

INFLUENCE DE LA CHLORATION SUR LES PREMIERS STADES LARVAIRES DE *PALAEMON SERRATUS* (PENNANT)

par Patrick LASSUS, Pierre MAGGI, Claire LE BAUT, Michèle BARDOUIL
Gilles BOCQUENÉ, Loïc LE DÉAN et Philippe TRUQUET ⁽¹⁾

Résumé

Afin de quantifier l'impact du chlore utilisé dans les circuits de refroidissement des centrales thermiques sur le plancton marin, des expérimentations utilisant les quatre premiers stades larvaires de la crevette rose (*Palaemon serratus* Pennant) ont été réalisées. L'injection de chlore était opérée en « addition constante » à 16 et 20° C, avec des temps de contact de 5, 15 et 25 mn. S'il ne semble pas y avoir de différences de sensibilité d'un stade à l'autre, la toxicité des oxydants produits par la chloration est décelable (quelque soit la température) à partir de 15 mn de contact avec une DL 50 de 3 mg/l de chlore injecté.

Abstract

In order to estimate the effects of chlorine used in cooling systems of electric power plants on zooplankton some experiments have been realized with the four first larval stages of the prawn (*Palaemon serratus* Pennant). Chlorine injection was performed by constant adding at 16 and 20° C with times exposures of 5, 15 and 25 minutes. If there is no detectable variations in sensitiveness of different stages, toxic effects of oxydants issued from chlorination can be observed (for both the two acclimatation temperatures) at 15 minutes exposure with a LD 50 : 3 mg/l of chlorine.

Introduction.

La politique énergétique du gouvernement français a conduit Electricité de France (E.D.F.) à implanter des centrales thermiques de grande puissance sur le littoral, du fait de leurs besoins importants en eau de réfrigération. Parallèlement, un certain nombre de laboratoires et d'organismes publics étaient chargés d'estimer l'impact de ces ouvrages sur la faune et la flore et en particulier sur le plancton. Ainsi, dans une première phase, nous nous sommes attachés à préciser l'influence

(1) I.S.T.P.M., Nantes.

du transit dans les condenseurs sur le phytoplancton. Des études expérimentales ont été réalisées à partir de cultures unialgales subissant en laboratoire les mêmes contraintes thermiques ou chimiques que sur le terrain (MAGGI *et al.*, 1977, 1980, 1981 ; LASSUS et MAGGI, 1980 a). Les travaux présentés ici ont trait à l'effet de la chloration pratiquée lors du transit sur les premiers stades larvaires de la crevette rose *Palaemon serratus* ; ils complètent les résultats déjà obtenus pour des élévations brutales de température sur le même organisme (LASSUS et MAGGI, 1980 c).

1. Généralités.

Rappelons que, lors de ces recherches sur des organismes planctoniques, deux facteurs prépondérants ont été considérés : l'élévation brutale de température (ΔT) et l'utilisation d'un biocide, le chlore, injecté sous forme d'hypochlorite de sodium.

Nos données concernant le phytoplancton (*Phaeodactylum tricornutum*, *Gyrodinium aureolum* et *Dunaliella tertiolecta*) faisaient apparaître une sensibilité extrême au chlore lorsque celui-ci était injecté à 0,3 ou 0,5 mg/l. En revanche, la résistance à l'augmentation de température, bien que différant entre les diatomées (36° C de température finale) et le flagellé (plus de 41° C de température finale), admettait des seuils compatibles avec les échauffements dus aux centrales. De même, des résultats précédents (LASSUS et MAGGI, 1980 c) nous ont permis de déterminer une TL 50⁽²⁾ voisine de 35° C pour des larves de *Palaemon serratus* au stade 1 exposées pendant 5, 15 et 25 mn à différentes élévations thermiques et dénombrées après leur mue en stade 4.

Cependant, nous n'avions pas abordé le problème de la sensibilité au chlore des espèces zooplanctoniques, et des zones de Palaemonidae en particulier. C'est ce que nous avons voulu réaliser dans cette étude. L'espèce choisie a été encore une fois la crevette rose dont l'intérêt commercial, la sensibilité aux polluants et une bonne connaissance de l'élevage larvaire en laboratoire en ont fait un organisme intéressant pour ces expérimentations.

Toutefois, il convient de rappeler que de nombreux travaux ont été réalisés concernant l'influence du chlore sur les crustacés adultes ou planctoniques marins. Le protocole expérimental adopté est particulièrement important : ou bien l'injection de chlore est ponctuelle (et l'essai statique), les concentrations initiales sont alors plus élevées du fait de la demande en chlore du milieu, ou bien l'injection est ininterrompue avec un essai en « flot continu », et la concentration en chlore reste pratiquement constante. Dans ce dernier cas les durées de test augmentent et les DL 50⁽²⁾ sont plus basses. Ces différentes méthodologies ont été étudiées et résumées par BURTON (1977).

Lorsque les injonctions sont ponctuelles, la concentration initiale en chlore tient lieu de donnée de base pour la DL 50, avec la durée d'exposition. Ainsi GINN et O'CONNOR (1978) trouvent une DL 50 96 h de 1,85 mg/l de chlore pour *Gammarus daiberi* après une heure d'exposition et avec une salinité de 1,6 ‰. Mc LEAN (1973), également en eau saumâtre, avait trouvé des pourcentages de mortalité en 96 h respectivement de 80, 90, 0 et 4 % pour des nauplii de *Balanus improvisus*, et des adultes d'*Acartia tonsa*, *Palaemonetes pugio* et *Melita nitida*. L'exposition n'était dans ce cas que de 5 mn et la concentration en chlore de 2,5 mg/l. Plus récemment, BENON - VON UNRUH et GAUDY (1980) montrent une certaine synergie entre la température et l'action du chlore pour *Acartia clausi*. Ce copépode présente une mortalité variant de 50 à 75 % pour 0,25 à 1 mg/l de chlore. En revanche, les mêmes auteurs constatent une relative tolérance chez *Centropages typicus* qui résiste à plus de 1,25 mg/l.

Des données plus nombreuses sont disponibles lorsque les expériences ont lieu en « flot continu ». Nous avons jugé plus utile de les rassembler dans le tableau 1. On remarque l'abaissement général des seuils de DL 50 qui sont majoritairement inférieurs à 0,5 mg/l.

Enfin, quelques résultats, cités par plusieurs auteurs, sont à rajouter à ces références, sans que le mode d'injection du chlore soit précisé. Citons des DL 50 de 0,10 mg/l et 0,15 mg/l pour *Calinectes sapidus* et *Crangon septemspinus* avec des expositions respectivement de 5 mn et 15 h au chlore, PATRICK et Mc LEAN⁽³⁾. DRESSEL⁽³⁾ montre que le copépode *Acartia tonsa* exposé

(2) Température (TL) et dose létales (DL) pour 50 % des organismes expérimentés.

(3) In MATTICE et ZITTEL, 1976.

pendant 2 mn à 0,75 mg/l de chlore accuse une mortalité variant de 30 à 70 % en 96 h si la température croît de 20 à 25° C. Plus tard, GENTILE⁽³⁾, toujours sur des copépodes, cite des DL 50 96 h de 10, 1 et 2,5 mg/l pour *Acartia tonsa*, *Eurytemora affinis* et *Pseudodiaptomus coronatus* exposés respectivement au chlore pendant 42 s, 6 h et 45 mn. Enfin, GIBSON (1975) montre que le chlore est létal à la concentration de 0,18 mg/l pour *Pandalus danae* et que 0,08 mg/l pendant 1 mois suffit à réduire sa croissance.

Espèces	DL 50 (mg/l)	Exposition	Solution injectée	Milieu	Auteurs Années
<i>Elminius modestus</i> (nauplii)	< 0,5	10 mn	Hypo-chlorite de sodium	Eau de mer	WAUGH, 1964
<i>Palaemonetes pugio</i>	0,22	96 h		Eau saumâtre	ROBERTS et al., 1975
<i>Homarus americanus</i> (stades 1)	16,3 à 25° C 2,5 à 30° C	96 h »		Eau de mer	CAPUZZO et al., 1976
<i>Crangon nigricanda</i> <i>Anonyx</i> sp. <i>Neomysis</i> sp. <i>Pandalus danae</i> <i>Pontogeneia</i> sp. <i>Hemigrapsus nudus</i>	0,134 0,145 0,162 0,178 0,687 1,418	96 h » » » » »	Hypo-chlorite de sodium	Eau de mer 28 ‰	THATCHER, 1978
<i>Panopeus herbstii</i> (zoes 1) <i>Pagurus longicarpus</i> (zoes 1) <i>Callinectes sapidus</i>	0,024 à 0,12 0,062 à 0,102 1,02	96 h » » »	Ca(OCl) ₂	Eau de mer 20 ‰ 17,8 ‰	ROBERTS 1978 ROBERTS et al., 1979
<i>Acartia tonsa</i> <i>Homarus americanus</i> (stades 1)	0,82 0,41 à 2,90	30 mn 60 mn	NaOCl	Eau de mer	CAPUZZO, 1979
<i>Eurytemora affinis</i> <i>Acartia tonsa</i>	0,5 0,5	96 h »		Eau de mer	BRADLEY 1979
<i>Penaeus kerathurus</i>	0,79	96 h	NaOCl	Eau de mer 35 ‰	SAROGLIA et SCARANO, 1979
<i>Acartia tonsa</i>	> 0,085	24 h	Eau chlorée d'une centrale	Eau saumâtre 2 ‰	LIDEN et al., 1980

TABL. 1. — DL 50 en 96 heures pour divers crustacés adultes ou larvaires exposés à des injections de chlore en circuit ouvert, ou « flot continu ».

(3) In MATTICE et ZITTEL, 1976.

Il est remarquable, au vu de ces résultats, de constater l'écart énorme entre les valeurs extrêmes (16,3 mg/l pour le stade 1 de *Homarus americanus*, et 0,024 mg/l pour le stade 1 de *Panopeus herbstii*) trouvées pour les expériences en flot continu. De même, pour une même espèce, *Acartia tonsa*, les résultats varient d'un expérimentateur à l'autre ; les durées d'exposition ou le système d'injection du chlore n'étant pas le même dans tous les cas. Pour toutes ces raisons, il est capital de bien définir la méthodologie utilisée, c'est ce que nous allons faire dans le chapitre suivant.

2. Méthodologie.

Les conditions d'obtention des larves et d'élevage individuel en semi-statique (renouvellement de l'eau tous les deux jours) ont été décrites précédemment (LASSUS et MAGGI, 1977 et 1980 b). Rappelons seulement qu'afin d'obtenir la ponte des femelles dans des délais assez brefs, chaque adulte est isolé dans de petits volumes (2 à 4 l) d'eau de mer filtrée sur membrane Millipore 0,22 μm à la température d'expérience (16 et 20° C). La salinité de l'eau utilisée est comprise entre 31 et 33 ‰.

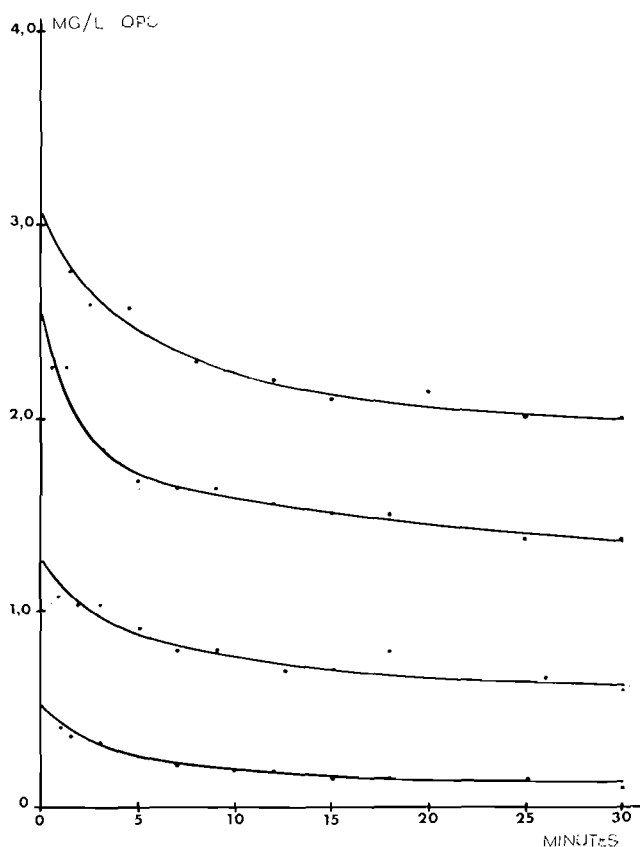


FIG. 1. — Mesure des oxydants produits par la chloration (OPC) en eau de mer filtrée, à 16° C, avec la méthode à la DPD.

Les larves au stade 1 sont nourries dès l'éclosion et les plus actives sont conservées 24 h plus tard pour l'expérience. Le circuit de transit de ces larves est identique à celui utilisé pour l'étude du choc thermique et décrit précédemment (MAGGI *et al.*, 1977 ; LASSUS et MAGGI, 1980 c). Un système « d'addition constante » d'une solution d'hypochlorite de sodium est inséré dans le circuit en début de transit, de façon à obtenir au point d'injection des concentrations variant de 1 à 4 mg/l de chlore (MAGGI *et al.*, 1980). Notons tout de suite que l'on ne peut, dès l'introduction du chlore en eau de mer, parler de chlore libre mais plutôt d'« oxydants produits par la chloration » ou OPC. Les réactions chimiques impliquées entraînent en effet principalement la formation de composés bromés par oxydation (ABARNOU, 1981).

Nous avons donc suivi l'évolution des OPC au cours du temps pour les quatre principales concentrations injectées (1, 2, 3 et 4 mg/l) par la méthode à la DPD (sulfate de N — N-diéthyl 1,4 phénylènediamine) (FIQUET, 1978) appliquée à l'eau de mer. Les résultats sont représentés sur la figure 1. Retenons que pour une injection constante dans le circuit (système par « addition constante ») les valeurs résiduelles décroissent d'autant plus vite que la concentration initiale est élevée, soit respectivement environ 0,20, 0,65, 1,42 et 2,0 mg/l d'oxydants produits par la chloration pour 1, 2 et 4 mg/l de chlore injectés. La diminution rapide des résiduels est certainement liée à l'agitation d'eau créée par le circuit.

Les conditions de l'étude ont été globalement les suivantes :

essais sur des stades 1 avec 1, 2, 3 et 4 mg/l de chlore injecté à 16 et 20° C pendant 5, 15 et 25 mn d'exposition à l'eau de mer chlorée. Au bout de ce délai les OPC résiduels étaient neutralisés par adjonction de thiosulfate de sodium,

essais sur des stades 1, 2, 3 et 4 avec 1, 2, 3 et 4 mg/l de chlore injecté à 16 et 20° C pendant 15 mn d'exposition. Dans ce dernier type d'expérience, les individus étaient regroupés dès leur mue dans le stade expérimenté et soumis à la chloration dans les mêmes conditions que précédemment.

3. Résultats expérimentaux.

Les pourcentages de survie ont été calculés à 16 et 20° C en fonction de la concentration en chlore injecté aux 3 durées d'exposition expérimentées et en fonction du stade larvaire choisi. Afin d'analyser plus facilement ces données nous avons regroupé les pourcentages de survie après deux mues aux différents stades en fonction de la concentration en chlore injecté et de la durée du palier. Ces données sont rassemblées dans les tableaux 2 et 3.

La notion d'influence de la durée d'exposition apparaît comme moins intéressante, à première vue, que le rôle du stade ou de la température initiale. En effet, en dépit de l'absence de données à 5 et 25 mn pour les stades 3 et 4, on peut constater dès les stades 1 et 2 une différence marquée entre le palier 5 mn (assimilable à un témoin) et les paliers 15 et 25 mn qui présentent globalement les mêmes réductions de survie lorsqu'on se rapproche de la DL 50 (fig. 2). Ceci confirmerait les résultats similaires trouvés pour l'influence du palier lors des expériences de choc thermique (LASSUS et MAGGI, 1980 c). Afin de vérifier cette observation, nous avons réalisé une comparaison statistique entre ces trois durées d'exposition selon le même protocole que celui utilisé dans les travaux sur le choc thermique.

Ainsi, à partir du calcul des paramètres de corrélation transformés Z comparés deux à deux, nous avons abouti à des rapports $\frac{dZ}{S_{dz}}$ qui sont respectivement de : 1,7116, 2,3573 et 1,0623 lorsque l'on compare 5 mn à 15 mn, 5 mn à 25 mn et 15 mn à 25 mn. Dans les deux premiers cas, les coefficients de sécurité sont de 91 et 98 %, soit une différence significative au seuil de 90 % alors que dans le dernier cas il est de 71 % (non significatif) ce qui confirme l'observation préalable. Pour cette raison, nous avons regroupé les données obtenues avec 15 mn d'exposition au chlore à 16 et 20° C dans la figure 3. Ce diagramme permet de noter une relative similitude des effets des OPC sur la survie à 16 et 20° C et une concentration létale 50 % comprise entre 2 et 4 mg/l de chlore injecté avec une apparente sensibilité plus accrue du stade 4.

La détermination précise de la DL 50 apparaît sur la figure 4, si on relie les médianes de chaque ensemble de couples : pourcentages de survie/mg/l de chlore injecté, et ceci pour toutes les valeurs confondues (stades, températures initiales) aux trois paliers expérimentés. Cette valeur se situe entre 3 et 3,5 mg/l pour 15 et 25 mn, alors que le palier 5 mn n'a aucun effet. Afin d'élucider d'autre part l'action réelle du stade dans les pourcentages de survie, nous avons procédé à un test statistique, après avoir construit les droites de régression correspondantes (fig. 5). Avec un coefficient de sécurité de 99,9 %, les équations de ces droites sont respectivement :

- pour le stade 1 : $Y_1 = - 14,6656 x + 93,3797$
- pour le stade 2 : $Y_2 = - 19,3271 x + 103,3360$
- pour le stade 3 : $Y_3 = - 14,0167 x + 96,6539$
- pour le stade 4 : $Y_4 = - 24,7588 x + 106,9353$

mg/l chlore injecté	Stade 1			Stade 2			Stade 3			Stade 4		
	0		100 96 70	80 90 86		95 96 80			63 90			96
1		83						63				
2	100 100	100 75 80 83	95 90	90	90 100	45		64 96			93	
3	95 89	90 63 30	55 76	95	40 100	25		40 63			46	
3,5	95	70	15	90	15	10						
4	85 71	5 3	0 0	85	15 10	10		0 3			10	
Paliers (mn)	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25

TABLE 2. — Pourcentages de survie à 16° C, après deux mues, suivant le stade larvaire étudié

mg/l chlore injecté	Stade 1			Stade 2			Stade 3			Stade 4		
	0		96 93 93			100 100 100 96			95 96 90			100
1	95	96 96	96		93			100			93	
2	100	96 76	90	95 90	95 70	85 75	95	95 86	90		48	
2,5							90	95	100			
3	93	76	86	95 100	60 3	20 50	90	100 10	85		6	
3,5				95	25	15	100	100	55			
4	93	6 0	0	85 90	40 0	0 20	90	60 4	0		0	
Paliers (mn)	5	15	25	5	15	25	5	15	25	5	15	25

TABLE 3. — Pourcentages de survie à 20° C, après deux mues, suivant le stade larvaire étudié.

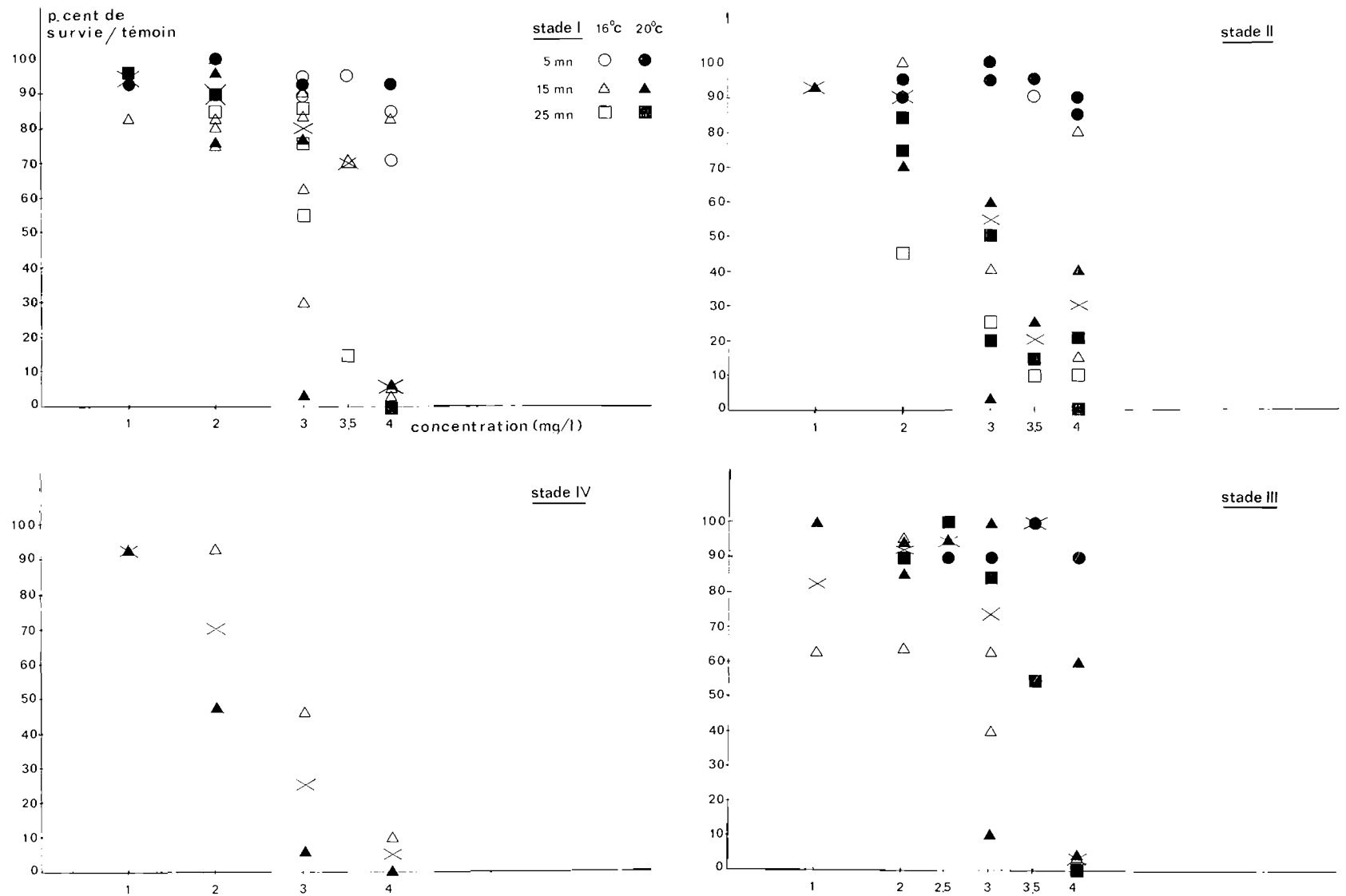


FIG. 2. — Pourcentages de survie après 2 mues des larves aux stades 1, 2, 3 et 4 de *Palaemon serratus* en fonction de la concentration initiale de chlore injecté (× : médiane des valeurs mesurées).

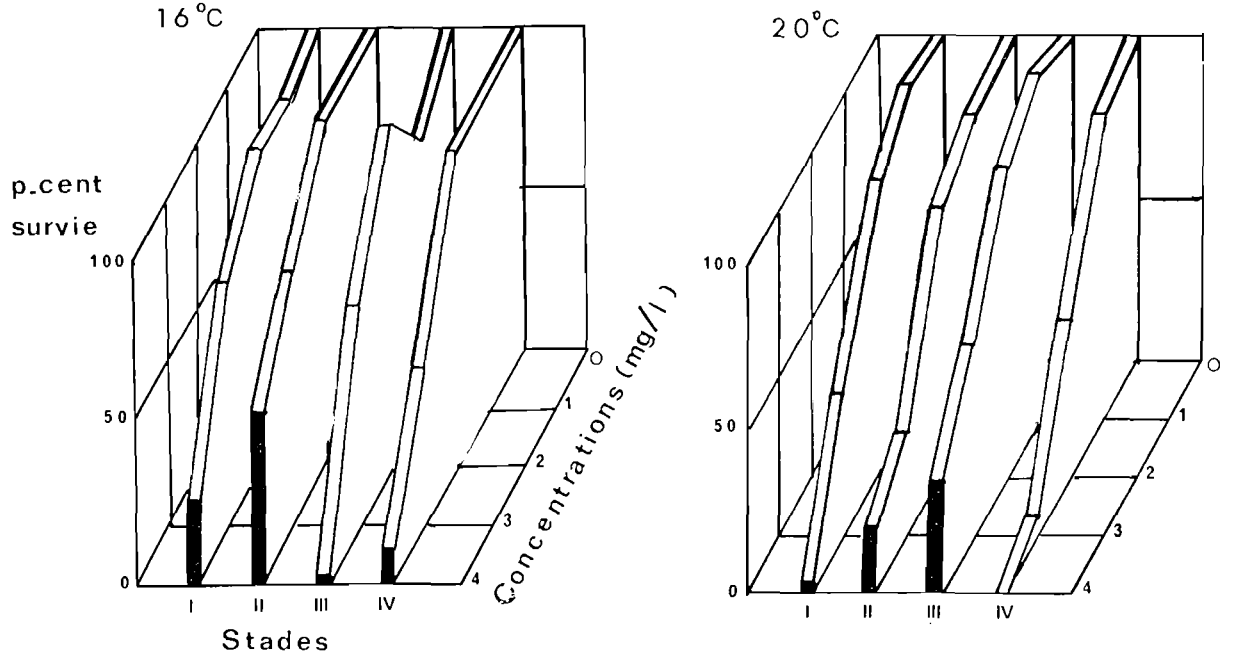


FIG. 3. — Diagrammes des pourcentages de survie après 2 mues des larves de *Palaemon serratus* à 16 et 20° C en fonction du stade et de la concentration initiale de chlore injecté pour une exposition de 15 mn.

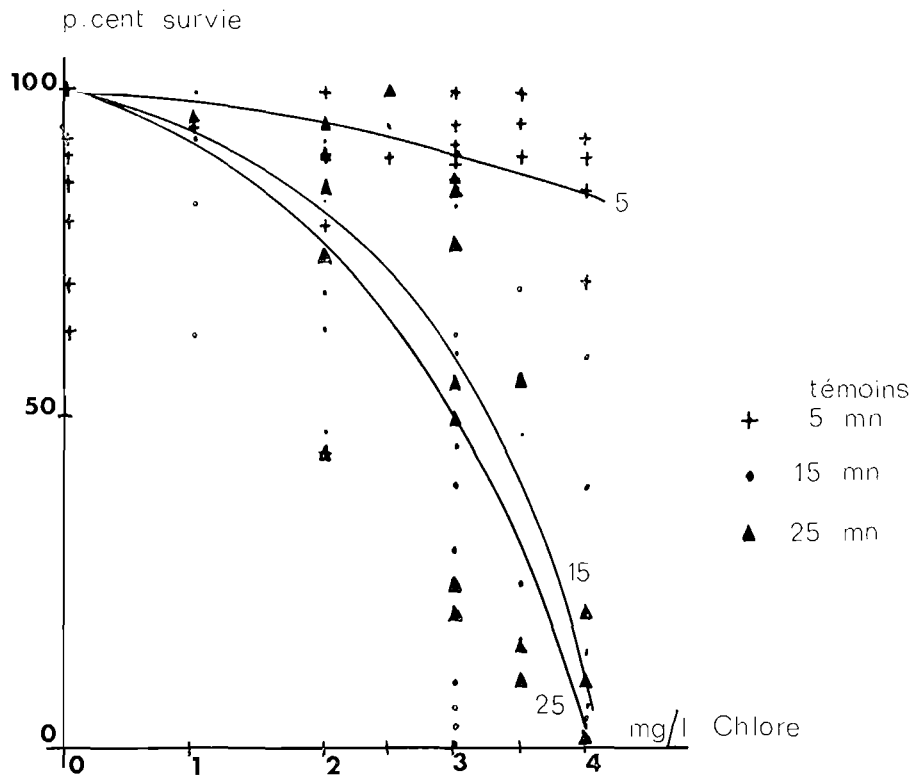


FIG. 4. — Pourcentages de survie moyens (médianes) en fonction de la concentration en chlore injecté et pour 16 et 20° C aux 3 paliers expérimentés.

De la même façon que dans nos travaux précédents (LASSUS et MAGGI, 1980 c), nous avons calculé les paramètres de corrélation transformés Z (échantillons avec $n < 30$), qui sont exprimés à partir de la formule $Z = 1/2 \text{ Log } \frac{1+r}{1-r}$ où r est le coefficient de corrélation. Ces paramètres transformés ont ensuite été comparés deux à deux de façon à établir l'existence d'une différence significative entre les couples : concentration en chlore initial/survie pour les stades 1, 2, 3 et 4.

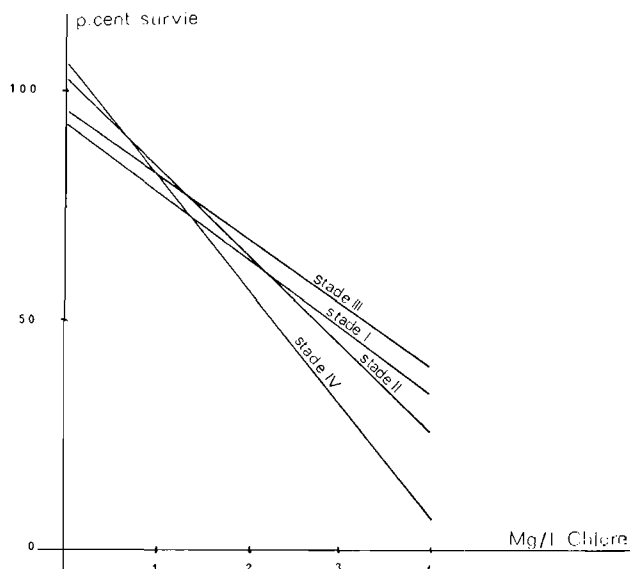


Fig. 5. — Droites de régression pour les relations chlore injecté/pourcentages de survie évalués à chacun des 4 stades de développement et pour 15 mn d'exposition.

Nous calculons ainsi des $dZ = Z_1 - Z_2, Z_2 - Z_3$ et $Z_3 - Z_4$ de même que

$$S_{dz} = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}} \quad (\text{si on prend comme exemple } Z_1 - Z_2).$$

Le rapport $\frac{dZ}{S_{dz}}$ est respectivement de 1,3606, 1,3833 et 1,7422 pour les comparaisons proposées, soit des valeurs non significatives pour les deux premières comparaisons. Le rapport devient significatif pour les stades 3/4 (92 %) mais le petit nombre de valeurs disponibles au stade 4 ne permet pas de l'affirmer. C'est pourquoi nous avons eu recours à une autre série d'analyses statistiques. Ainsi, la comparaison des pentes des droites de régression a également été réalisée en prenant les mêmes rapports d'un stade à l'autre que précédemment.

On calcule dans ce cas (pour les stades 1 et 2 par exemple) :

$$S_{da} = \sqrt{\frac{Dy_1 + Dy_2 - \frac{Dxy_1^2}{Dx_1} + \frac{Dxy_2^2}{Dx_2}}{n_1 - n_2 - 4} \cdot \left(\frac{1}{Dx_1} + \frac{1}{Dx_2} \right)}$$

Sachant que pour chaque droite de régression dont les équations ont été données, les Dy et Dx sont la somme des carrés des écarts, ou $\Sigma (y - \bar{y})^2$ et $\Sigma (x - \bar{x})^2$. Nous obtenons des rapports $\frac{da}{S_{da}}$ respectivement de 0,6819, 0,6945 et 1,0130 pour les comparaisons des stades 1 et 2, 2 et 3, et 3 et 4, soit des différences non significatives au seuil de 90 %, ce qui corrobore les résultats du test précédent.

4. Discussion.

De l'ensemble de ces résultats, nous pouvons retenir les points suivants :

d'après les données bibliographiques, l'injection de chlore en « flot continu » permet d'obtenir chez les crustacés marins des seuils toxiques plus bas qu'en « injection ponctuelle », malgré les variations constatées pour une même espèce selon le protocole expérimental ; pour notre part, nous avons injecté le chlore en « addition constante » de façon à conserver un modèle expérimental déjà utilisé pour l'étude des effets du choc thermique sur *P. serratus* ;

les différences entre 16 et 20° C sont négligeables tandis que les paliers 15 et 25 mn sont assimilables et qu'une chloration de 5 mn n'a que peu d'effet aux concentrations létales ;

la DL 50 est comprise entre 3 et 3,5 mg/l de chlore injecté, selon la durée de chloration, soit entre 1,5 et 2 mg/l d'OPC au bout de 25 mn ;

la survie est peu différente entre les quatre stades lorsqu'on considère la relation concentration initiale de chlore/mortalité, tout au moins, on ne trouve pas de différence significative au niveau des pentes des droites de régression.

Retenons l'importance du nombre d'expérimentations répétées dans les essais de toxicité utilisant le chlore, dont le comportement en mer est très particulier ; en effet, la dispersion des valeurs à l'approche de la DL 50 reflète la difficulté de travailler avec une eau de mer de qualité constante, même si elle est filtrée extemporanément. La sensibilité de la crevette rose, aux oxydants produits par la chloration, reste très nettement inférieure à celle des organismes phytoplanctoniques, dans des conditions expérimentales identiques. D'une façon générale, la sensibilité à ce biocide des larves de crevette rose est intermédiaire entre celle des organismes holoplanctoniques et des crustacés benthiques. Toutefois, la mue étant une période de sensibilité accrue, il est vraisemblable que des essais conduits en flot continu, pendant plusieurs stades larvaires, montreraient un abaissement des seuils toxiques

Manuscrit déposé en janvier 1982.

BIBLIOGRAPHIE

- ABARNOU (A.), 1981. — Trihalomethanes formés par chloration de l'eau de mer. — E.D.F., 2^e Journées de la Thermo-Écologie, Nantes 14-15 novembre 1979 : 247-267.
- BENON-VON UNRUH (P.) et GALDY (R.), 1981. — Toxicité du chlore et température : étude sur deux espèces de copépodes pélagiques. — E.D.F., 2^e Journées de la Thermo-Écologie, Nantes 14-15 novembre 1979 : 457-476.
- BRADLEY (B.P.), 1979. — Comparison of residual biotoxicity of chlorine and bromine chloride to copepods. — Maryland University, Water Resources Research Center, Technical report 47.
- BURTON (D.T.), 1977. — General conditions and procedures for chlorine toxicity tests with estuarine and marine macroinvertebrates and fish. — *Ches. Sci.*, **18** (1) : 130-136.
- CAPUZZO (J.M.), 1977. — The effects of free chlorine and chloramine on growth and respiration rates of larval lobsters (*Homarus americanus*). — *Water Res.*, **11** : 1021-1024.
- 1979. — The effect of temperature on the toxicity of chlorinated cooling waters animals. A preliminary review. — *Mar. Poll. Bull.*, **10** (2) : 45-47.
- CAPUZZO (J.C.), LAWRENCE (S.A.) et DAVIDSON (J.A.), 1976. — Combined toxicity of free chlorine, chloramine and temperature to stage 1 larval of the American lobster *Homarus americanus*. — *Water Res.*, **10** : 1093-1099.
- FIQUET (J.M.), 1978. — Contribution à l'étude du dosage du chlore dans l'eau de mer. — *Tech. Sci. munic., l'Eau* : 239-245.
- GIBSON (C.I.), 1975. — Some effects of temperature, chlorine, and copper on the survival and growth of the coon stripe shrimp, *Pandalus danae*. — *Nuclear Science abstracts*, **32** (1) : 75.
- GINN (T.C.) et O'CONNOR (J.M.), 1978. — Response of the Estuarine amphipod *Gammarus daiberi* to chlorinated power plant effluent. — *Est. Coast. mar. Sci.*, **6** : 459-469.

Nous remercions M. Raymond KAAS pour ses conseils en statistiques.

- LASSUS (P.) et MAGGI (P.), 1977. — Etude des effets d'effluents de fabrication de dioxyde de titane sur le développement larvaire d'un crustacé décapode : *Palaemon serratus* (Pennant). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **41** (4) : 325-374.
- LASSUS (P.) et MAGGI (P.), 1980 a. — Influence de chocs thermiques et d'un traitement au chlore sur la croissance d'organismes phytoplanctoniques marins. 2 - Le Flagellé *Dunaliella tertiolecta* (Butcher). — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 302 : 1-9.
- 1980 b. — Utilisation des larves de la crevette rose (*Palaemon serratus* Pennant) pour le contrôle de l'impact biologique des nuisances sur le milieu marin. — *J. fr. Hydrol.*, **3** (33) : 203-224.
- 1980 c. — Etude de la sensibilité thermique des larves du crustacé décapode : *Palaemon serratus* (Pennant). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **44** (3) : 257-268.
- LIDEN (L.H.), BURTON (D.T.), BONGERS (L.H.) et HOLLAND (A.F.), 1980. — Effects of chlorobrominated and chlorinated cooling waters on estuarine organisms. — *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, **52** (1) : 173-182.
- MAGGI (P.), LASSUS (P.) et ABARNOU (A.), 1977. — Influence de chocs thermiques sur la croissance d'une diatomée : *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin. — E.D.F., 1^{re} Journées de la Thermo-Écologie, Brest 15-16 novembre 1976 : 65-88.
- 1980. — Influence de chocs thermiques et d'un traitement au chlore sur la croissance d'organismes phytoplanctoniques marins. 1 - La diatomée *Gyrosigma spencerii* (Clève). — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 301 : 1-15.
- 1981. — Influence de chocs thermiques et d'un traitement au chlore sur la croissance d'une diatomée (*Gyrosigma spencerii*, Clève) et d'un flagellé (*Dunaliella tertiolecta* Butcher). — E.D.F., 2^e Journées de la Thermo-Écologie, Nantes 14-15 novembre 1979 : 269-289.
- MCLEAN (R.I.), 1973. — Chlorine and temperature stress on estuarine invertebrates. — *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, **45** (5) : 837-841.
- MATTICE (J.S.) et ZITTEL (H.E.), 1976. — Site specific evaluation of power plant chlorination. — *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, **48** : 2284-2308.
- ROBERTS (M.H.), 1978. — Effects of chlorinated sea water on decapod crustaceans. — in : *Water Chlorination. Environmental Impact and Health Effects*, vol. 2/ JOLLEY et al. édit. — Ann Arbor : Ann Arbor Science Publishers, Inc., p. 329-339.
- ROBERTS (M.H.), DIAZ (R.J.), BENDER (M.E.) et HUGGET (R.J.), 1975. — Acute toxicity of chlorine to selected estuarine species. — *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **32** : 2525-2528.
- ROBERTS (M.H.), LAIRD (C.E.) et ILLOWSKY (J.E.), 1979. — Effects of chlorinated sea water on decapod crustaceans and *Mulina* larvae. — Gulf Breeze : Environmental Research Laboratory. — EPA-600/3-79-031, 110 p.
- SAROGLIA (M.G.) et SCARANO (G.), 1979. — Influence of molting on the sensitivity to toxics of the crustacean *Penaeus kerathurus* (Forskäl). — *Ecotoxicol. Environ. Safety*, **3** : 310-320.
- THATCHER (T.O.), 1978. — The relative sensitivity of twenty Pacific north west fishes and invertebrates to chlorinated sea water. — in : *Water chlorination. Environmental Impact and Health Effects*, vol. 2/ JOLLEY et al. édit. — Ann Arbor : Ann Arbor Science Publishers, Inc., p. 341-350.
- WAUGH (G.D.), 1964. — Observations on the effects of chlorine on the larvae of oysters (*Ostrea edulis* L.) and barnacles (*Elminius modestus* Darwin). — *Ann. Appl. Biol.*, **54** : 423-440.