

PREMIERE APPROCHE DE LA DYNAMIQUE D'UNE POPULATION
DE *TEMORA LONGICORNIS* O.F. MÜLLER (COPEPODA, CALANOIDA) DANS
LES BASSINS A FLOT DU PORT DE DUNKERQUE (FRANCE)*

par

J. M. BRYLINSKI **

Institut de Biologie Maritime et Régionale - B. P. 41 - 62930 Wimereux

R E S U M E

Les bassins à flot du port de Dunkerque sont soumis à un échauffement de 3 à 4° C par rapport aux eaux côtières de la Mer du Nord. Cet échauffement est dû aux rejets thermiques industriels et notamment de la centrale électrique E.D.F. Une stratification thermique et haline est couramment observée et favorise l'hétérogénéité des populations de *Temora longicornis*.

Les copépodes prélevés en Mer du Nord sont significativement plus grands que ceux du port de Dunkerque. La différence de taille est variable au cours de l'année. L'action des températures élevées sur la reproduction est discutée ainsi que l'existence d'une population autochtone dans le bassin pendant l'été.

A B S T R A C T

The wet docks of Dunkirk are 3 to 4 degrees Celsius warmer than the seaboard waters of the North Sea. Such warmth is due to thermic industrial waste mainly from the E.D.F. power-station. A thermic and saline stratification can be observed that favours heterogeneousness among the populations of *Temora longicornis*.

The samples of copepods taken from the North Sea are significantly bigger than those found in the port of Dunkirk. Differences in size vary in the course of the year. The action of high temperatures upon reproduction is being debated ; so is the existence of an autochthonous population in the docks in summer.

M O T S - C L E S : *Temora longicornis*, Milieu portuaire, Température, Biométrie, Dynamique.

K E Y W O R D S : *Temora longicornis*, Harbour, Temperature, Biometry, Dynamic.

* Etude subventionnée par un contrat passé entre l'Université de Lille I (Inst. Biol. Mar. et Rég. de Wimereux) et Electricité de France (Etudes et Recherches) n° 16286 E.31.D.99.

** Avec la collaboration technique de R. GOBERT.

INTRODUCTION

Au cours de l'étude du zooplancton du port de Dunkerque, nous avons noté l'importance quantitative et surtout qualitative du copépode *Temora longicornis* O.F. Müller et avons entrepris d'étudier cette espèce plus précisément. En effet, si l'abondance de ce copépode peut paraître relativement faible par rapport à ce qu'il est possible de trouver dans les régions voisines de la Mer du Nord (LEFEVRE, 1976), en revanche son importance qualitative est considérable puisqu'il domine la population copépodique de février à juin et qu'il peut représenter plus de 90 % des copépodes en avril et mai. Le caractère principal des eaux du port de Dunkerque est l'élévation de la température par rapport aux eaux côtières de la Mer du Nord. Il était donc intéressant d'étudier l'influence de cet échauffement sur le développement de *Temora longicornis* et de comparer deux populations géographiquement très proches, mais vivant dans deux milieux très différents. De nombreuses études ont montré l'influence de la température sur le métabolisme des poïkilothermes et en particulier des copépodes. On sait qu'une élévation de température provoque une accélération de croissance et de maturation mais entraîne une réduction de la taille maximale chez les adultes. (BATTAGLIA, 1959 - DEEVEY, 1960 - McLAREN, 1963 - CORKETT et McLAREN, 1970 - RICHARD, 1971). C'est pourquoi, outre les comptages qui ne sont pas reportés ici, une étude biométrique a été entreprise. Cette note présente, à partir de données biométriques, les premières remarques sur la biologie et la dynamique de *Temora longicornis* dans le port de Dunkerque.

1. MATERIEL ET TECHNIQUES

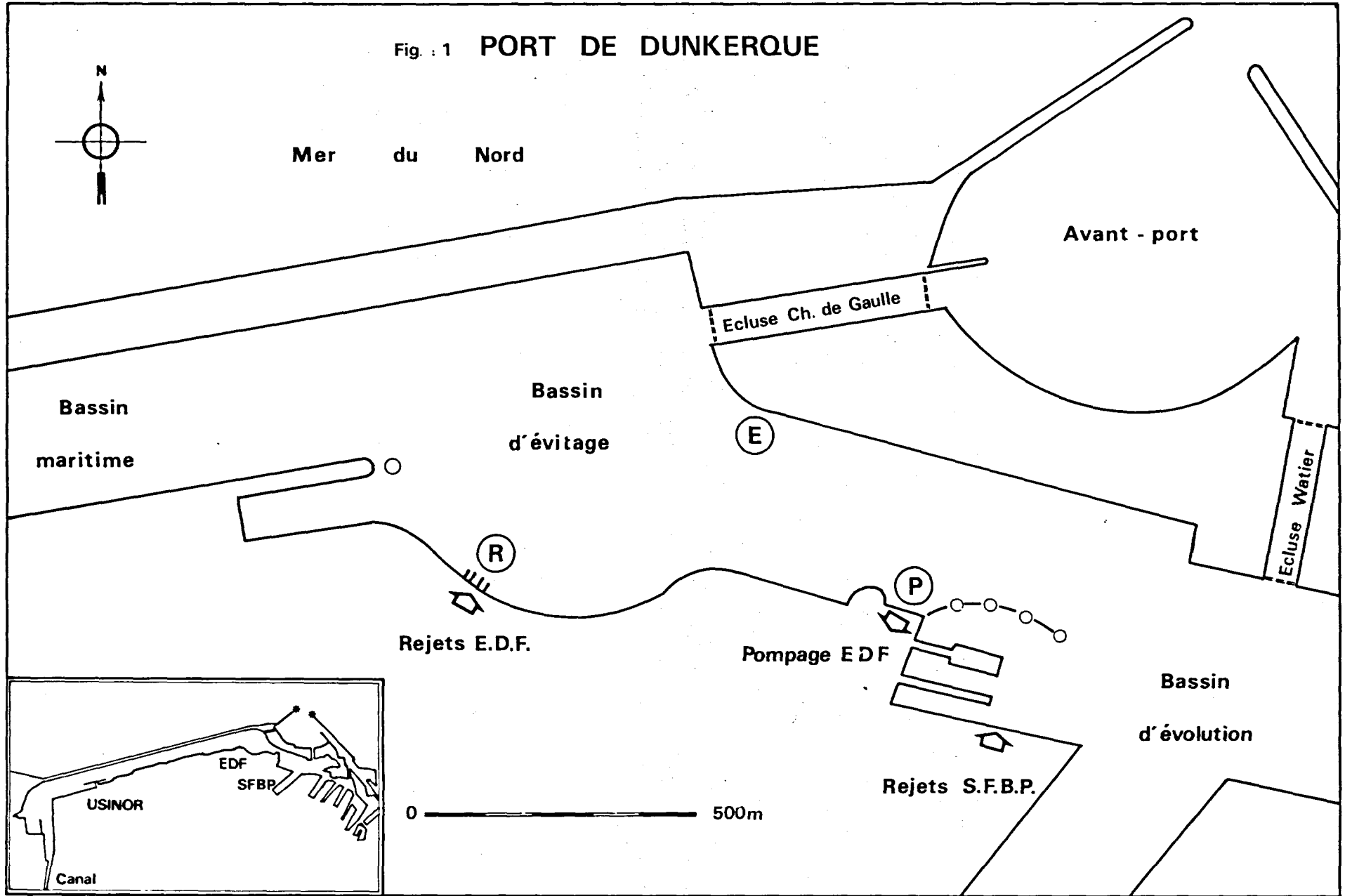
1.1. Les bassins à flot

L'ensemble des bassins à flot du port de Dunkerque couvre environ 380 ha. et s'étend sur plus de 10 km d'Est en Ouest (fig. 1). Dans sa partie Est, le port est en contact avec la Mer du Nord par trois écluses qui le relient à l'avant-port. A l'extrémité Ouest, une écluse contrôle le débit d'un canal à grand gabarit, le canal de Bourbourg. Le niveau des eaux est maintenu élevé par l'ouverture des vannes immergées des écluses pendant les étales de haute mer. En 1977, le niveau a varié de 4,10 m à 6,50 m par rapport au zéro des cartes* . Le niveau moyen de la Mer du Nord à Dunkerque est à 3,15 m. Depuis l'été 1977, un circuit de pompage à grand débit a été installé au Nord de l'écluse Ch. de Gaulle pour assurer un niveau moyen plus régulièrement élevé.

La zone étudiée est constituée par le bassin d'évitage et par l'entrée du bassin d'évolution (fig. 1). La centrale thermique d'E.D.F. (centrale mixte fuel-gaz d'une puissance de 500 MW répartis en quatre tranches de 125 MW) pompe son eau de refroidissement à l'entrée du bassin d'évolution et à une profondeur comprise entre - 10 m et - 14 m, suivant le niveau de l'eau du bassin. Le débit est relativement important puisqu'il peut atteindre 21,2 m³/s (valeur maximale citée par KHALANSKI, 1977). Le rejet s'effectue en surface dans le bassin d'évitage après un échauffement moyen compris entre 7 et 8° C. La Société Française de la British Petroleum (S.F.B.P.) prélève également 1,2 à 1,8 m³/s à - 6 m et rejette en surface à proximité de la station de pompage E.D.F. une eau échauffée de 10° C (KHALANSKI, 1977).

* Les relevés de niveau nous ont aimablement été communiqués par le Service Etudes Techniques du Port Autonome de Dunkerque.

Fig. : 1 PORT DE DUNKERQUE



Trois stations principales sont prospectées : - la station E, près de l'écluse Ch. de Gaulle, - la station P, au niveau de la prise d'eau E.D.F., - la station R, dans les rejets de la centrale électrique.

1.2. Les copépodes

Les prélèvements sont effectués soit au filet WP2 (200 μ) par traits obliques sur toute la hauteur de la colonne d'eau, soit par traits horizontaux, aux stations E, P et R. D'autres prélèvements ponctuels ont été effectués avec une pompe électrique immergée et filtrés sur soie (200 μ). On identifie les prélèvements correspondant à un niveau de profondeur bien déterminée, par la lettre symbole de la station suivie d'un index chiffré ; ainsi, un prélèvement à la station E et à 10 m de profondeur est indiqué E₁₀. Des prélèvements témoins (par traits verticaux au WP2 200 μ) ont été réalisés de janvier à juillet 1977 dans les eaux côtières ouvertes de la Mer du Nord, près de Dunkerque. Les copépodes sont triés au laboratoire. Seuls les adultes ont été pris en compte car le maillage de 200 μ utilisé dans cette étude ne permet pas la récolte des *nau- plii* et des premiers stades copépodites. La longueur des céphalothorax est mesurée à la loupe binoculaire munie d'un oculaire micrométrique. Les individus des deux sexes sont analysés séparément, les mâles étant plus petits que les femelles. Les mesures portent, lorsque cela est possible, sur au moins 100 individus de chaque sexe par prélèvement. Les différents calculs statistiques (moyenne, écart-type) sont effectués à l'aide d'une calculatrice H.P. 65.

1.3. Température et salinité

Aux différents stations et niveaux prospectés à la pompe électrique, la température est relevée à l'aide d'un thermomètre à mercure (précision 0,05° C). Des échantillons d'eaux sont analysés par titration au nitrate d'argent pour en déterminer la salinité. Les dosages sont effectués à la burette automatique METROHM.

2. RESULTATS

2.1. La température

Les rejets de la centrale E.D.F., et dans une moindre mesure le rejet S.F.B.P., entraînent dans le bassin une élévation de température moyenne de 3 à 4° C pendant toute l'année par rapport aux eaux côtières de la Mer du Nord. La figure 2 montre les variations de la température en Mer du Nord (R.N.O.* point n° 2) et à la station E (moyennes des niveaux - 0,5 m, - 5 m et - 10 m). A cette dernière station, le minimum et le maximum annuels relevés en 1977 sont respectivement de 8° C et 22° C pour 1977.

Alors que les eaux côtières de la Mer du Nord présentent un gradient thermique vertical très faible, souvent inférieur à 0,5° C et jamais supérieur à 1° C entre la surface et - 10 m (BOUGARD, 1976), les eaux du bassin présentent une stratification thermique souvent très prononcée. Le ΔT° entre la surface et le niveau - 14 m peut atteindre 6° C au centre du bassin d'évitage. Une hétérogénéité horizontale est d'autre part établie à partir des rejets E.D.F. (maximum estival : 28° C).

* Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin. Ministère de la qualité de la vie-environnement / Centre National pour l'Exploitation des Océans.

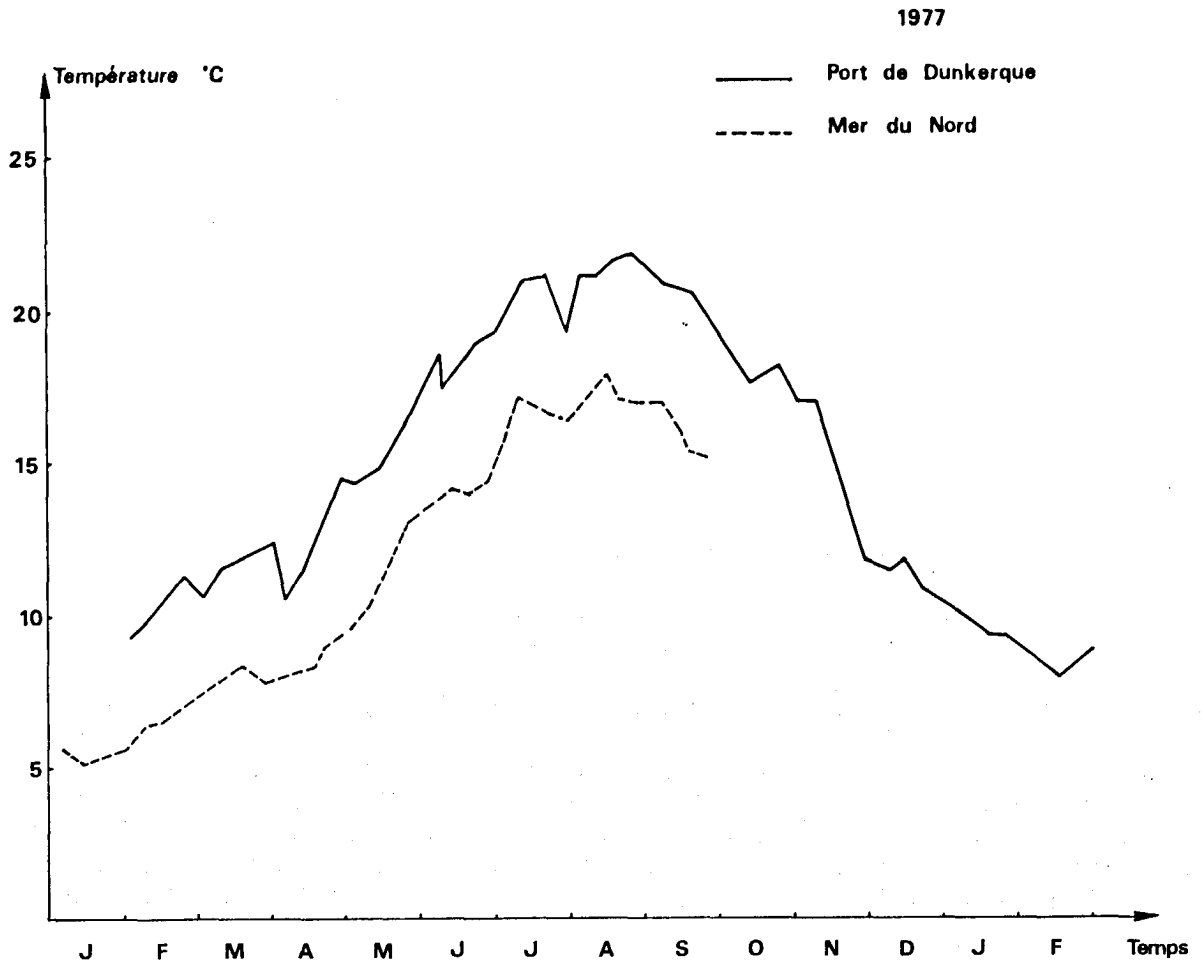


Figure 2 : Variations annuelles de la température dans les eaux côtières de la Mer du Nord (R.N.O. station n° 2) et dans le port de Dunkerque (station E, moyenne des niveaux - 0,5, - 5 et - 10 m.)

2.2. La salinité

Comme l'ensemble du port de Dunkerque, les eaux du bassin d'évitage subissent une dessalure générale par rapport à la Mer du Nord (2 à 3 ‰) due aux apports du canal de Bourbourg. La salinité est soumise à des fluctuations importantes en raison des entrées d'eau de la Mer du Nord plus salées et plus froides qui s'écoulent en profondeur au cours de l'ouverture des vannes. Par temps calme, un gradient vertical de salinité est donc couramment établi, pouvant atteindre 1 ‰ entre la surface et le niveau - 12 m. Ce gradient est localement perturbé par les rejets de la centrale thermique, ou accentué par divers rejets d'eaux douces industrielles (S.F.B.P., USINOR...) et par les pluies qui accentuent le débit du canal à grand gabarit.

Les gradients verticaux de température et de salinité s'étendent, de part et d'autre du bassin d'évitage, à l'ensemble du port. Leur établissement est favorisé par le calme relatif de cette zone fermée qui peut être assimilée à un bassin de décantation. Ils peuvent par contre être fortement perturbés par l'action des vents lorsque ceux-ci soufflent violemment dans l'axe des bassins (vents dominants) et en partie par le passage des remorqueurs et gros navires.

2.3. Les courants

Une bonne partie des bassins est caractérisée par l'absence de courants forts qui seraient capables, comme les courants de marées en Mer du Nord, d'homogénéiser le milieu. Il existe des courants dus aux vents et, selon la force de ceux-ci, plus ou moins localisés en surface. D'autre part, les courants profonds dus aux entrées d'eau par les écluses sont très localisés dans le temps. En dehors d'un mélange vertical partiel pouvant être provoqué par la navigation, le seul brassage important et permanent est réalisé par l'aspiration en profondeur (P_{13}) et le rejet en surface (R) des eaux de refroidissement de la centrale thermique de E.D.F. Des mesures dans l'axe des rejets (VIVARELLI et BELIAKOFF, 1976) montrent que le courant principal est très localisé en surface et qu'il diminue rapidement en dessous de 1 m de profondeur.

2.4. Hétérogénéité des prélèvements

Chez les copépodes de la Mer du Nord, la répartition des fréquences de tailles dans un prélèvement s'établit en général selon une courbe gaussienne avec un mode unique et bien centré. La population de *Temora longicornis* est homogène dans chaque prélèvement (fig. 3a, 4).

Dans le port de Dunkerque, par contre, la répartition est souvent beaucoup plus hétérogène. La figure 3 donne quelques exemples de disparités des tailles. Même si l'on effectue des regroupements de classes de mesures, on peut parfois observer deux et même peut-être trois modes. Ceci indique le mélange probable de plusieurs populations d'origines différentes, ou de deux générations successives qui se chevauchent. La réalité de cette répartition plurimodale est confirmée par le fait qu'elle se retrouve en général chez les deux sexes.

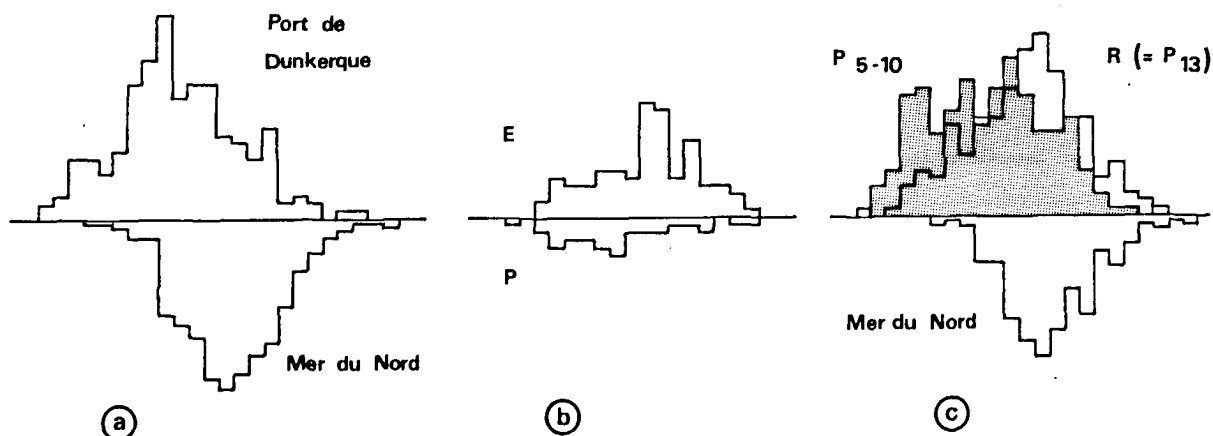


Figure 3 : Exemples d'hétérogénéité des tailles de *Temora longicornis* dans le port de Dunkerque. (a) hétérogénéité dans le port et homogénéité en Mer du Nord. (b) tailles différentes dans le bassin d'évitage et à la prise. (c) tailles différentes à deux niveaux d'une même station, comparaison avec les tailles en Mer du Nord.

Le mélange de populations différentes dans le bassin se traduit parfois par des différences significatives entre deux prélèvements de même date. Ainsi les copépodes prélevés le 26 août à la station P sont significativement plus petits que ceux prélevés dans le bassin d'évitage (fig. 3b). De même, il est possible d'observer des cas où la taille des copépodes varie en fonction de

la profondeur : le 05 mai, les copépodes prélevés aux rejets, et qui correspondent à une population profonde de la prise (P_{13}) aspirés par la centrale électrique, sont significativement plus grands que des copépodes prélevés à la prise entre 5 et 10 m de profondeur (fig. 3c). La taille moyenne des copépodes prélevés en R est d'ailleurs très voisine de la taille moyenne des copépodes de la Mer du Nord (différence non significative pour les mâles).

2.5. Comparaison entre copépodes du port de Dunkerque et copépodes de la Mer du Nord

Les tailles des copépodes de la Mer du Nord et du bassin ont été comparées dans des prélèvements de même date, ou de dates très voisines, de janvier à juillet 1977. La comparaison des histogrammes de répartition des tailles dans les deux localités (fig. 4) montre une taille plus faible pour les individus du bassin. La comparaison des moyennes (fig. 5a) montre que la différence de taille ΔL entre les deux groupes est significative pour les 16 couples de valeurs disponibles (au risque $\alpha < 0,01$ pour 13 couples, $\alpha < 0,05$ pour 2 couples et $\alpha = 0,26$ pour 1 couple). Lorsque le prélèvement effectué dans le port présente deux populations apparentes (mai, juin), on peut admettre l'hypothèse que le groupe de grande taille, même s'il est de taille inférieure aux copépodes de la Mer du Nord, peut provenir de copépodes importés. Nous avons donc comparé (fig. 5b) les longueurs des copépodes de la Mer du Nord avec celles du groupe de petite taille, considéré comme propre au bassin. Les différences de longueur (ΔL) s'en trouvent accentuées pour les dates concernées et sont encore plus significatives (au risque $\alpha = 0,03$ pour 1 couple de valeur et $\alpha < 0,001$ pour les autres). Le prélèvement du bassin du 14 avril 1977 a été éliminé. Il est en effet encadré dans le temps par deux prélèvements dont la taille moyenne est beaucoup plus faible. Il a donc été considéré comme étant en grande partie constitué de copépodes d'origine extérieure.

Bien que la différence de température (ΔT°) soit en moyenne sensiblement constante entre le port de Dunkerque et la Mer du Nord (fig. 2), on peut observer (fig. 5, a et b) que ΔL varie au cours du temps. Relativement faible en janvier ($\Delta L < 0,10$ mm) il devient maximum en avril-mai ($\Delta L > 0,20$ mm) pour décroître régulièrement jusqu'en juillet ($\Delta L < 0,05$ mm).

2.6. Comparaison avec la Manche

Pour tenter d'apprécier l'influence de la température, nous avons repris les données publiées par DIGBY (1950) et les avons comparées à celles recueillies à Dunkerque. Le cycle thermique à Plymouth est en retard d'environ un à deux mois sur celui de Dunkerque (fig. 6a). Le minimum hivernal y est plus faible ($5,5^\circ$ C et 8° C) de même que le maximum estival ($16,5^\circ$ C et $21,5^\circ$ C). En raison du décalage annuel, le ΔT° varie, et de novembre à janvier, les températures sont voisines pour les deux sites et même légèrement plus élevées à Plymouth. Les tailles moyennes des copépodes aux deux stations sont comparées et les variations annuelles du ΔL étudiées. On observe sur la figure 6b, comme sur la figure 5, que le ΔL est maximum en avril-mai. Il diminue ensuite rapidement pour atteindre des valeurs proches de zéro en septembre. Quelques valeurs sont même négatives dès septembre et en hiver.

3. DISCUSSION

L'hétérogénéité de répartition des tailles peut avoir de nombreuses origines. Rappelons que le niveau d'eau dans les bassins est maintenu élevé

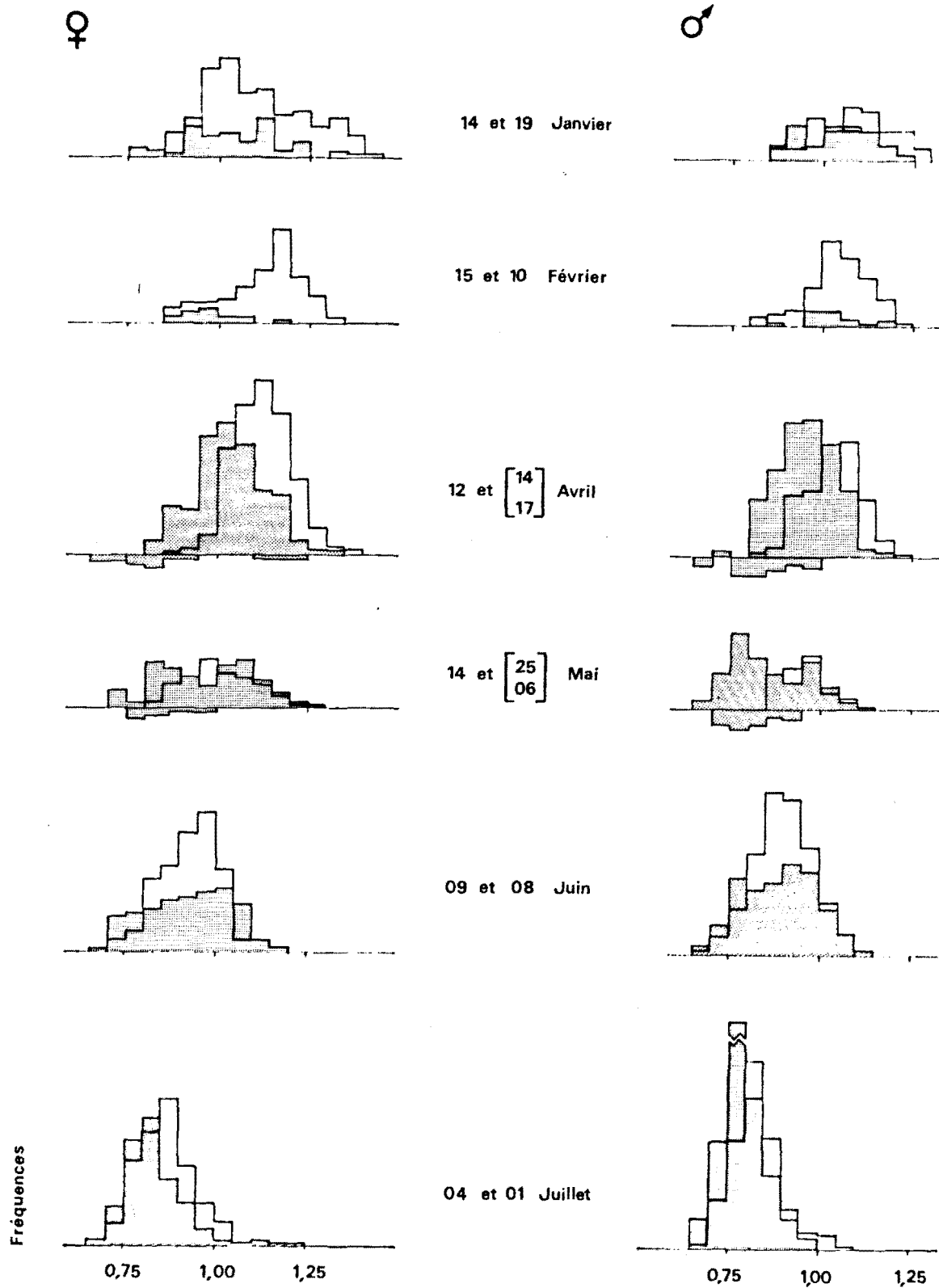


Figure 4 : Histogrammes des fréquences de taille (en mm) chez *Temora longicornis* de janvier à juillet 1977. Trait plein et première date : en Mer du Nord ; grisé et deuxième date : dans le port de Dunkerque. Les classes de mesures ont été regroupées par deux.

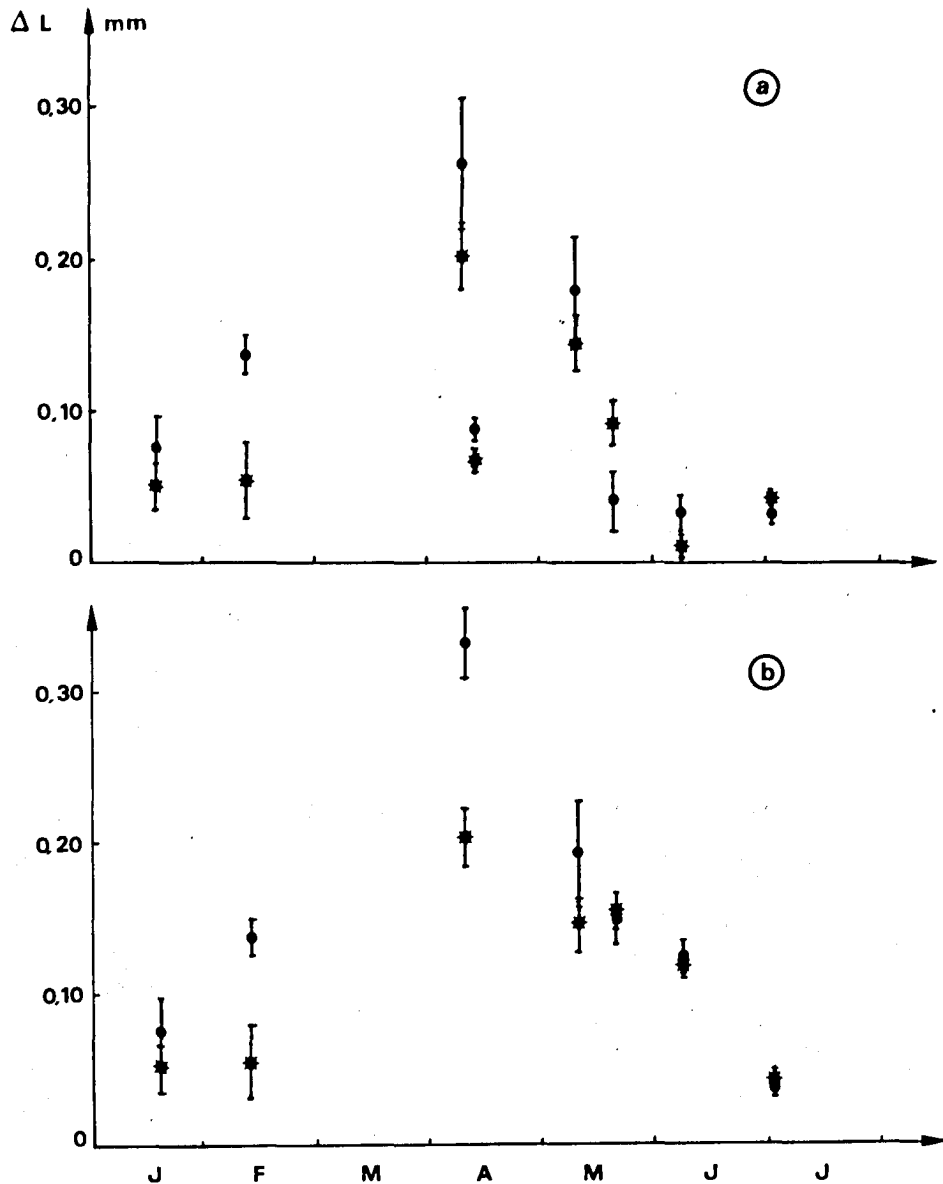


Figure 5 : Variations de la différence de longueur céphalothoracique ΔL entre les copépodes de la Mer du Nord et les copépodes du port de Dunkerque de janvier à juillet 1977. (● femelles, * mâles). (a) moyennes générales, (b) moyennes corrigées.

par les entrées d'eaux de la Mer du Nord pendant les étales de hautes mers de forts coefficients. Le niveau peut s'élever de plus de 40 cm en 1 H 30, ce qui correspond à une entrée d'eau d'un volume supérieur à 1,5 millions de m^3 . Il existe par conséquent un ensemencement certain et non négligeable en copépodes provenant de la Mer du Nord. On peut alors concevoir qu'à certaines périodes de l'année et dans certaines zones du bassin, une stratification thermique et haline prononcée et établie depuis un temps assez long contrarie le mélange de deux groupes différents : - une population autochtone, adaptée aux conditions du bassin, de petite taille et en partie stationnée dans les couches d'eaux supérieures, - et une population de plus grande taille, introduite récemment par les écluses, et maintenue uniquement en profondeur. La taille de cette population "profonde" serait alors voisine de celle de la population de Mer du Nord (fig. 3c). Les conditions de courants nuls, très faibles ou très localisés expliquent que deux

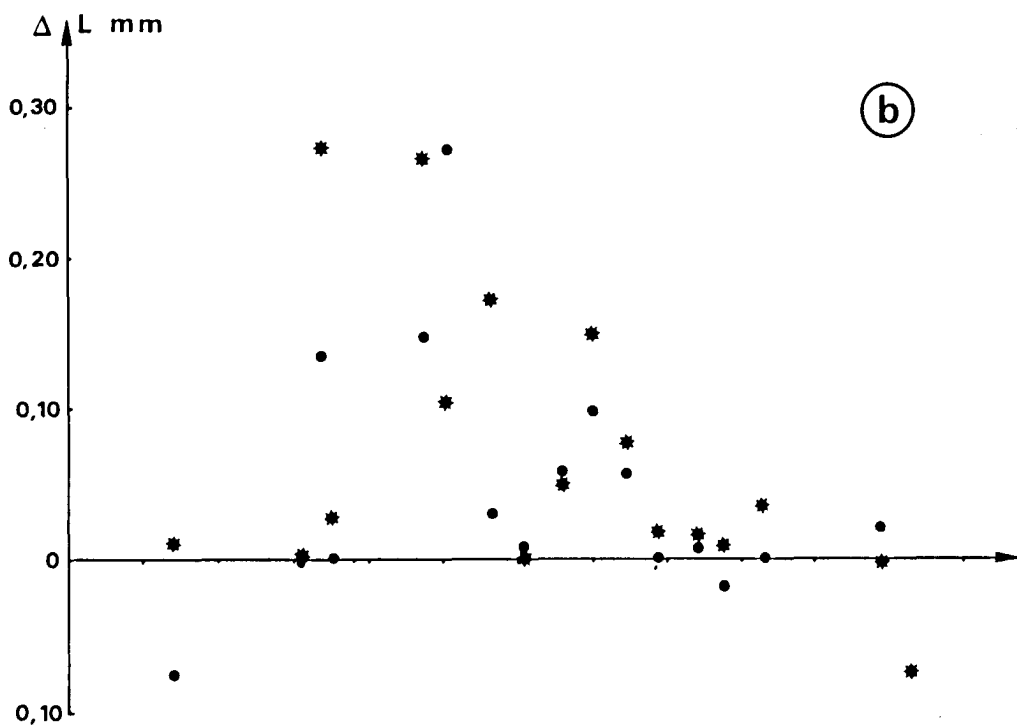
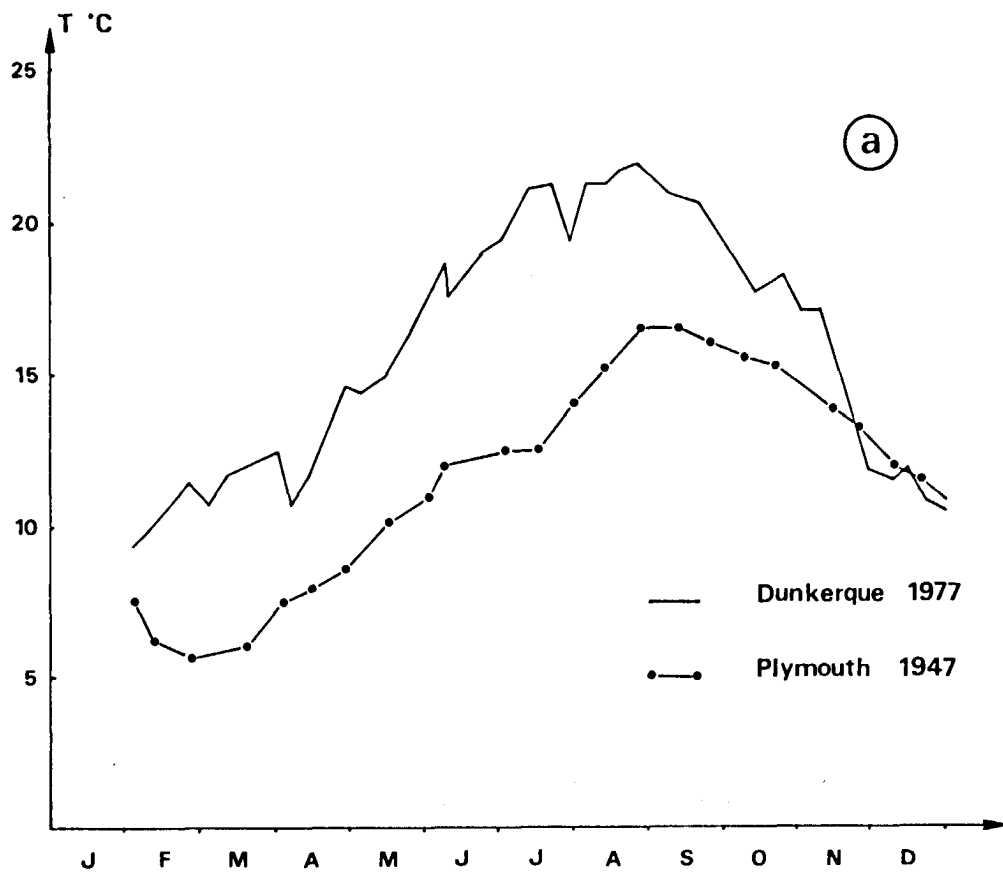


Figure 6 : (a) variation annuelle de la température à Plymouth (d'après DIGBY, 1950) et à Dunkerque (station E). (b) variation annuelle de la différence de longueur céphalothoracique (ΔL) entre les copépodes de Plymouth et les copépodes de Dunkerque. (• femelles, * mâles).

groupes de copépodes puissent se développer pendant un certain temps et sans contact dans des lieux très voisins mais de conditions thermiques différentes. Ce temps peut être suffisamment long pour que des différences de taille apparaissent chez les adultes des deux groupes. A la grande variété de conditions thermiques de développement correspondra donc une grande variété de tailles des adultes. Une observation de même ordre (BENON, 1977) a d'ailleurs été signalée pour le copépode *Acartia clausi*, au large des rejets de la centrale thermique de Martigues-Ponteau.

De nombreux auteurs ont observé une relation négative entre la taille des copépodes et la température moyenne de la période de développement (DEEVEY, 1960 - HEINLE, 1969 - MORAITOU-APOSTOPOULOU, 1975 - EVANS, 1977). En raison de l'hétérogénéité des mesures biométriques citée plus haut, il n'a pas été possible de définir de façon précise la nature de la corrélation négative "longueur/température" pour *Temora longicornis* dans le port de Dunkerque. Cependant on peut observer (fig. 6) que lorsque la température est plus élevée à Dunkerque qu'à Plymouth (ΔT° positif), les copépodes sont plus petits à Dunkerque (ΔL positif), lorsque ΔT° diminue, ΔL diminue, et enfin lorsque la température est plus élevée à Plymouth qu'à Dunkerque, quelques valeurs de ΔL sont négatives. Pourtant la correspondance $\Delta T^\circ/\Delta L$ n'est pas directe. En effet alors que le ΔT° est constant entre la Mer du Nord et le port de Dunkerque, le ΔL varie (fig. 2 et 5). En raison de l'échauffement des eaux du port, le développement de la première génération printanière, de petite taille, s'effectue plus tôt qu'en mer ouverte où la température est encore basse, et où dominant encore les individus de grande taille ayant passé l'hiver. A ce moment, le ΔL devient maximum (avril-mai). Il existe donc, au printemps, une période thermique privilégiée pour le développement de *Temora longicornis*. C'est à cette période que l'élévation de la température a le plus d'effet sur la diminution de taille des individus. En effet, les valeurs faibles du ΔL dès le mois de juillet (fig. 5, 6), lorsque la température dépasse 20° C à Dunkerque, semblent indiquer qu'à partir d'un certain seuil, l'élévation de température n'a plus d'influence notable sur la taille des copépodes du port. Les individus développés à $20-22^\circ$ C à Dunkerque ont en effet une taille comparable (ΔL voisin de zéro) aux individus développés à $16-17^\circ$ C en Manche ou en Mer du Nord.

HEINLE (1969) observe chez l'espèce semi-tropicale *Acartia tonsa* que la longueur est relativement constante lorsque la température de croissance est inférieure à $10-15^\circ$ C, et que la longueur diminue lorsque la température de croissance dépasse $10-15^\circ$ C, jusqu'à la valeur létale voisine de 32° C. Il observe donc un point d'inflexion de la courbe L/T° (échelle log-log) qui se situe dans les valeurs basses de la température. Il n'existe pas de point d'inflexion pour les valeurs hautes, juste avant la température létale. Si ce point d'inflexion n'existe pas non plus chez *Temora longicornis*, les copépodes observés en été dans le port de Dunkerque, — de taille comparable ($\Delta L \approx 0$) à la taille des copépodes récoltés en mer ouverte alors que le ΔT° est important — pourraient n'être que le reflet des importations de copépodites de la Mer du Nord. Il n'y aurait plus alors de population propre au bassin en été. Cependant les prélèvements effectués lorsque la température est maximale, ou dans la tache thermique, montrent que les individus sont en très bon état et vivants. La température létale paraît donc bien supérieure à 22° C.

En élevage, HARRIS et PAFFENHOFER (1976) constatent que la mortalité la plus forte chez *Temora longicornis* est observée pendant les stades *nauplii* et plus particulièrement entre le dernier stade *nauplius* et le premier stade copépodite. La mortalité observée est très faible entre le premier stade copépodite et l'adulte. Il est possible qu'à Dunkerque la température sublétale soit atteinte à cette période et que les *nauplii* ne trouvent pas les conditions favora-

-bles à leur survie. De même, la reproduction est probablement fortement affectée : les comptages montrent à Dunkerque, qu'après un maximum en juin, le nombre total d'individus (copépodites et adultes) diminue fortement en juillet.

Selon l'hypothèse de travail de GUERIN (1973), l'énergie disponible dans le milieu serait utilisée pour deux grandes fonctions vitales : le métabolisme de repos et la gamétogénèse : "Il arrive un moment où, à une température donnée (élevée), le métabolisme de repos exige une telle quantité d'énergie que la gamétogénèse devient impossible car les animaux n'ont pas à leur disposition une nourriture suffisante pour couvrir tous leurs besoins." Pour *Temora longicornis*, espèce des eaux tempérées froides, cette limite pourrait être atteinte aux environs de 20° C. Cette température correspond au maximum estival, très temporaire, dans les eaux du Sud de la Mer du Nord et en Manche Orientale. Abondante en Mer du Nord (RAE et REES, 1947 - LEFEVRE, 1976), en Manche Orientale (BRYLINSKI, 1975) et Occidentale (DIGBY, 1950 - RAZOULS, 1963), elle disparaît dans le bassin d'Arcachon (LUBET, 1953) dès le mois de juin, lorsque la température s'élève et est absente pendant tout l'été et l'automne. En Méditerranée, *Temora longicornis* est rarement et peu récolté (in : LE RUYET-PERSON et coll., 1975). Dans le bassin d'évitage où la température moyenne dépasse 20° C pendant une période assez longue (juillet à septembre), cette espèce se trouverait alors dans des conditions thermiques inhabituelles pour son aire de répartition géographique.

Il faut cependant rester prudent pour évaluer cette température subléthale. Estimée à 20° C d'après les résultats d'observations dans le port de Dunkerque, cette valeur apparaît en effet relativement basse par rapport aux températures élevées que peut supporter l'espèce dans le bassin. Des analyses complémentaires devront être faites et en particulier sur les jeunes stades du développement. Il est probable que la toxicité des divers polluants industriels dispersés dans les eaux du port peut s'accroître en synergie avec la température élevée (PERES, 1976) et rabaisser cette température subléthale. C'est d'ailleurs par un phénomène de synergie de ce type que BENON (1977) explique la chute des effectifs planctoniques dans la nappe échauffée de la centrale thermique de Martigues-Ponteau, alors que la température létale des espèces présentes n'est pas atteinte.

En raison de l'hétérogénéité de la répartition quantitative et qualitative du plancton dans le bassin et de l'hétérogénéité temporelle et spatiale de la répartition des tailles des adultes de *Temora longicornis*, il paraît actuellement difficile d'estimer par les méthodes purement biométriques (EVANS, 1977 - LAI, 1977) ou et par les méthodes complémentaires habituelles (GAUDY, 1972) le nombre de générations annuelles et la production de cette espèce dans le bassin. La durée du développement étant une fonction inverse de la température (CORKETT et McLAREN, 1970 - LE RUYET-PERSON et coll., 1975), on peut se demander si le ΔT° constant voisin de 3° C entre les eaux de la Mer du Nord et les eaux du port ne permet pas que le nombre de générations couramment admis pour cette espèce en Manche (DIGBY, 1950 - RAZOULS, 1963) et en Mer du Nord (LEFEVRE, communication personnelle) passe de cinq à six ou plus dans le port. L'avance prise au printemps par le développement doit être suffisante pour laisser place dans le temps à une ou plusieurs générations supplémentaires à Dunkerque. La durée de développement peut être en effet relativement courte puisqu'en élevage HARRIS et PAFFENHOFER (1976) obtiennent à 12,5° C un temps de génération moyen de 28 jours sur 30 générations successives. L'incertitude actuelle quant à l'origine autochtone des populations estivales ne permet pas de répondre à cette question. C'est pourquoi il paraît actuellement prématuré d'établir un bilan, même partiel, de la production de *Temora longicornis* dans le port de Dunkerque.

CONCLUSION

De nombreuses études concernant l'influence des rejets thermiques sur le milieu vivant se sont développées récemment, et notamment en France en raison des projets d'implantation des centrales nucléaires sur le littoral (J. therm. écol. *). Dans le domaine planctonique, ces travaux sont en partie réalisés en laboratoire et portent essentiellement sur l'effet des chocs thermiques, la recherche des températures létales et sublétales, et les possibilités d'adaptation des organismes aux températures élevées. Sur le terrain, elles concernent les études quantitatives et qualitatives entre la prise d'eau et la zone de rejets, et les effets de transit dans les circuits de refroidissement. Elles visent à apprécier la mortalité immédiate due aux effets mécaniques, chimiques et thermiques. Les effets à long terme sur une population planctonique *in situ* sont difficilement abordables par le fait que les rejets s'effectuent en général en milieu ouvert. La dilution masque une partie des effets en mélangeant les individus ayant subi et les individus n'ayant pas subi l'élévation de la température.

L'ensemble des bassins à flot du port de Dunkerque, et plus particulièrement le bassin d'évitage, apparaît donc comme une enceinte de grand volume sur laquelle il est possible d'entreprendre de façon privilégiée des études sur l'action à court et à long terme des rejets thermiques industriels sur un écosystème marin relativement bien délimité. Cependant l'extrapolation d'un bilan de productivité de cet écosystème particulier à de théoriques bassins d'aquaculture, de grandes dimensions et alimentés par des rejets thermiques industriels, restera délicate en raison de la pollution permanente à laquelle sont soumis les bassins à flot du port de Dunkerque.

BIBLIOGRAPHIE

- BATTAGLIA B. -1959- Facteur thermique et différenciation saisonnière chez un copepode harpacticoides de la lagune de Venise. Vie et Milieu, X, 1, p. 1-13.
- BENON P. -1977- Influence des rejets d'eau chaude de la centrale E.D.F. Martigues-Ponteau, sur les populations zooplanctoniques. Thetys, 8, 1, p. 63-82.
- BOUGARD M. -1976- Paramètres physicochimiques. *in* : Etude écologique, site de Gravelines, rapport final. éd. C.N.E.X.O./I.B.M.R. WIMEREUX, 319 p.
- BRYLINSKI J.M. -1975- Etude du zooplancton marin de la région de Boulogne-sur-mer. D.E.A., Sc. Nat. Univ. Lille I, 90 p.
- CORKETT C.J. et McLAREN I.A. -1970- Relationships between development rate of eggs and older stages of copepods. J. mar. biol. Ass. U.K., 50, p. 161-168.

* Journées de la thermo-écologie. Influence des rejets thermiques sur le milieu vivant en mer et en estuaire. Ed. E.D.F. La Houille Blanche, 1977, 622 p.

- DEEVEY G.B. -1960- Relative effects of temperature and food on seasonal variations in length of marine copepods in some Eastern American and Western European Waters. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 12, 1, p. 1-44.
- DIGBY P.S.B. -1950- The biology of the small planktonic copepods of Plymouth. J. mar. biol. Ass. U.K., 29, p. 393-438.
- EVANS F. -1977- Seasonal density and production estimates of the commoner planktonic copepods of Northumberland coastal waters. Estuar. and Coastal Mar. Sci., 5, p. 223-241.
- GAUDY R. -1972- Contribution à la connaissance du cycle biologique des copépodes du golfe de Marseille. 2. Etude du cycle biologique de quelques espèces caractéristiques. Tethys, 4, 1, p. 175-242.
- GUERIN J.P. -1973- Premières données sur la longévité, le rythme de ponte et la fécondité de *Scolecopsis cf. fuliginosa* (polychète, spionide) en élevage. Mar. Biol., 19, p. 27-40.
- HARRIS R.P. et PAFFENHOFER G.A. -1976- Feeding, growth and reproduction of the marine planktonic copepod *Temora longicornis* MÜLLER. J. mar. biol. Ass. U.K., 56, p. 675-690.
- HEINLE D.R. -1969- Temperature and zooplankton. Chesapeake Sci., 10, p. 186-209.
- KHALANSKI M. - 1977 - Influence du fonctionnement d'une centrale thermique sur la production primaire planctonique du port de Dunkerque, in : Influence des rejets thermiques sur le milieu vivant en mer et en estuaire. Journées de la thermoécologie, Brest, E.D.F. Paris, p. 101-144.
- LAI H.C. -1977- Changes in cephalothorax length of *Diaptomus oregonensis* as an indicator of generations. Hydrobiologia, 54, 1, p. 17-21.
- LEFEVRE G. -1976- Le zooplancton. in : Etude écologique, site de Gravelines, rapport final. éd. C.N.E.X.O./I.B.M.R. WIMEREUX, 319 p.
- LE RUYET-PERSON J., RAZOULS C. et RAZDULS S. -1975- Biologie comparée entre espèces vicariantes et communes de copépodes dans un écosystème néritique en Méditerranée et en Manche. Vie et Milieu, XXV, 2, B, p. 283-312.
- LUBET P. -1953- Variations saisonnières du zooplancton du bassin d'Arcachon. Bull. Soc. Zool. Fr., 78, p. 204-216.
- McLAREN I.A. -1963- Effect of temperature on growth of zooplankton, and the adaptive value of vertical migration. J. Fish. Res. Bd. Canada, 20, p. 685-727.
- MORAITOU-APOSTOLOPOULOU M. -1975- Seasonal variations in length of three copepods in Saronic bay (Greece). Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 30, 1, p. 93-101.
- PERES J.M. -1976- La pollution des eaux marines. Ouvrage collectif. éd. Gauthier-Villars. 229 p.
- RAE K.M. et REES C.B. -1947- Continuous plankton records : the copepoda in the North Sea, 1938-1939. Hull Bull. Mar. Ecol., 11, 2, p. 95-132, 25 pl.

- RAZOUIS C. -1963- Etude qualitative et quantitative des copépodes planctoniques côtiers de Roscoff. Thèse 3ème Cycle, Fac. Sci., Paris, 61 p. ronéo.
- RICHARD A. -1971- Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* L. (Mollusque Céphalopode). Thèse Doct. Etat. Univ. Sci. et Tech. Lille I, 305 p., 104 fig., 42 pl.
- VIVARELLI C. et BELIAKOFF P. -1976- Etude sommaire de la tache thermique du bassin maritime du port de Dunkerque et du champ de vitesses au droit de la prise d'eau et du rejet de la centrale E.D.F. Rapport E. 31/76 n° 29 Direction des Etudes et Recherches. Electricité de France. 3 p. 9 tableaux, 11 fig.

Communication : J.M. BRYLINSKI. Première approche de la dynamique d'une population de Temora longicornis O.F. Müller dans les bassins à flot du port de Dunkerque.

- Q: LE FEVRE : Combien y-a-t-il de générations de Temora dans les bassins à flot du port de Dunkerque ? Vous parlez de 6 à 7 générations alors que dans tous les milieux où la température est inférieure ou égale à 20°C on observe 5 générations annuelles.
- R: BRYLINSKI : Ce nombre de générations est une hypothèse. Le ΔT est constant (3 à 4°C) dans le bassin à flot ce qui permet d'envisager 1 ou 2 générations supplémentaires.
- Q: CASTEL : Vous n'observez pas de relation entre la taille des individus et la température. Si vous établissiez la relation entre taille des adultes et température moyenne correspondant à la période de développement auriez-vous une meilleure corrélation ?
- R: BRYLINSKI : Il est probable que non car les populations sont très hétérogènes. Ainsi, le maximum thermique se situe en août-septembre et le minimum de taille en juillet.
- Q: LE FEVRE : Est-ce qu'il ne faudrait pas faire intervenir le facteur nourriture?
- R: BRYLINSKI : Quantitativement le phytoplancton n'est jamais un facteur limitant. Cependant, nous ne savons rien quant à l'utilisation du phytoplancton au plan qualitatif.
- Q: LAUBIER : Y-a-t-il des différences de régime d'éclusées entre l'été et l'hiver qui entraîneraient des apports préférentiels en copépodites ?
- R: BRYLINSKI : Les écluses sont ouvertes quand les coefficients de marées sont suffisants, indépendamment de la saison.
- Q: LAUBIER : Y-a-t-il une relation entre le pourcentage de femelles reproductrices et la taille des individus indiquant une forte proportion de femelles en état de reproduction provenant de la mer ou autochtones ?
- R: BRYLINSKI : Il est difficile de répondre à cette question car nous avons observé dans les prélèvements, peu de femelles portant des spermatophores.
- Q: VICENTE : A-t-on une idée de la pollution dans les bassins à flot ? Avez-vous observé une mortalité différentielle ?
- R: BRYLINSKI : Nous n'avons pas de renseignement sur l'état de pollution chimique. Les taux de mortalité sont difficiles à établir. Les individus morts doivent être dégradés très rapidement. Tous les individus récoltés étaient en bon état.
- Q: NIVAL : Quelle est la proportion entre le volume du bassin et le volume des apports ?
- R: BRYLINSKI : Le bassin a une profondeur de 14 m et une surface de 380 ha. Les apports représentent un volume inférieur ou égal à 2.10^3 m^3 d'eau.