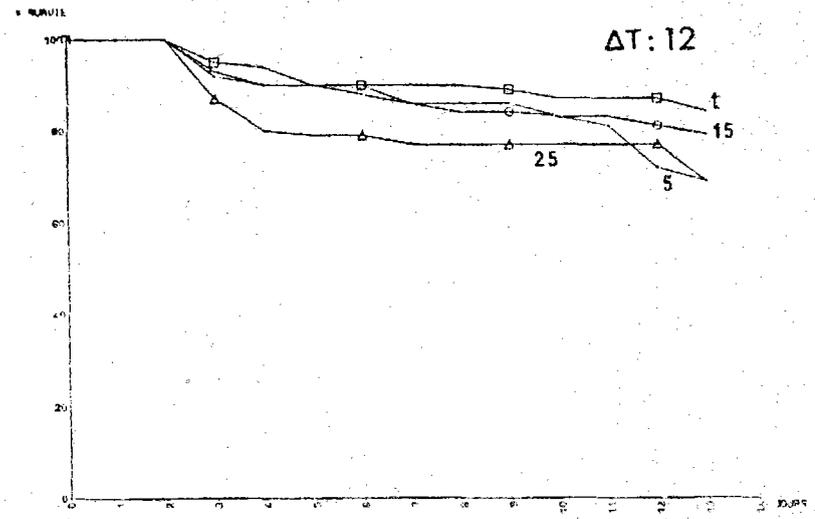
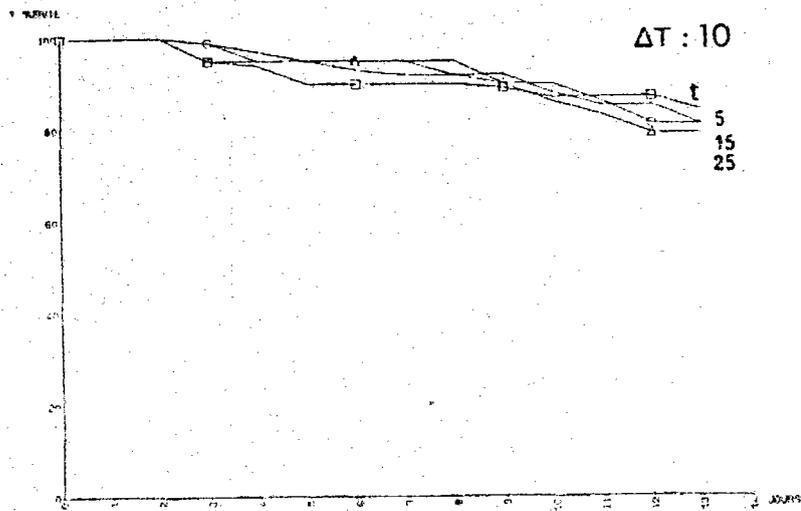
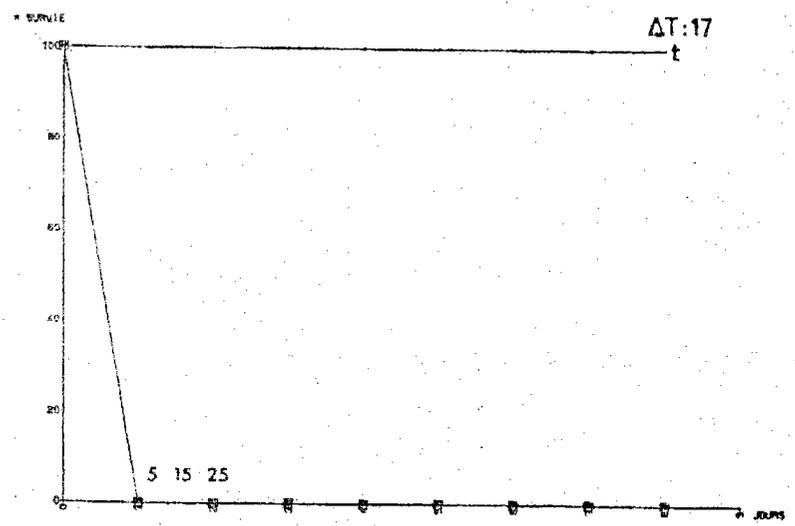
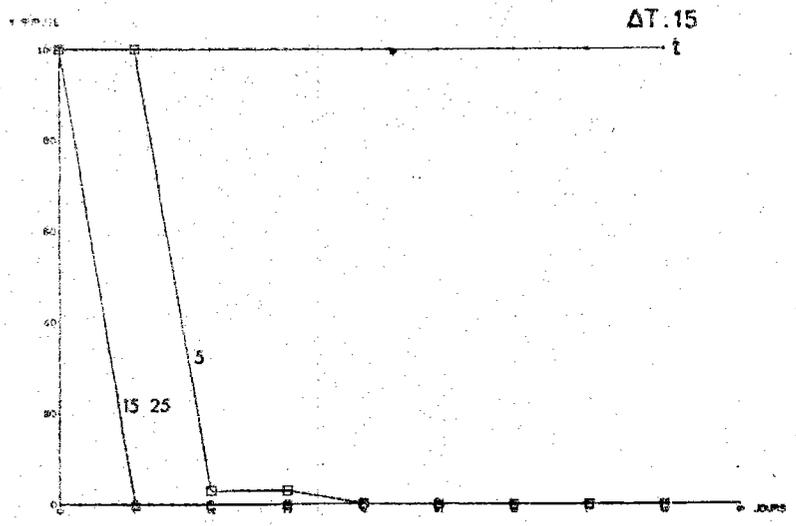
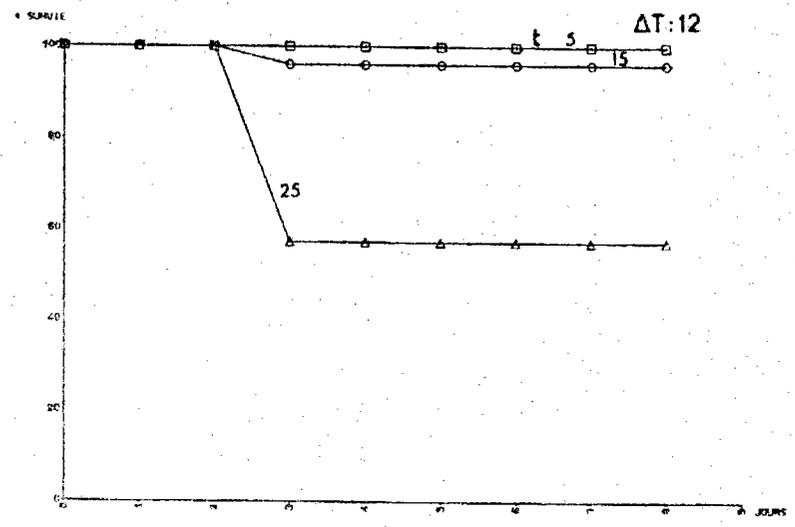
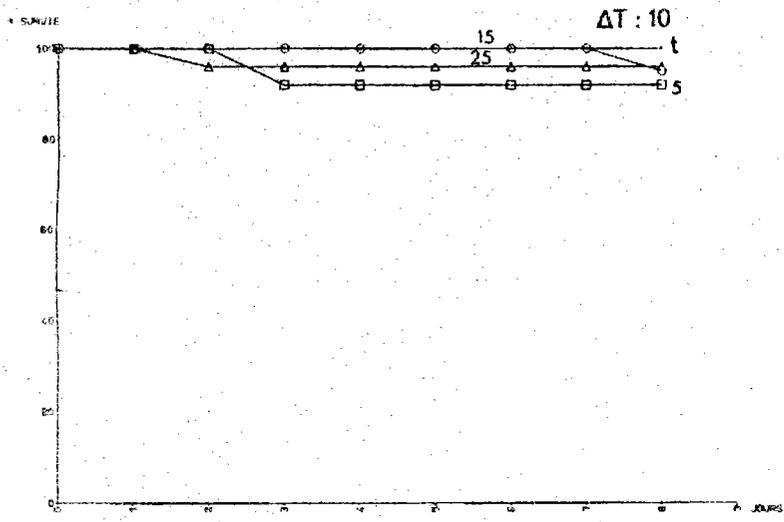


Fig. 13 - Pourcentages de survie à 20° C des larves de P. serratus jusqu'au stade 4.



CHOC THERMIQUE 22 DEG

Figure 14 - Pourcentages de survie à 22° C des larves de P. serratus jusqu'au stade 4.

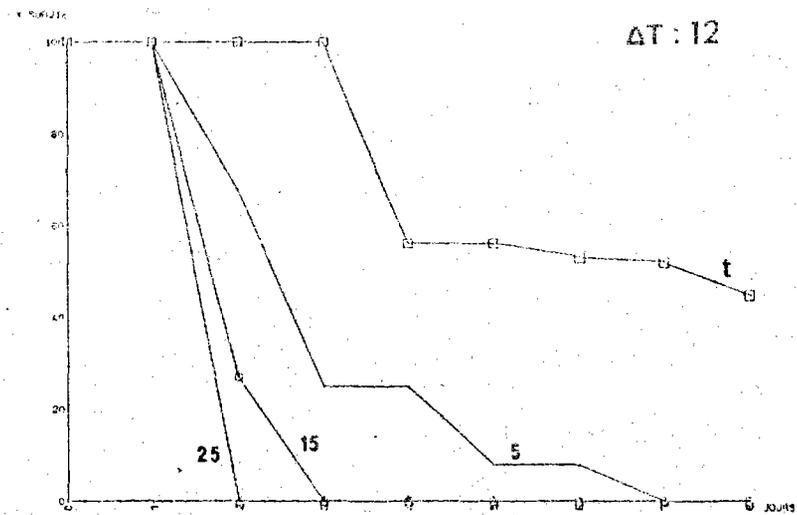
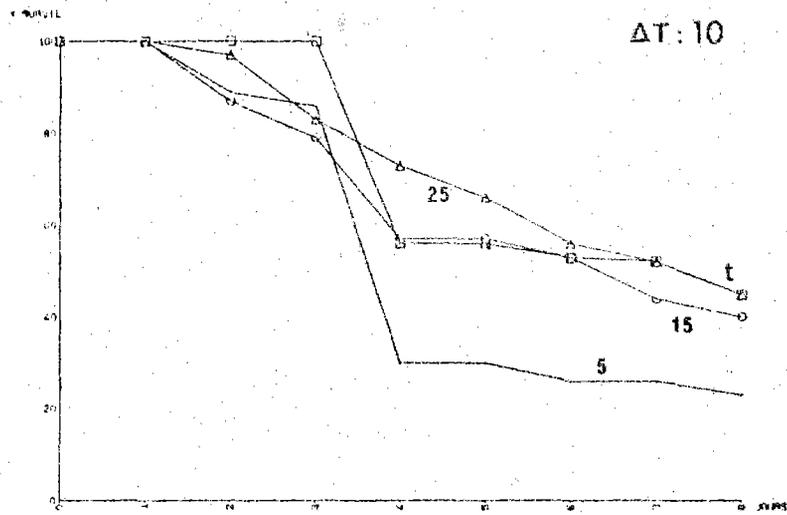


Fig. 15 - Pourcentages de survie à 24° C des larves de *P. serratus* jusqu'au stade 4.

g) Discussion :

Afin d'établir des diagrammes représentatifs de la survie des différents lots de larves expérimentés, nous avons représenté, sur le tableau 2, les pourcentages de survie, calculés par rapport à ceux des témoins, des larves parvenues au 4ème stade, en fonction des températures obtenues en fin d'élévation thermique.

En analysant de plus près l'ensemble de ces résultats, il apparaît que, pour des températures finales atteintes ($T_i + \Delta T$) très voisines, les valeurs de survie obtenues peuvent varier nettement, ce qui indiquerait une part importante de l'amplitude de l'élévation thermique dans l'apparition des mortalités.

Ainsi des températures finales de 31° ($16 + 15^\circ$) et 32° ($20 + 12^\circ$) entraînent des survies très dissemblables lorsque le palier est supérieur ou égal à 15 mn. Ces résultats sont encore plus probants pour les températures finales 32° ($20 + 12^\circ$) et surtout 33° ($16 + 17^\circ$ et $18 + 15^\circ$) où ces écarts sont maximums.

L'ensemble de ces observations confirme un effet létal partiellement imputable à l'amplitude de l'élévation thermique elle-même, la température initiale intervenant également puisque les premières mortalités importantes sont enregistrées à partir de 33° ($16 + 17$) de température finale.

Nous avons synthétisé graphiquement ces résultats sur la figure 16 en représentant, pour chaque température initiale testée, les pourcentages de survie par rapport au témoin des couples amplitude de l'élévation thermique - durée du palier thermique. Ce type de représentation cernant de plus près la réalité, une intégration de l'effet thermique en terme de "quantité de chaleur absorbée" ne permettant plus d'apprécier l'équilibre $T_i + \Delta T$.

Enfin, nous avons tenté de représenter sur la figure 17 l'évolution globale, pour toutes les expériences réalisées, de la survie larvaire en fonction de la température finale atteinte. Ainsi, malgré les points extrêmes (31° C) dus à l'effet intrinsèque du ΔT , le seuil 34° C \pm 1° C paraît inchangé, quelle que soit la durée du palier thermique.

Ti + Δ T (°C)	Ti (°C)	Δ T (°C)	Durées des paliers (minutes)		
			5	15	25
22	12	10	85	92	112
24	12	12	106	114	114
26	16	10	86	93	86
27	12	15	110	112	101
28	18	10	106	106	94
28	16	12	93	89	81
29	12	17	110	84	75
30	18	12	103	95	106
30	20	10	89	89	86
31	16	15	88	33	25
32	20	12	75	86	75
32	22	10	92	95	96
33	18	15	85	84	72
33	16	17	66	0	0
34	22	12	100	96	57
34	24	10	51	88	100
35	18	17	53	3	0
35	20	15	6	0	0
36	24	12	0	0	0
37	20	17	0	0	0
37	22	15	0	0	0

Tableau 2 : Pourcentages de survie, par rapport aux témoins, des larves de P. serratus parvenues au 4ème stade, en fonction des différentes conditions thermiques expérimentées.

Ti = température initiale
ΔT = élévation thermique

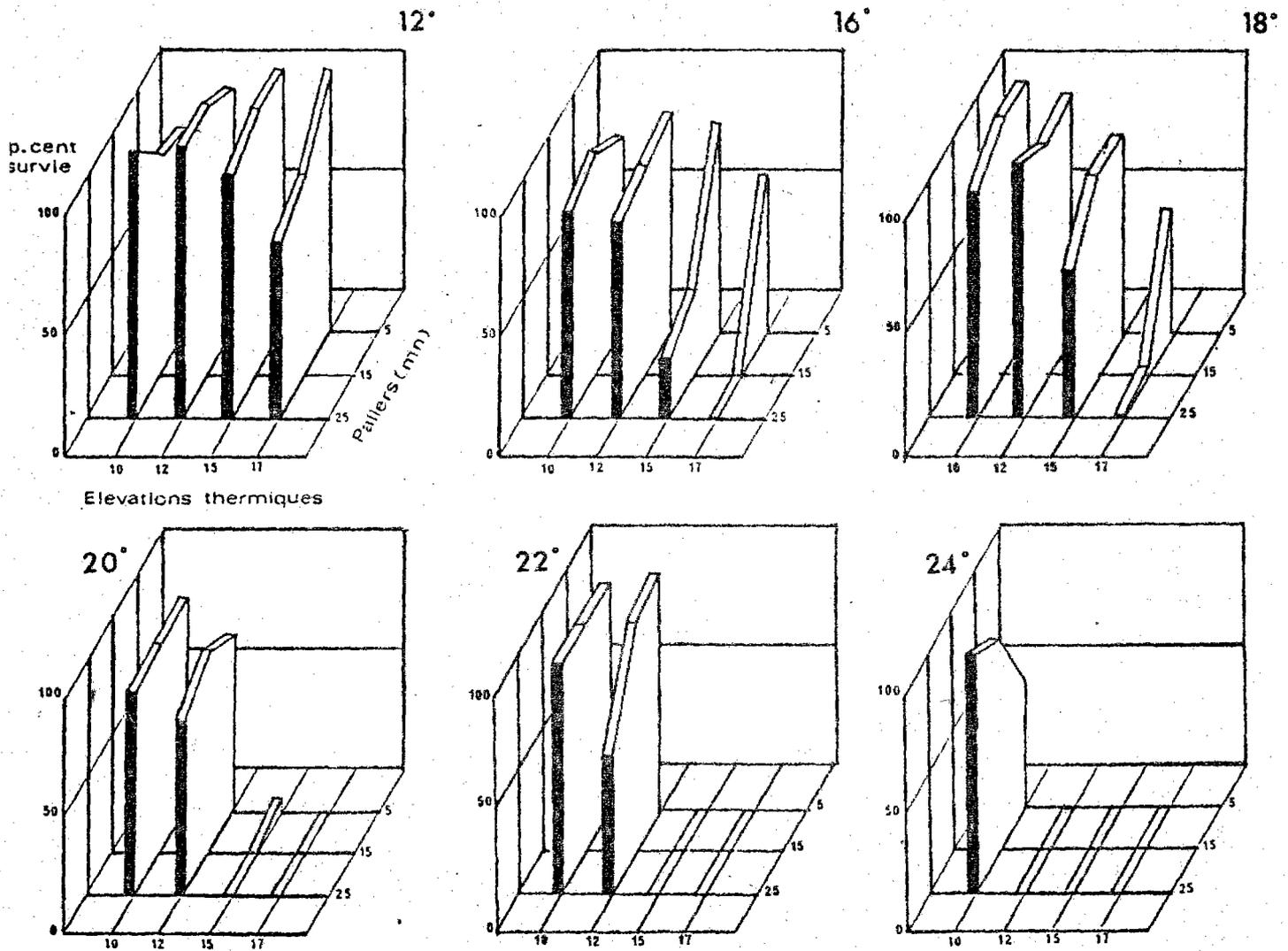


Figure 16 - Pourcentages de survie, calculés par rapport au témoin, des larves de *P. serratus* parvenues au stade 4 pour chaque conditionnement thermique (Températures initiales : 12, 16, 18, 20, 22 et 24° C).

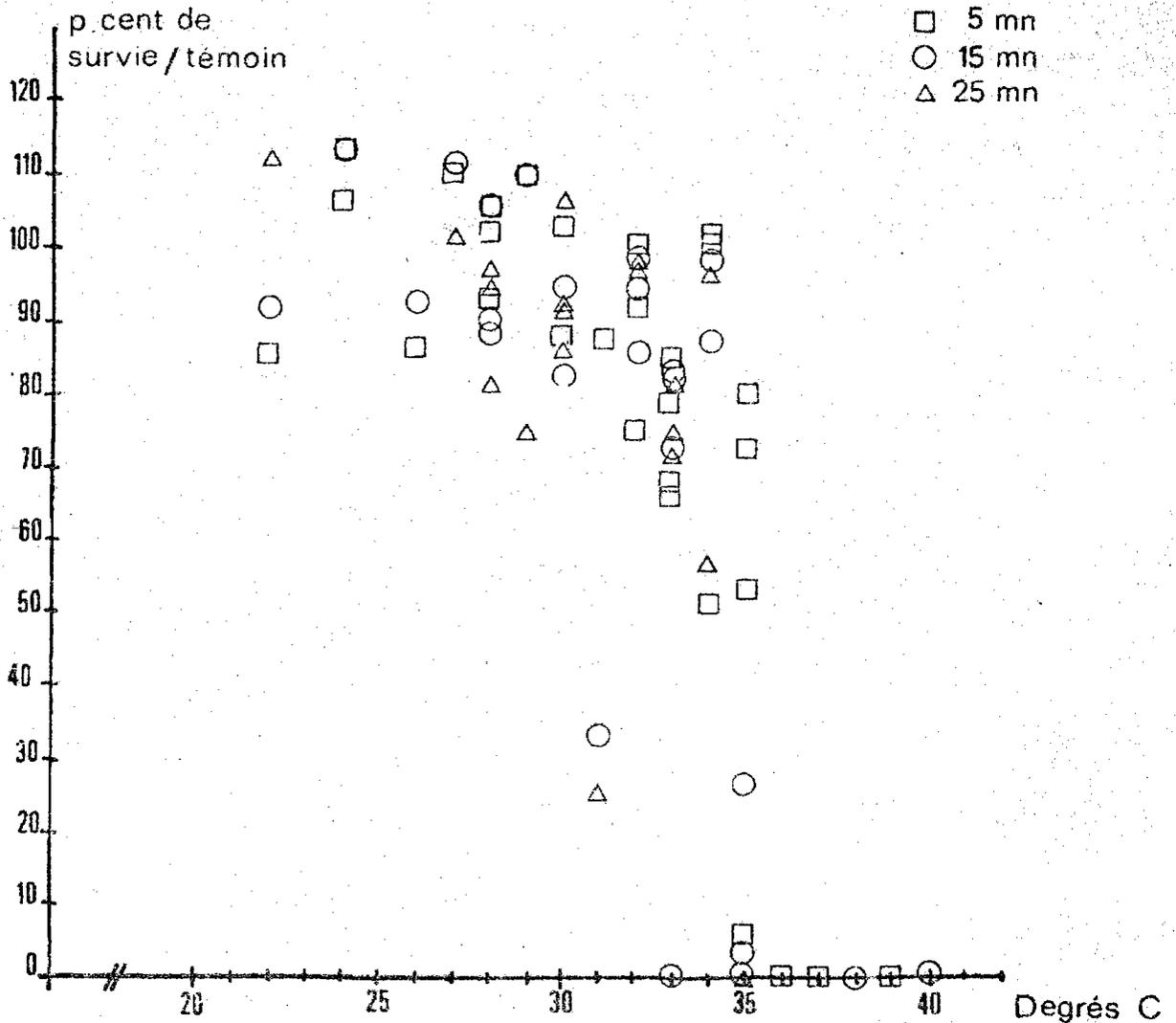


Figure 17 - Evolution de la survie en fonction de la température atteinte pour 3 durées d'échauffement.

A partir des couples de données : température finale/survie représentés sur la figure 17, nous avons cherché à représenter les droites de corrélations applicables aux limites de température : 28 à 36° C. C'est en effet à l'intérieur de ces limites que l'essentiel des variations de survie a lieu soit un rapport de 0 à 100.

Les équations des droites correspondantes sont respectivement :

pour 5 mn : $y = - 7.6954 x + 326.2426$
avec un coefficient de sécurité : 99,9 %

pour 15 mn : $y = - 9.8014 x + 381.0452$
avec un C.S : 99 %

pour 25 mn : $y = - 10.3831 x + 395.4571$
avec un C.S : 99 %.

Le tracé de ces droites est représenté dans la figure 18. On note d'emblée qu'elles ont des pentes voisines.

D'autre part, les paramètres de corrélation transformés, Z (échantillon avec $n < 30$), calculés à partir des coefficients de corrélation par la formule : $Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}$ (r : coefficient de corrélation)

ont été comparés deux à deux. Nous avons voulu ainsi déterminer l'existence d'une différence significative entre les couples : température/survie pour 5, 15 et 25 mn.

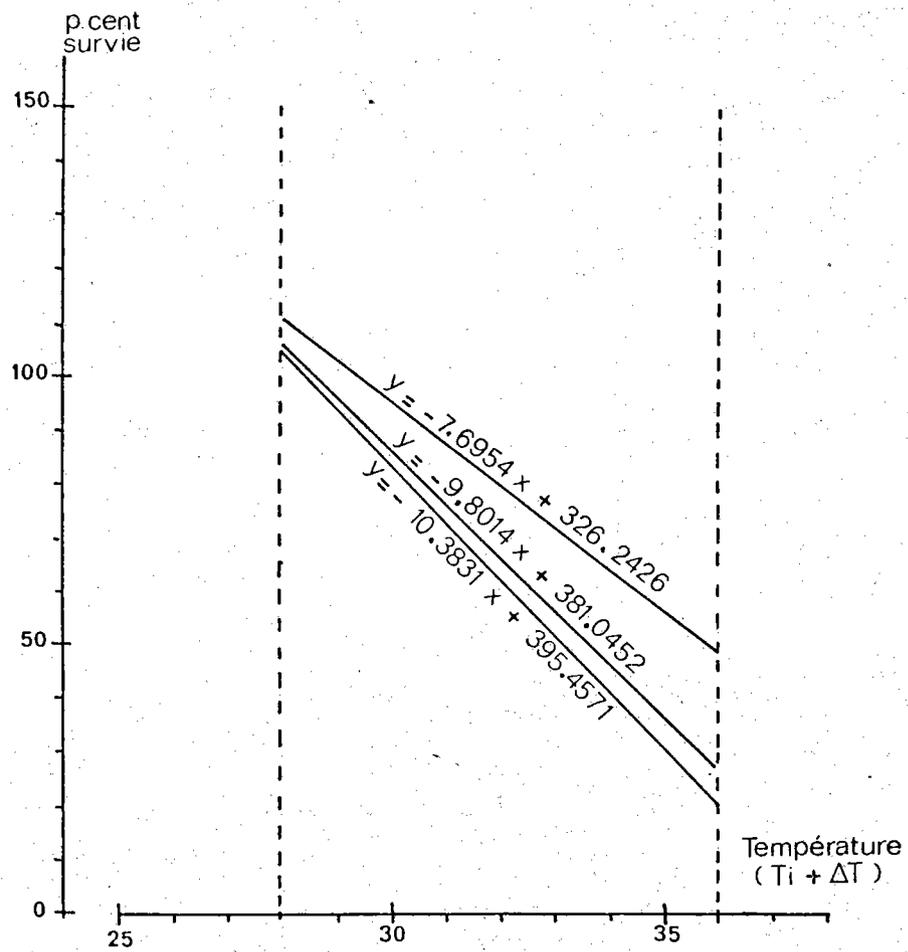


Figure 18 : Droites de régression pour les couples température/survie à 5, 15 et 25 mn entre 28 et 36° C.

Pour ce faire nous calculons dans un premier temps

$$d_z = z_5 - z_{15} \quad \text{ou} \quad z_5 - z_{25} \quad \text{ou} \quad z_{15} - z_{25}$$

$$\text{et } Sdz = \sqrt{\frac{1}{n_5 - 3} + \frac{1}{n_{15} - 3}} \quad \text{pour } z_5 - z_{15} \text{ par exemple}$$

Cette formule s'appliquant aux deux autres comparaisons .

Le rapport $\frac{dz}{Sdz}$ s'il est inférieur à 2 - ce qui est le cas pour

nos trois propositions - permet d'affirmer qu'il n'y a pas de différence significative entre ces trois coefficients de corrélation.

Ceci est confirmé par les valeurs trouvées :

$$\frac{d_{z_5 - 15}}{Sd_{z_5 - 15}} = 0.2420$$

$$\frac{d_{z_{15} - 25}}{Sd_{z_{15} - 25}} = 0.0894$$

$$\frac{d_{z_5 - 25}}{Sd_{z_5 - 25}} = 0.1536$$

D'autre part, l'application du test de Wilcoxon montre - au vu des variabilités propres aux données analysées - qu'on ne peut mettre en évidence de différence significative entre les 3 paliers testés, comparés 2 à 2.

De l'ensemble de ces données il semble se dégager que le facteur "durée d'échauffement" n'intervient dans la survie qu'à partir d'une valeur x qu'il faudrait approximer et à partir de laquelle toute augmentation du palier ne modifiera que très peu les réductions de survie observées.

./...

IV - CONCLUSIONS

Cette étude vient compléter celle conduite par LIORZOU et PERONNET (1979) dans la mesure où les résultats peuvent être comparés en fonction des conditions expérimentales. Rappelons que dans le cas de notre travail il s'agit d'élevages individuels tandis que l'autre expérimentation se rapporte à des élevages en masse, avec des méthodologies différant légèrement en ce qui concerne le conditionnement des larves expérimentées.

Nous pouvons retenir néanmoins certaines concordances qui méritent d'être signalées ; ainsi la dynamique du développement larvaire des témoins a été sensiblement la même dans les deux cas :

- optimum thermique 20°,
- périodes d'intermue allongées aux températures basses (12 et 16°) et diminuées à 24°.

Cependant, les délais d'intermue sont plus longs pour les élevages en masse ce qui peut être sans doute attribué au mode de nutrition utilisé.

Enfin, les résultats de chocs thermiques appliqués aux larves font apparaître, dans les deux cas, une influence indéniable du ΔT , même à des températures finales inférieures au seuil 100 % létal observé vers 35 - 36°. De ce fait, les ΔT 15° et 17° sont à éviter dès lors que la température finale avoisine 31°. Par ailleurs, la durée du transit ne semble pas être un facteur significatif dans les mortalités observées.

Il semble que ces données expérimentales soient extrapolables au milieu naturel, puisqu'elles résultent de méthodologies dissemblables, de géniteurs récoltés sur des sites côtiers différents à diverses époques de l'année et qu'elles convergent néanmoins quant aux conclusions.

Cette extrapolation au milieu naturel devrait être corroborée par des travaux réalisés sur d'autres crustacés, tant au laboratoire que "in situ".

D'emblée il apparaît que les expériences de chocs thermiques proprement dits - et non de résistance thermique - sont peu nombreux. On peut rappeler une étude réalisée par MATUTANI (1961) concernant les effets de différentes températures d'acclimatation (5, 10, 20 et 30° C) sur la survie d'un copépode (*Tigriopus japonicus*) dont la température d'élevage est portée à 38,6°. Les résultats mettent en évidence l'importance du passage de la température d'élevage à la température d'acclimatation et de la durée de cette phase préparatoire. La température initiale induisant la plus grande sensibilité au choc thermique est alors de 20° et les femelles du copépode plus résistantes que les mâles.

Par la suite, GOSS et BUNTING (1976) en analysant la résistance aux élévations thermiques de cladocères d'eaux douces, citent des travaux similaires sur des crustacés marins ou d'estuaire. Des élévations thermiques de 10° C seraient létales en 48 heures pour des copépodes *Eurytemora affinis* et *Acartia tonsa* avec des températures finales de 25 et 30°, et une élévation de 9° aurait le même effet pour le mysidacé *Mysis relicta* avec une température finale de 16°.

Toujours en 1976, GRAS et Coll. testent l'influence de chocs thermiques sur les larves de l'araignée de mer *Maia squinado* ; les températures initiales sont 16, 18, 20, 22 et 24° C et les ΔT 10, 12 et 17° C. Il apparaît que l'influence du choc thermique est plus importante que sa durée d'application et que des survies supérieures à 50 % ne peuvent être obtenues que pour une température finale inférieure à 31°.

Une étude importante a été effectuée par PATTEN (1977) sur les larves zoës 1 de 10 espèces de crabes littoraux. Les durées d'exposition sont de 20 minutes et les températures initiales sont celles du milieu aux différentes époques de l'année. Il en ressort que, si un ΔT de 12° est bien supporté par toutes les espèces citées, deux espèces ont une TL 50 correspondant à un ΔT proche de 15° et les autres ne présentent de mortalités significatives que pour des élévations thermiques supérieures à 18°.

Enfin, plus récemment, CRADDOCK (1979) mesure les effets de chocs thermiques de courte durée (15 minutes) sur la survie d'un euphausiacé (*Euphausia pacifica*) maintenu à une température initiale de 9 ou 11° ; une température finale de 23 - 24° provoque 11 à 53 % de mortalité par effet thermique seul, soit un ΔT de 13 - 14°.

Il semblerait, en résumé, que l'importance du choc proprement dit ne soit pas négligeable pour les crustacés holo- ou méroplanctoniques, la température supérieure létale variant selon les espèces considérées, et le ΔT maximum applicable voisinant 12° pour la majorité de ces espèces, exceptés les copépodes et les mysidacés. Ces résultats corroborent apparemment ceux que nous présentons sur les larves de la crevette rose *Palaemon serratus*.



BIBLIOGRAPHIE

- BOURDILLON-CASANOVA (L.), 1960. - Le méroplancton du golfe de Marseille. Les larves de crustacés décapodes. - Rec. Trav. Sta. mar. Endoume 30 (18), 286 p.
- CAMPILLO (A.), 1975. - Données pratiques sur l'élevage au laboratoire des larves de *Palaemon serratus* (PENNANT). - Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 39 (4), p. 381 - 394.
- CRADDOCK (D.), 1979. - Effect of thermal increases of short duration on survival of *Euphausia pacifica*. Fish Bull. (76), p. 895 - 900.
- FIGUEIREDO (M.J.), 1973. - Some food studies in the larval rearing of *Palaemon serratus* (PENNANT). Cons. int. Explor. Mer. CM. 1973/K :
- GOSS (L.B.), BUNTING (D.L.), 1976. - Thermal tolerance of zooplankton. Wat. Res. (10), p. 387 - 398.
- GRAS (H.), MECHIN (P.), TARAUD (R.) et AUDINEAU (P.), 1977. - Note préliminaire concernant l'influence des chocs thermiques sur les larves de l'araignée de mer *Maia squinado* L. Journées de la thermoécologie. Brest 15/16 novembre 1976. Publ. Spéc. 203 - 214.
- GURNEY (R.), 1923. - Some notes on *Leander longirostris* MILNE EDWARDS and other british prawns. Proc. zool. Soc. London, 97 - 123.
- LEBOUR (M.V.), 1947. - Notes on the inshore plankton of Plymouth. J. Mar. biol. Assoc. U.K. 26 (4) 527 - 547.
- LIORZOU (B.) et PERONNET (I.), 1979. - Etude expérimentale de chocs thermiques appliqués à des larves de *Palaemon serratus*. Journées de la thermoécologie. - NANTES - 14 et 15 novembre 1979.
- MAGGI (P.), LASSUS (P.) et ABARNOU (A.), 1977. - Influence de chocs thermiques sur la croissance d'une diatomée : *Phaeodactylum tricorutum* BOHLI. Journées de la Thermoécologie, Brest, 15 et 16 novembre 1976.
- MATUTANI (K.), 1961. - Studies on the heat resistance of *Tigriopus japonicus*. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab. 9 (2) : 133 - 165.
- PATTEN (B.G.), 1977. - Short-term thermal resistance of zoeae of 10 species of crabs from Puget Sound. Washington Fish. Bull. 75 (3), 555 - 559.
- REEVE (M.R.), 1969. - The laboratory culture of the prawn *Palaemon serratus*. Fish. Invest. London. Ser. II 26 (1), 37 p.
- SOLLAUD (E.), 1923. - Le développement larvaire des Palaemonidae. Bull. biol. France. Belgique. 57 : 509 - 603.