



HAL
open science

**Etude "in situ" des effets de la température sur la
biologie de la crevette d'eau douce *Atyaphyra
desmaresti* Millet : cas particulier du bassin de rejet de
la centrale thermique de La Maxe**

Bernard Packa Tchissambou

► **To cite this version:**

Bernard Packa Tchissambou. Etude "in situ" des effets de la température sur la biologie de la crevette d'eau douce *Atyaphyra desmaresti* Millet : cas particulier du bassin de rejet de la centrale thermique de La Maxe. Biologie animale. Université Paul Verlaine - Metz, 1979. Français. NNT : 1979METZ009S . tel-01775615

HAL Id: tel-01775615

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01775615>

Submitted on 24 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

EXCLU
DU
PRET

UNIVERSITE DE METZ

UER d'écologie

ANNEE 1979

N°11

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT DE SPECIALITE

En Ecotoxicologie et Chimie de l'Environnement

Mention Ecotoxicologie

PAR

BERNARD PACKA TCHISSAMBOU

ETUDE "IN SITU" DES EFFETS DE LA TEMPERATURE
SUR LA BIOLOGIE DE LA CREVETTE D'EAU DOUCE

ATYAEPHYRA desmaresti MILLET

cas particulier du bassin de rejet de la centrale
thermique de la Maxe

soutenue le 11 juin 1979 devant le jury suivant :

M. F. STEPHAN PROFESSEUR à l'université de Nancy

Président

M. M. NOURISSON Maître de Conférence à l'université de Metz

M. J.C. PIHAN Maître de Conférence à l'université de Metz

M. G. DESCOUTURELLE Maître Assistant à l'université de Nancy

} *Examinateurs*

UNIVERSITE DE METZ

UER d'ecologie

ANNEE 1979

N°11

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT DE SPECIALITE

En Ecotoxicologie et Chimie de l'Environnement

Mention Ecotoxicologie

PAR

BERNARD PACKA TCHISSAMBOU

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE - METZ	
N° inv	19790175
Cote	S/Mz 79/9
Loc	

ETUDE "IN SITU" DES EFFETS DE LA TEMPERATURE
SUR LA BIOLOGIE DE LA CREVETTE D'EAU DOUCE
ATYAEPHYRA desmaresti MILLET

cas particulier du bassin de rejet de la centrale
thermique de la Maxe



soutenue le 11 juin 1979 devant le jury suivant :

M. F. STEPHAN PROFESSEUR à l'université de Nancy
M. M. NOURISSON Maître de Conference à l'université de Metz
M. J.C. PIHAN Maître de Conference à l'université de Metz
M. G. DESCOUTURELLE Maître Assistant à l'université de Nancy

Président

} Examinateurs

AVANT - PROPOS

Qu'il me soit permis de remercier :

. Les membres du jury qui ont bien voulu me sacrifier un peu de leur temps pour examiner ce travail.

. Monsieur le Professeur STEPHAN qui a bien voulu présider ce jury.

. Monsieur Michel NOURISSON, Maître de conférence à l'U.E.R. d'Ecologie qui m'a fait profiter de son expérience scientifique, et a bien voulu diriger mes travaux.

. Monsieur Jean-Claude PIHAN, Directeur de l'U.E.R. d'Ecologie qui m'avait proposé le sujet de cette thèse et m'a conseillé pendant tout mon séjour dans son laboratoire.

. Monsieur Gilles DESCOUTURELLE, Maître assistant à l'Université de NANCY I qui m'a orienté dans cette spécialité qui était toute nouvelle pour moi.

. Le personnel de la centrale thermique de LA MAXE qui n'a jamais hésité à me fournir certaines données physico-chimiques.

Que Messieurs Claude CROCHARD et Lionel LEGLIZE, Assistants à l'U.E.R. d'Ecologie trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude quant à leur collaboration désintéressée.

Que soient remerciés enfin tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé dans l'aboutissement de ce travail.

- Cette étude a reçu le support financier de l'E.D.F. et a fait l'objet d'un contrat de recherche.

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>I. GENERALITES</u>	4
A. Origine et répartition géographique de la caridine	5
B. Position systématique	6
<u>II. METHODES</u>	7
A. Présentation du site d'étude	8
B. Choix des stations et périodicité des prélèvements	8
C. Techniques de récolte	9
D. Traitement des échantillons au laboratoire : le tri	13
<u>III. DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES</u>	14
<u>IV. GENERALITE SUR LA BIOLOGIE DE LA CARIDINE</u>	24
A. Milieu de vie et régime alimentaire	25
B. Les grandes étapes du développement de la caridine	26
1. Développement larvaire	
2. Morphogénèse de l'appareil génital	
3. Maturité sexuelle	
4. Glande androgène	
C. Migrations	45
<u>V. ACTION DE LA TEMPERATURE SUR DIVERS ASPECTS DE LA BIOLOGIE DE LA CARIDINE</u>	51
A. Evolution saisonnière du cycle d'intermue et de la croissance	52
B. Cycle de reproduction et développement larvaire	70
C. Maturation des gonades	74
D. Evolution de la sex-ratio	79
<u>VI. CONCLUSION GENERALE</u>	84
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	87

INTRODUCTION

Le déversement dans les milieux aquatiques des eaux chaudes ayant servi à la réfrigération des centrales électriques, des complexes sidérurgiques et autres usines, est un des nouveaux problèmes qui se posent à notre ère de civilisation industrielle. Cet apport de calories exogènes a pour conséquence immédiate, d'élever la température de ces milieux, ce qui laisse présupposer des changements dans la composition faunistique de ceux-ci.

La plupart des animaux aquatiques sont des poïkilothermes, c'est-à-dire des animaux dépourvus du pouvoir de régulation thermique. Ainsi, la température centrale de ces animaux subit passivement les fluctuations de celle du milieu.

Van't HOFF (cité par KAYSER, Edit. 1970) a constaté qu'une élévation thermique de 10°C augmente de 2 à 3 fois la vitesse des processus biologiques, ce qui se traduit par l'augmentation des besoins en oxygène.

Cette action directe de la température ne doit pas cependant nous faire considérer de facteur comme étant une variable indépendante, car elle a également des incidences sur les autres facteurs du milieu (LEYNAUD, 1967). Le plus important de ces facteurs est l'oxygène dissous, qui est un facteur limitant pour la plupart des animaux et le poisson en particulier. On sait que la solubilité de ce gaz dans l'eau décroît lorsque la température s'élève.

De par son grand champ d'action, la température doit être considérée comme un facteur important de sélection (DUSSART, 1966).

L'action sélective de la température a été constatée depuis 1956 par CAIRNS en ce qui concerne les producteurs primaires. Lorsque la température du milieu s'élève, les cyanophycées se substituent peu à peu aux diatomées et aux chlorophycées. Or, les cyanophycées qui consomment beaucoup plus d'oxygène qu'elles n'en produisent créent des conditions asphyxiques pour les autres espèces.

En 1965, MANN a constaté au niveau du site de la centrale d'EARLY sur la TAMISE, que lorsque la température du milieu devient voisine de 30°C, on enregistre un effet dépressif sur la biomasse. Toujours, selon cet auteur, la température létale pour la majeure partie des organismes se situerait entre 32 et 35°C.

De nombreux travaux ont montré que la température sélectionne les espèces en fonction de leur préférendum thermique. Des observations faites à MONTEREAU et à BEAUTOR par WURTZ ARLET en 1964 (cité par LEYNAUD), montrent une diminution du nombre d'espèces, notamment une réduction des gammares et un développement des mollusques.

Etudiant l'impact d'un déversement d'eau réchauffée en provenance de la centrale thermique de la MAXE (MOSELLE) sur la faune benthique d'un plan d'eau, j'ai également constaté que certaines espèces semblaient se développer préférentiellement à d'autres ; c'est le cas, notamment, de la caridine (*Atyaephyra desmaresti*). C'est la raison pour laquelle il m'a semblé intéressant d'étudier plus précisément l'action de la température sur la biologie de ce crustacé. (planche I, page 3).

PLANCHE I



Caridines : mâle à droite
femelle à gauche

I. GÉNÉRALITÉS

A. ORIGINE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE LA CARIDINE

B. POSITION SYSTEMATIQUE

A. ORIGINE ET RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE LA CARIDINE

La caridine est une petite crevette d'eau douce, d'origine méditerranéenne appartenant à la famille des Atyidés. Elle a été récoltée pour la première fois en 1814 par RAFINESQUE dans les ruisseaux de SICILE. Cette découverte était d'autant plus surprenante et intéressante que pour DESMAREST, cité par MILLET (1831) "*On ne connaît aucun crustacé Macroure de la division des Salicoques, vivant dans les eaux douces*".

Quelques années plus tard, MILLET de la TURTAUDIÈRE (1831), qui semble ignorer la découverte de RAFINESQUE, signale la présence de la caridine dans les herbiers d'un ruisseau de l'ouest de la FRANCE, et lève définitivement le doute sur la présence des caridines en eau douce.

Cette crevette devait d'ailleurs être retrouvée dans les rivières d'AFRIQUE du NORD par GAUTHIER, en 1924. Cette espèce a, par la suite, par la voie des canaux, progressivement colonisé le réseau hydrographique de certains pays d'EUROPE occidentale, tels que la FRANCE, la BELGIQUE, les PAYS-BAS et l'ALLEMAGNE.

En LORRAINE, la caridine a été signalée en 1900 dans le canal latéral de la MOSELLE et dans les sablières voisines, à PONTIFFROY-LES-METZ par TETRY en 1939. C'est en 1976, que je l'ai récoltée dans les eaux chaudes du canal de rejet de la centrale thermique de LA MAXE, et quelques mois plus tard, dans le canal de prise d'eau.

B. POSITION SYSTÉMATIQUE

Depuis sa découverte, la caridine a changé plusieurs fois de nom scientifique :

En 1814, RAFINESQUE l'a appelée *Symethus fluviatilis*. Quelques années plus tard, en 1831, MILLET, pour rendre hommage à DESMAREST, la nomme *Hyppolyte de Desmarest*.

En 1834, JOLY la désigne sous le nom de *Caridina desmaresti*.

Ce n'est qu'en 1867 que CAPELLO lui attribue son nom de genre actuel *Atyaephyra*, auquel il a associé le nom d'espèce *desmaresti*.

C'est sous ce vocable que la caridine est désignée actuellement.

La caridine, crustacé décapode, *Natantia*, Macroure est une crevette appartenant à la famille des Atyidés (mandibules sans palpe, avec lobe masticateur bien développé).

Le genre *Atyaephyra* se caractérise par la présence d'exopodite sur les deux premières paires de péréiopodes. Le carpopodite de ces appendices est échancré et leurs pinces se terminent par des soies différenciées en cribles. Les animaux appartenant à ce genre possèdent sept paires de branchies.

II. MÉTHODES

A. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

B. CHOIX DES STATIONS ET PERIODICITE DES
PRELEVEMENTS

C. TRAITEMENT DES ECHANTILLONS AU LABORATOIRE :
LE TRI

A. PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

La centrale thermique de LA MAXE est implantée sur la rive gauche de la MOSELLE, à environ 10km au Nord-Est de la ville de METZ. Elle a une puissance de 2x250MW. La MOSELLE fournit l'eau de réfrigération des condenseurs. Cette eau arrive à la centrale par l'intermédiaire d'un canal artificiel (canal de prise d'eau) d'où elle est aspirée par deux pompes débitant 9m³/s chacune. Les eaux réchauffées de 7°C en moyenne sont déversées dans un bassin ouvert de 72 hectares (longueur : 3,2km, largeur : 300m, profondeur moyenne : 1,50m) avant d'être rejetées dans la MOSELLE. Un canal de rejet de 600m de long environ relie l'usine au bassin (planches II, III p. 11, 11bis).

B. CHOIX DES STATIONS ET PÉRIODICITÉ DES PRÉLÈVEMENTS

1. CHOIX DES STATIONS DE PRELEVEMENTS (fig. 1, p. 12)

Compte-tenu des objectifs que je me suis fixés, j'ai retenu deux stations dans le canal froid et sept dans le canal chaud. Par la suite, et pour des raisons que j'évoquerai ailleurs, une des deux stations du canal froid a dû être abandonnée au cours de l'étude.

Les stations de prélèvements se répartissent comme suit :

. Dans le canal froid

- station 0, située dans la MOSELLE à l'entrée du canal de prise d'eau.
- station 1, située dans le canal de prise d'eau à environ 200 m du point de pompage.

. Dans le canal chaud

- station 2, située dans le canal de rejet à environ 200m de la sortie de l'eau de l'usine. En outre, une série de stations (2_1 , 2_2 , 2_3 et 2_4) ont été retenues le long du canal de rejet, environ tous les 100 mètres :

- station 3, située à l'entrée du bassin,

- station 4, située dans le bassin) quelques 150 mètres avant sa confluence avec la MOSELLE.

2. PERIODICITE DES PRELEVEMENTS

Pour suivre, avec le maximum de précisions le cycle des mues et les migrations, j'ai effectué deux prélèvements par mois, de février à novembre 1977 et un prélèvement par mois de décembre 1977 à mars 1978.

C. RÉCOLTE DES CARIDINES

1. EXPLORATION DES HERBIERS

La caridine vit sur des substrats divers, représentés le plus souvent par des plantes immergées (*Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Potamogeton*) où elle trouve une nourriture abondante, constituée par une microfaune et une microflore diversifiées. La récolte se fait généralement à l'aide d'un troubleau.

Les caractéristiques hydromorphologiques du site de LA MAXE ne permettent pas à la végétation aquatique de s'y implanter durablement.

10.

En effet, les rives des canaux et du bassin de rétention étant de nature argilo-sablonneuse, sont fragiles et constamment remaniées, de ce fait, elles n'ont pas encore atteint leur profil d'équilibre. On ne trouve donc que de maigres touffes de *Ceratophyllum*, de *Myriophyllum* et de *Carex*.

Ainsi, les caridines vivent très dispersées et leur récolte, à l'aide d'un troubleau, s'avère aléatoire, voire impossible.

2. PIEGES IMMERGES

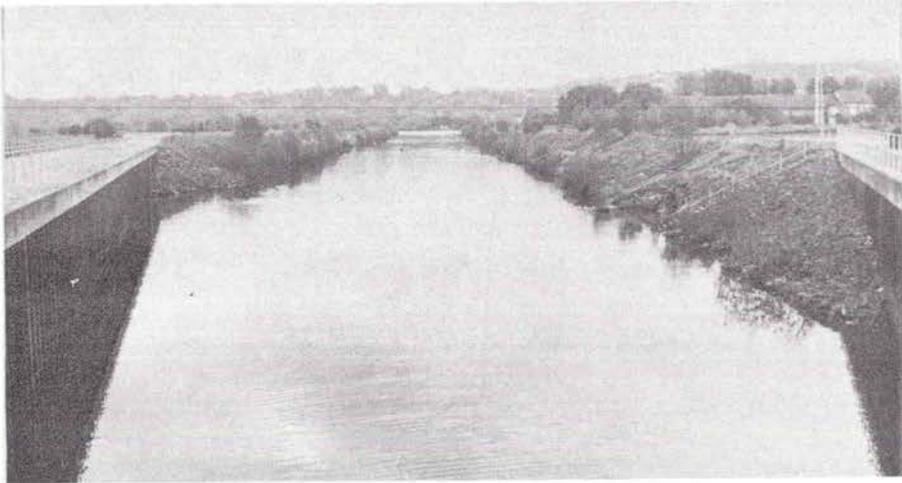
Pour pallier cette difficulté, j'ai adopté la méthode préconisée par DESCOUTURELLE.

Des substrats artificiels faits de fagots de branchages sont immergés dans le milieu pendant le temps nécessaire à leur colonisation par les caridines, soit environ quinze jours.

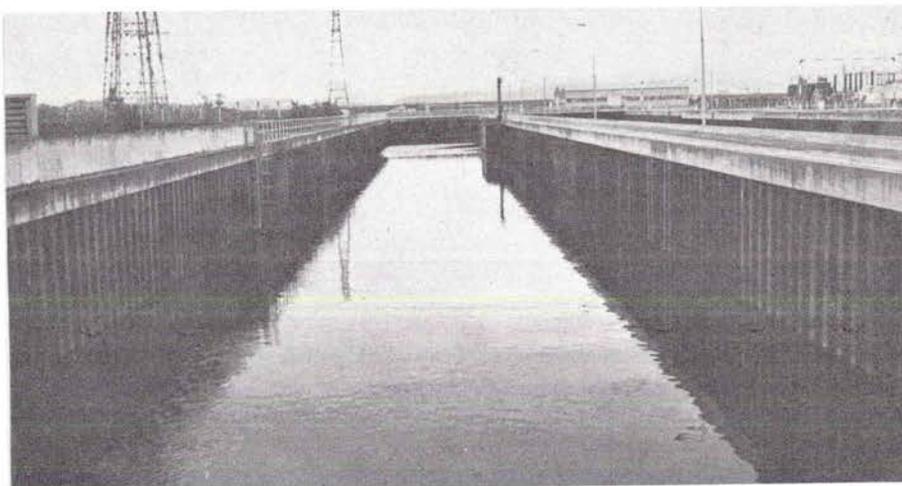
Les fagots, une fois sortis de l'eau, sont lavés abondamment dans une grande cuve afin de recueillir les caridines qui s'y sont réfugiées. Après le lavage des fagots, on fait couler le contenu de la cuve à travers les mailles d'un tamis. On récupère par la suite les caridines et la faune associée dans un seau contenant l'eau du milieu.

Les échantillons sont ensuite transportés au laboratoire afin d'y être examinés ou fixés, si besoin est ; dans tous les cas, les observations ont lieu le plus rapidement possible.

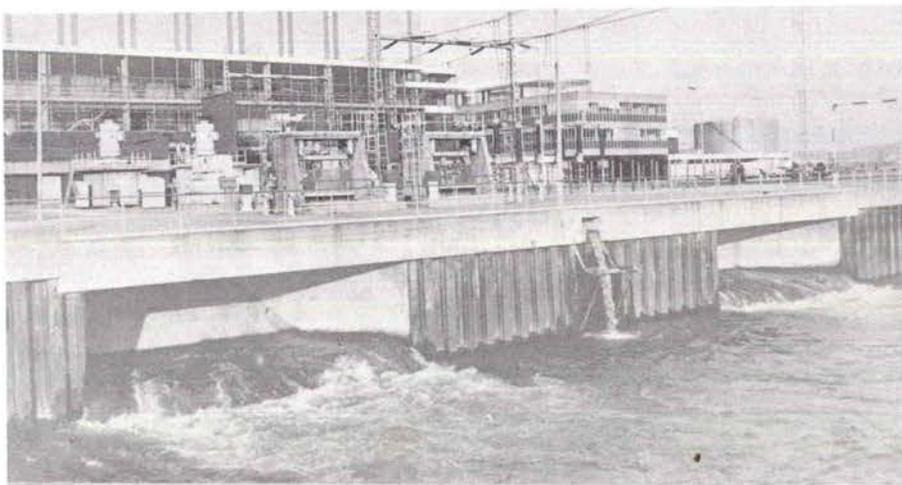
PLANCHE II



canal de
prise d'eau
(600 m)

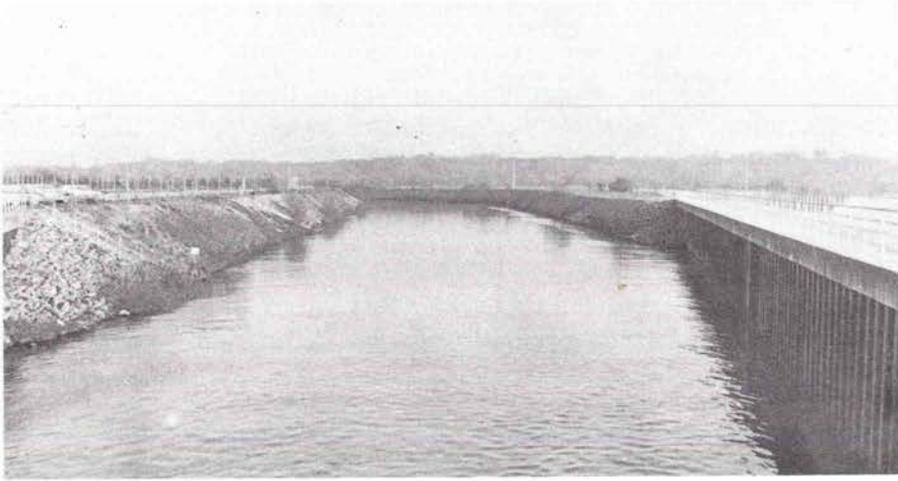


pompage des
eaux

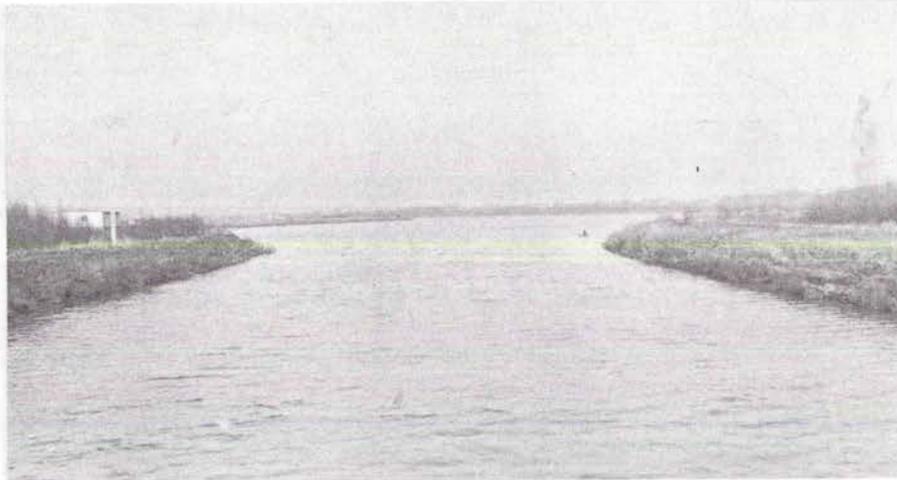


rejet des
eaux

PLANCHE III



canal de rejet
(600 m)



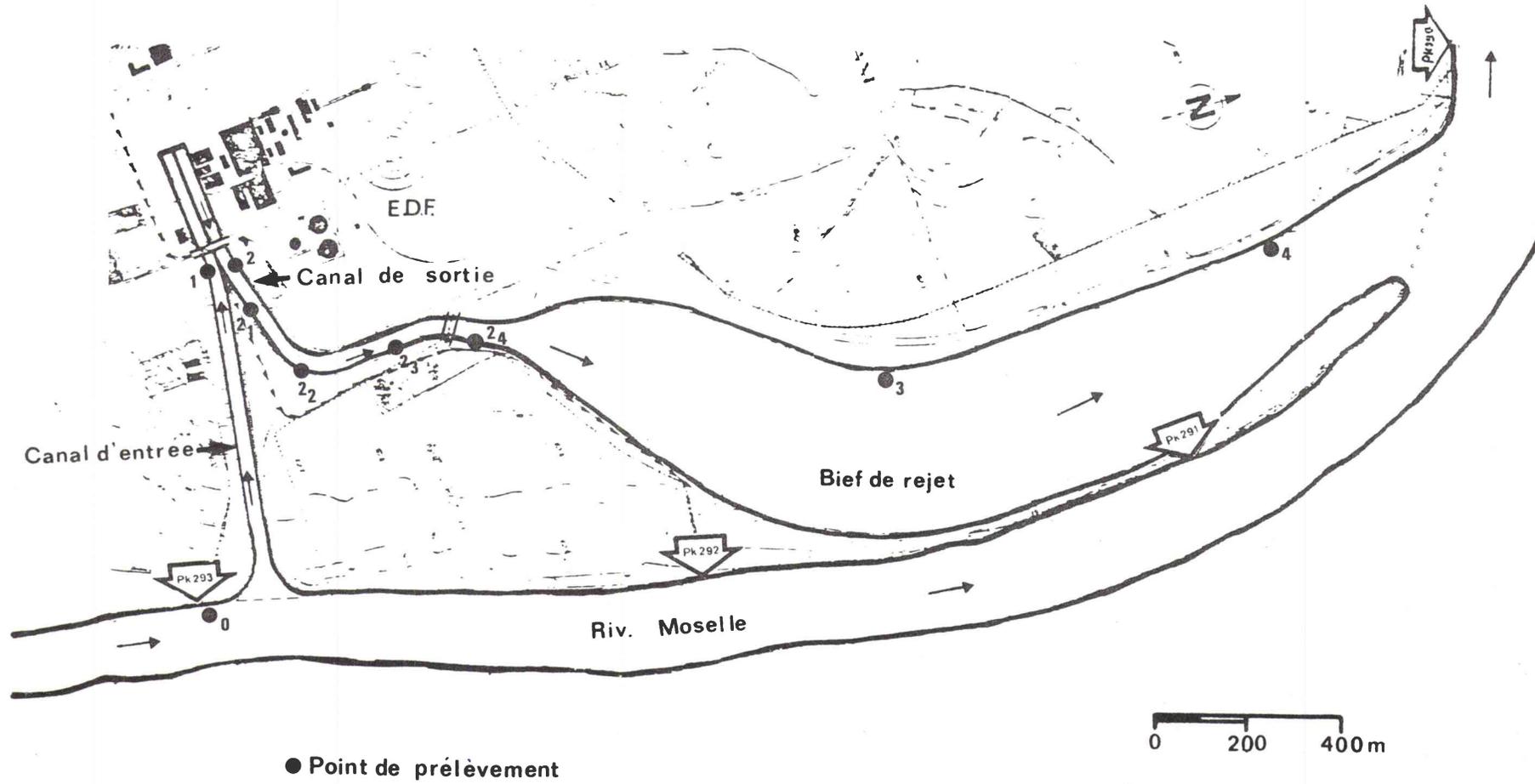
début du bassin
de rétention



bassin de rétention
(72 ha)

Figure 1 :

SITE DE LA MAXE



D. TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS AU LABORATOIRE

Tri :

Le tri consiste à séparer les caridines du reste de la faune benthique et des débris végétaux fixés sur les fagots et entraînés au moment du lavage de ceux-ci.

Le tri, proprement dit, se fait à l'aide de tamis superposés, de mailles de plus en plus petites. Les particules et les animaux sont retenus au niveau des tamis en fonction de leur taille. Par cette méthode, il est aisé de séparer les caridines des autres animaux.

Après avoir été observées, mesurées et éventuellement marquées, les caridines sont remises en totalité ou en partie au niveau de leur station d'origine : ceci pour nous permettre de suivre les migrations éventuelles de la population et également éviter de dépeupler le milieu.

III. DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES

- A. DEBIT DE LA MOSELLE
- B. PUISSANCE DEVELOPPEE PAR LA CENTRALE
- C. TEMPERATURE
- D. MATIERES EN SUSPENSION ET TURBIDITE
- E. OXYGENE DISSOUS
- F. pH
- G. CONDUCTIVITE
- H. DURETE
- I. CHLORURES
- J. SULFATES
- K. ORTHOPHOSPHATES
- L. AZOTE AMMONIACAL
- M. NITRITES
- N. NITRATES
- O. AZOTE TOTAL

III. DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES

La structure des biocénoses aquatiques est intimement liée aux composantes morphologiques et physico-chimiques du milieu. Toute modification de ces composantes se traduit par la disparition ou la prolifération des espèces animales ou végétales sensibles à cette altération. C'est la raison pour laquelle, j'ai cru utile, avant d'aborder l'étude du cycle vital de la caridine, de donner un aperçu de la composition chimique du milieu, et cela d'autant plus que les exigences physico-chimiques de la caridine ne sont citées que très rarement par les auteurs.

Les valeurs des différents paramètres mesurés ont été, pour la plupart, obtenus au cours des années 1976 et 1977. Cependant, la température, l'oxygène et le pH, ont été mesurés régulièrement jusqu'au mois de mars 1978 (tab. I, p.22).

A. DÉBIT DE LA MOSELLE

En été 1976, le débit de la MOSELLE a atteint des valeurs comprises entre 80 et 24 m³/s. Les pluies d'automne ramenèrent ensuite les valeurs du débit à un niveau plus élevé ; c'est ainsi, qu'à partir de novembre 1976, le débit augmente progressivement pour atteindre 252m³/s en février 1977. Cette augmentation va se poursuivre jusqu'au printemps de telle sorte qu'au mois de mars 1977, la valeur du débit est de 298m³/s.

Les fortes crues enregistrées pendant la période hivernale sont la conséquence directe de la fonte des neiges, et pour une faible part, des pluies.

Bien que la réduction des débits durant la période estivale soit normale, l'été 1976 a été particulièrement sec et les débits d'étiage enregistrés alors doivent être considérés comme exceptionnels.

B. PUISSANCE DÉVELOPPÉE PAR LA CENTRALE

Le graphe (fig.2, p.17) représentant les valeurs de la puissance moyenne de la centrale au cours de l'année 1977 à 1978 est, à quelque chose près, identique à celui des variations du débit de la MOSELLE. Il est donc raisonnable de relier les fluctuations de la puissance de la centrale à l'évolution du débit. En effet, avec la remontée des débits en automne, hiver et printemps, la centrale, disposant d'une quantité suffisante d'eau pour le refroidissement des condenseurs, fonctionne à plein régime.

En été, compte-tenu des faibles débits et du réchauffement naturel des eaux, la centrale ne développe que la moitié de sa puissance. Celle-ci, inférieure à 250 MW/h, n'est développée que par une tranche à plein régime, ou encore par les deux tranches de la centrale ne développant que la moitié de leur puissance.

C. TEMPÉRATURE (fig. 3 p. 17)

En hiver, la température de l'eau de la MOSELLE et du canal de prise d'eau varie entre 4 et 6°C. Au printemps, cette température s'élève aux environs de 10 à 12°C, tandis qu'en été, elle atteint des valeurs de 20 à 25°C, exceptionnellement de 28°C en période d'étiage important.

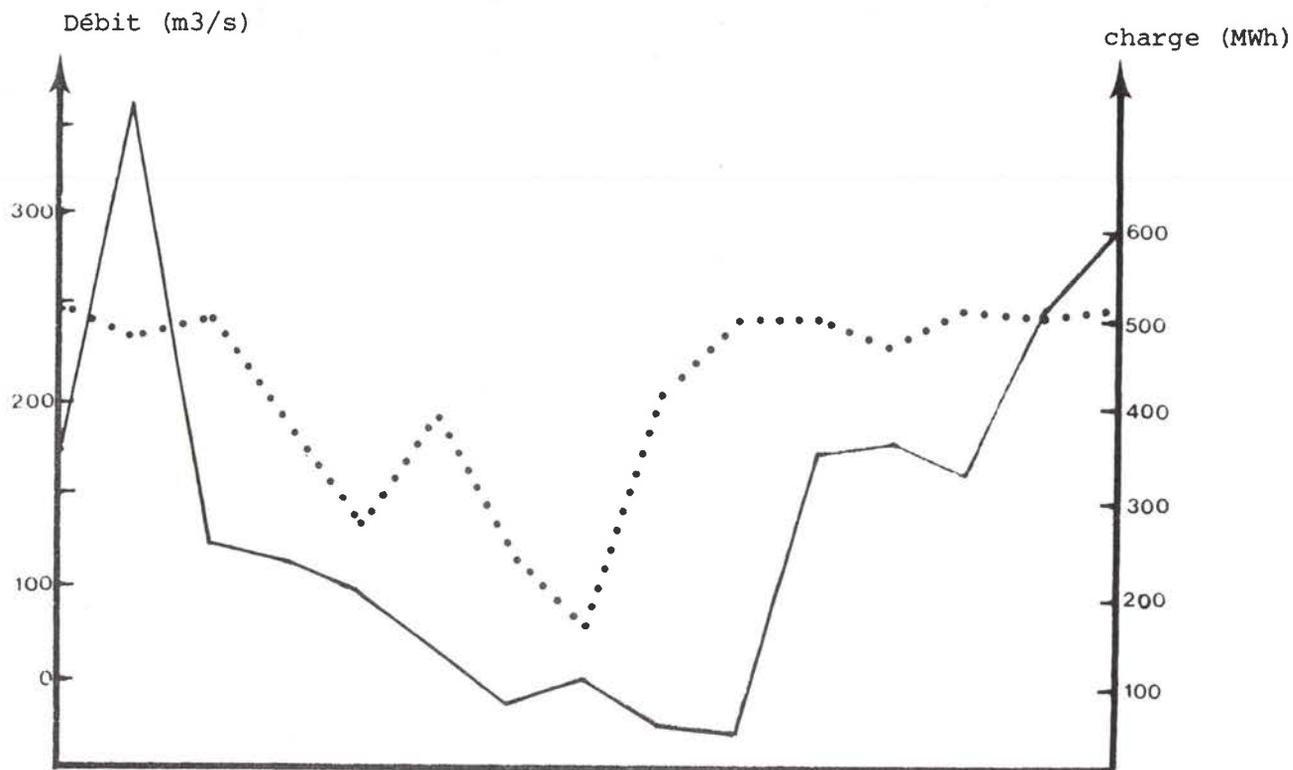


Figure 2

charge de la centrale
 débit de la MOSELLE ———

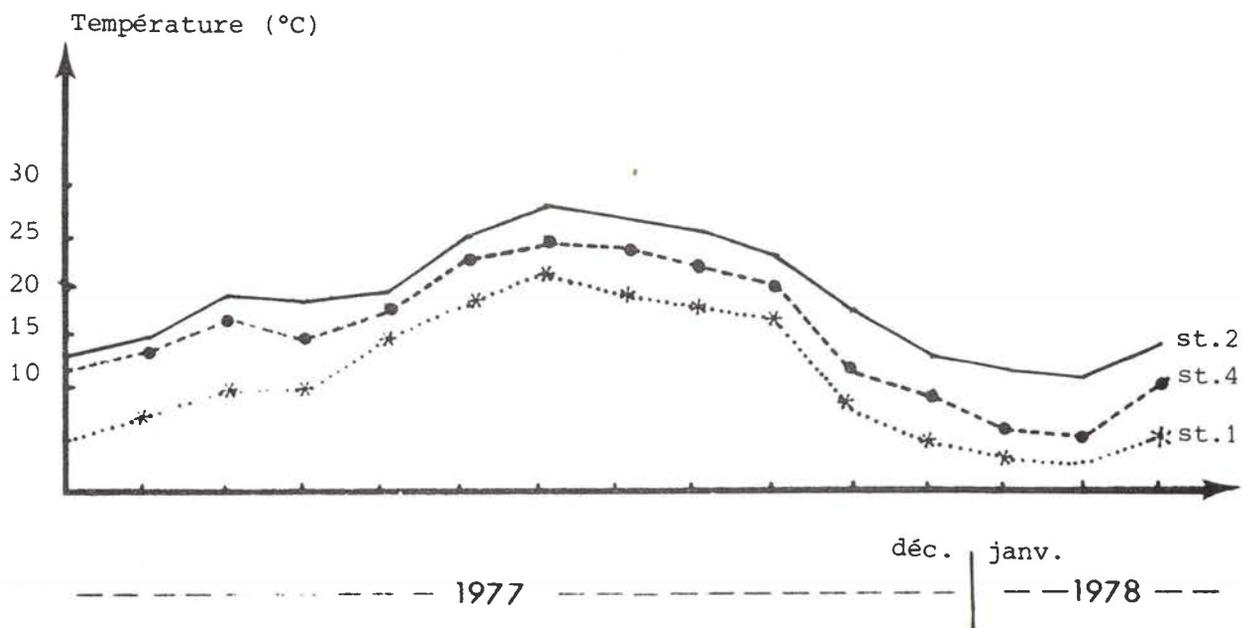


Figure 3 : Variation des températures moyennes mensuelles au niveau des stations 1.2.4.

Dans le canal de rejet et le bassin de rétention, les températures sont évidemment plus élevées. A la sortie des condenseurs, on note des températures de 12 à 14°C en hiver, de 25 à 30°C en été, voire 34°C en période d'étiage. Il existe donc un écart moyen de 7°C entre la station 1 et 2. Cependant, les eaux en provenance de la centrale séjournent 24 heures dans le bassin de rétention. De ce fait, l'écart des températures entre la station 1 et la station 4 n'est plus que de 5°C en moyenne.

On peut noter que, malgré ce léger refroidissement, la température des eaux des stations 2 à 3 est, quelle que soit la saison, toujours supérieure à 10°C.

En ce qui concerne la station 4, la température des eaux reste supérieure à 10°C pendant toute l'année, excepté pour les mois de janvier et février, où elle peut être inférieure.

D. MATIÈRES EN SUSPENSION ET TURBIDITÉ

Dans la MOSELLE, les teneurs en matières en suspension ne dépassent guère 50g/l. Ce sont des valeurs normales pour une rivière de cette catégorie.

Les valeurs de la turbidité dans les eaux de la MOSELLE et celle de LA MAXE sont à peu près constantes toute l'année. Les valeurs moyennes ne sont pas supérieures à 0,60m, sauf pendant les périodes de crues où la charge en matières en suspension augmente. Ce qui réduit la pénétration de la lumière dans l'eau, et par voie de conséquence, ralentit le développement du phytoplancton.

E. OXYGÈNE DISSOUS

Durant l'année, au niveau de la station 1, le pourcentage de saturation en oxygène dissous varie entre 40 et 90% (les mesures ont été effectuées le matin entre 10 et 11 heures). Cette dernière valeur, atteinte au début de l'été, est la conséquence d'une importante activité photosynthétique due à l'élévation naturelle de la température de l'eau et de la luminosité.

A la sortie des condenseurs (station 2), le pourcentage de saturation en oxygène dissous est généralement plus élevé qu'à l'entrée. En dehors de la période estivale, on enregistre, en effet, des valeurs comprises entre 75 et 113%.

Ainsi, contrairement à ce qu'on pouvait supposer, le canal chaud de LA MAXE est un milieu bien oxygéné, comparativement au canal froid.

Ce phénomène paraît être assez général et en 1964, JONES (cité par LEYNAUD) explique cette suroxygénation de l'eau aux abords immédiats des rejets d'eau chaude par le fait que le passage de l'eau est rapide dans les condenseurs, alors que les échanges gazeux avec l'atmosphère sont relativement lents. Toujours selon cet auteur, la diminution de la teneur en oxygène interviendrait en aval du rejet, avant que l'eau n'ait repris sa température initiale.

F. pH

Au cours de l'année, le pH varie entre 7, exceptionnellement 6,5 et 8,4. On notera que les eaux du bassin de rétention ont généralement un pH plus élevé comparativement aux autres stations.

Pendant l'hiver et le printemps, les valeurs sont souvent comprises entre 7,5 et 7,8 au niveau de toutes les stations.

En été, du fait l'intense activité photosynthétique, ces valeurs varient de 7,5 à 8,4.

G. CONDUCTIVITÉ

Au niveau de toutes les stations, les valeurs de la conductivité sont souvent comprises entre 1 550 et 3 650/cm.

La charge minérale de la MOSELLE et du site de LA MAXE est donc importante.

H. DURETÉ

La dureté d'une eau représente la somme des concentrations calcique et magnésienne. Les valeurs de la dureté des eaux d'une rivière dépendent des terrains qu'elle traverse.

Dans la MOSELLE, les teneurs enregistrées sont généralement supérieures à 350mg/l (concentration tolérable selon NISBET, 1970 et résultant de l'effet conjugué de la nature des terrains géologiques du bassin versant et des rejets industriels (soudières, salines...)).

I. LES CHLORURES

Les chlorures se trouvent principalement sous la forme de chlorures de calcium et leurs concentrations sont toujours supérieures à 100mg/l au niveau de toutes les stations.

Cette charge excessive est due à la nature des terrains géologiques que traversent la MOSELLE et ses affluents (Trias salifère) et aux rejets des soudières et salines implantées dans la vallée de la MEURTHE, affluent de la MOSELLE.

J. SULFATES

Les valeurs de ce paramètre varient entre 38 et 160mg/l. Ces variations saisonnières peuvent s'expliquer par les apports naturels (terrains marneux contenant des poussées gypseuses) mais également la fréquence des rejets industriels (décapages des métaux, industries chimiques).

K. LES ORTHOPHOSPHATES

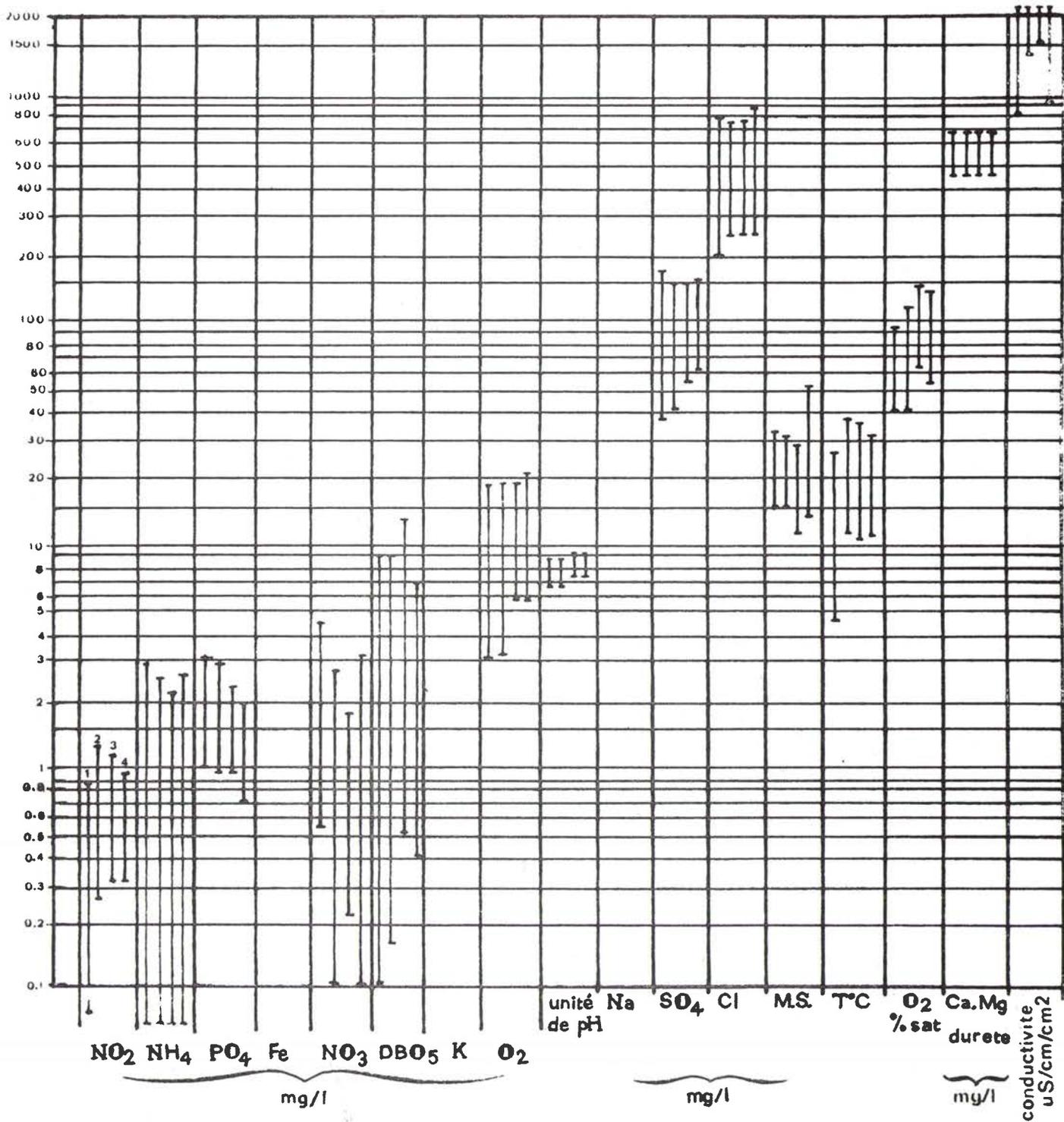
Les orthophosphates représentent la forme directement assimilable du phosphore par les végétaux.

Pendant les années 1975, 1976 et 1978, la teneur en orthophosphates au niveau de toutes les stations, a toujours été supérieur à 0,5mg/l (de 0,6 à 2,6mg/l). On peut cependant signaler une légère diminution dans le bassin de rétention. On peut penser que cette baisse est due à une utilisation de ce nutriment par la flore algale.

L. COMPOSANTS AZOTÉS

Le passage des eaux dans le condenseur ne modifie pas les teneurs en substances azotées.

Tableau I : Amplitudes des variations saisonnières de quelques paramètres physico-chimiques au niveau des stations 1.2.3.4. (d'après les analyses effectuées en 1976).



CONCLUSION

En conclusion, si l'on excepte le facteur température, il n'y a pas de différence significative entre la composition physico-chimique des eaux de la MOSELLE (canal de prise) et celle des eaux du bassin de rétention du site de LA MAXE.

En revanche, au niveau de la dérivation de LA MAXE, le réchauffement des eaux est constant, la température de celles-ci étant toujours supérieure à 10°C, et cela durant toute l'année.

IV. GÉNÉRALITÉ SUR LA BIOLOGIE DE LA CARIDINE

A. MILIEU DE VIE ET REGIME ALIMENTAIRE

B. LES GRANDES ETAPES DU DEVELOPPEMENT DE LA CARIDINE

C. MIGRATIONS

A. MILIEU DE VIE ET RÉGIME ALIMENTAIRE

La caridine vit sur des substrats divers représentés le plus souvent par des plantes aquatiques. Selon HUGUET D., SAUDRAY Y. (1976), elle trouve sur ces substrats une nourriture abondante constituée par des diatomées, des protozoaires, des petits crustacés, des rotifères. Pour ces auteurs, la micromorphologie des mandibules est particulièrement adaptée à la consommation de ce type de nourriture. Cela est d'ailleurs confirmé par l'examen des contenus stomacaux des individus récoltés dans la nature, lesquels sont, en effet, composés essentiellement de fragments de carapaces de petits crustacés, de frustules de diatomées, de morceaux d'algues et de débris divers.

Cependant, des élevages en laboratoires nous ont permis de constater que les caridines étaient parfaitement capables de survivre à un régime fait exclusivement d'algues, en l'occurrence des chlorelles ou des scenedesmus, ou à un régime constitué uniquement de proies vivantes, daphnies ou copépodes. Dans ce dernier cas, les caridines capturent activement les petits crustacés introduits dans le milieu d'élevage.

Nous pensons que, dans la nature, les caridines viennent capturer leurs proies parmi la végétation immergée et ingèreraient, par la même occasion, quelques fragments d'algues filamenteuses.

B. LES GRANDES ÉTAPES DU DÉVELOPPEMENT DE LA CARIDINE

1. Développement larvaire

Le développement larvaire d'*Atyaephyra desmaresti* a été bien étudié par JOLY (1843), puis par GAUTHIER, en 1924..

Selon GAUTHIER, le développement dure environ 18 jours ; il comporte huit phases larvaires dans la nature et neuf en élevage.

On distingue successivement :

La phase I ou Zoé

Les phases II à IV correspondant à la phase promysis

la phase V ou phase mysis

Les phases VII et VIII correspondant aux parva.

La zoé de la caridine est dépourvue d'appendices locomoteurs. Ceux-ci apparaissent progressivement d'avant en arrière au cours des phases II à VI qui représentent la première étape du développement.

La deuxième étape est caractérisée par une profonde métamorphose des pièces buccales lors du passage du phase VII à la phase VIII.

Toujours, selon GAUTHIER, les tailles des différentes phases larvaires sont comprises entre 2.2 mm et 4.9 mm, à savoir :

phase I	: de 2,2	à 2,225 mm
phase II	: de 2,350	à 2,500 mm
phase III	: de 2,600	à 2,700 mm
phase IV	: de 2,850	à 3,000 mm
phase V	: de 3,150	à 3,450 mm
phase VI	: de 3,700	à 4,000 mm

Tableau II : Les différentes étapes du développement de la caridine

Taille en mm	Stade	♂	♀
5	Stades larvaires (II à VIII)	indifférencié	indifférencié
6			
7	préjuvéniles (sexuellement indifférenciés)	indifférencié	indifférencié
8			
9	préjuvéniles (sexuellement indifférenciés)	indifférencié	indifférencié
10			
11	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
12			
13	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
14			
15	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
16			
17	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
18			
19	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
20			
21	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
22			
23	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
24			
25	juvéniles (sexuellement différenciés)	indifférencié	indifférencié
26			
		Adulte	Adulte

différenciation et croissance de l'appendix maxillaire	croissance des ovocytes
	prévitellogénèse
	vitellogénèse

indifférencié	indifférencié
les divisions gonadales	les divisions gonadales
différenciation des gonocytes	différenciation des gonocytes
différenciation des appendices sexuels	différenciation des appendices sexuels
spermatozoïdes présents	

phase VII : de 4,100 à 4,900 mm •

phase VIII: de 4,100 à 4,900 mm

2. Développement post-larvaire (tab. II, p. 27)

Cette étape du développement de la caridine débute lorsqu'après plusieurs mues larvaires, l'animal acquiert la morphologie de l'adulte.

Ainsi, et à mon avis, les phases VII et VIII, définis par GAUTHIER, ne peuvent être considérés comme de véritables stades larvaires. En effet, les animaux ayant atteint ce stade de développement ne diffèrent de l'adulte que par le fait que leur appareil masticateur n'est pas encore fonctionnel.

Je considère donc que la forme Parva, selon la terminologie de GAUTHIER, marque le début du développement post-larvaire.

Les autres stades du développement post-larvaire ont été définis en fonction de l'apparition des caractères morphologiques liés au sexe et la reproduction.

Pour DESCOUTURELLE, le développement post-larvaire comporte 4 stades successifs, à savoir :

- phase juvénile ;
- phase intermédiaire ;
- phase adulte ;
- phase post-génitale .

En ce qui me concerne, je distingue :

a) phase prédifférenciée

Les prédifférenciés ont une taille comprise entre 4,9 et 12mm. Contrairement aux animaux du stade précédent, ces

petites crevettes peuvent désormais se nourrir. Elles ne possèdent pas encore les caractères sexuels externes qui permettraient d'identifier leur sexe.

b) phase juvénile

C'est à partir de 13 mm que les caractères sexuels secondaires commencent à apparaître chez les jeunes caridines. L'acquisition de ces caractères s'achève à 18 mm pour les mâles, et 24 mm environ pour les femelles. (pl.IV, p.30-31).

c) phase adulte

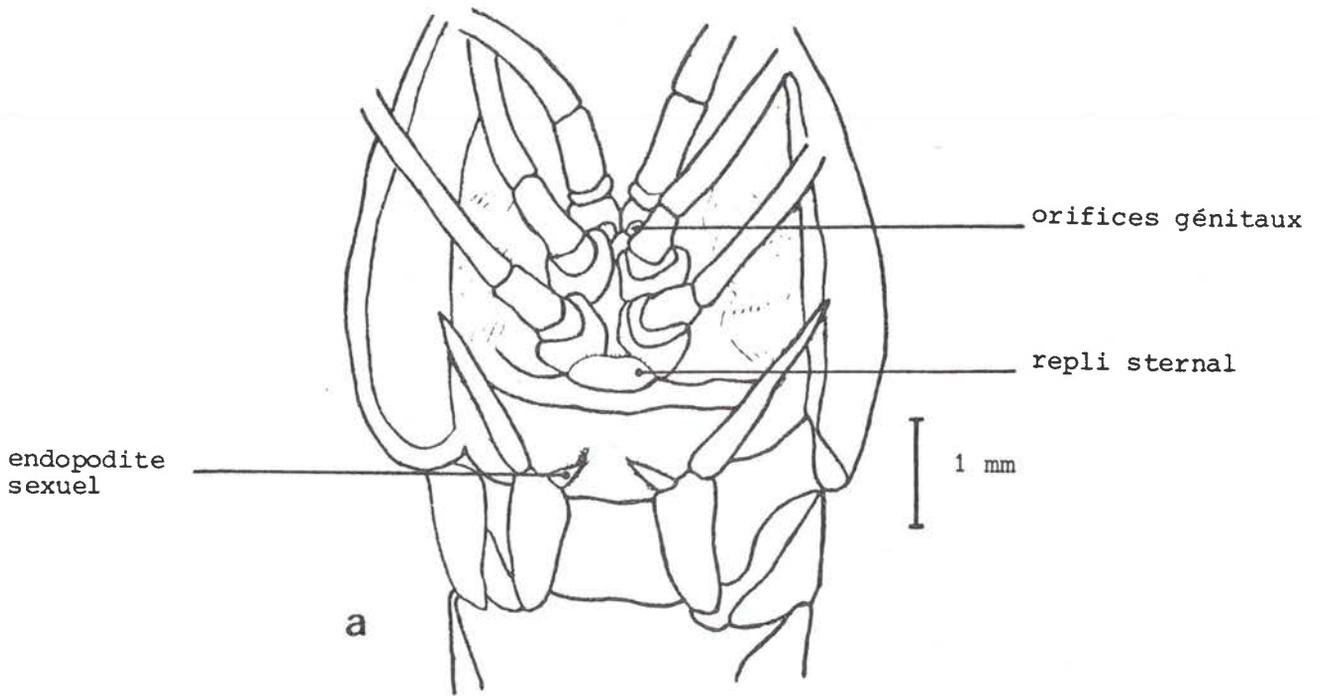
Pendant ce stade, d'autres caractères, mais cette fois liés à la reproduction, commencent à apparaître et se développer chez les animaux.

L'appendix masculina des mâles va se développer et devenir plus grand que l'appendix interna.

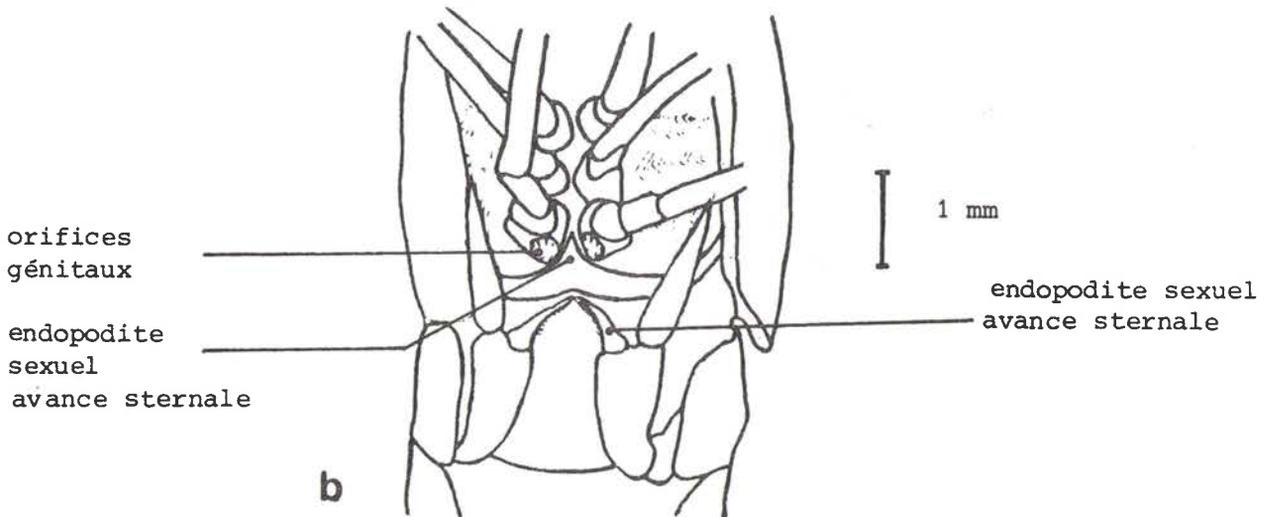
Chez les femelles, le développement de la cavité incubatrice, qui a débuté au stade précédent, se poursuit.

Les soies ovigères recouvrent peu à peu les coxopodites. A la fin de ce stade, lorsque les femelles ont une taille de 26 à 28 mm, on peut voir, grâce à la transparence des téguments, les ovaires qui ont une teinte brun-noir.

Chez les mâles, dont la taille est d'environ 24 à 25 mm, l'appendix masculina est 2,5 à 3 fois plus grand que l'appendix interna (fig.5, p. 31).



Caractères sexuels externes d'une caridine femelle



Caractères sexuels externes d'une caridine mâle

Caractères sexuels externes (suite)

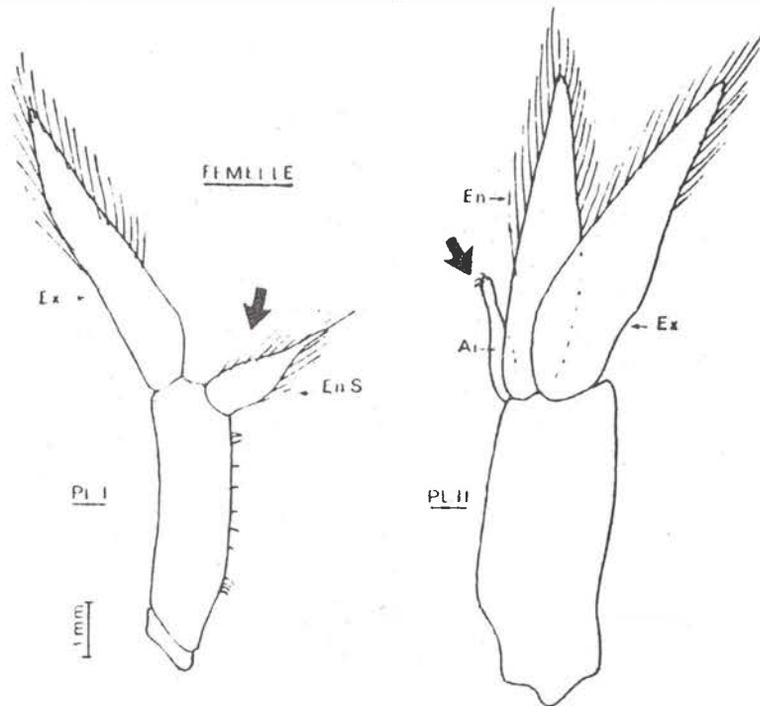


Figure 4

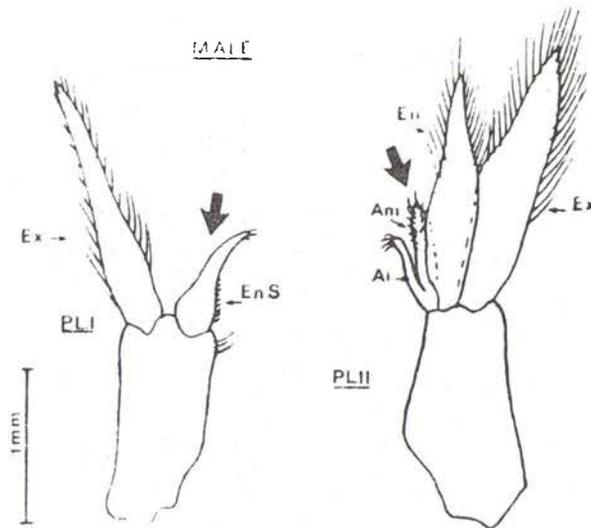


Figure 5

- PL I, II : pléopode (appendices abdominaux)
- Ex : exopodite
- En : Endopodite
- EnS : endopodite sexuel
- Ai : appendix interna
- Am : appendix masculina

3. Ontogénèse de l'appareil génital

Si la littérature scientifique fournit des données précises sur le développement post-embryonnaire de l'appareil génital des péracarides, notamment des amphipodes (GRAF 1958, CHARNIAUX, 1959) et des isopodes (LEGRAND et VANDEL 1949, JUCHAULT 1966), elle est beaucoup plus discrète en ce qui concerne les eucarides.

Je citerai cependant les travaux de DEMEUSY (1960) sur *Carcinus maenas* et l'étude descriptive récente des étapes de la morphogénèse sexuelle d'une écrevisse *Pontastacus leptodactylus* de G. PAYEN (1973).

A ma connaissance, aucune recherche de ce type n'a été conduite sur la caridine, *Atyaephyra desmaresti*. C'est la raison pour laquelle j'ai cherché à suivre l'ontogénèse sexuelle de ce crustacé.

Cette étude a été conduite en deux temps. Tout d'abord, j'ai décrit la morphologie des appareils génitaux adultes, mâles et femelles, puis j'ai suivi l'évolution de l'appareil génital au cours du développement.

Mon étude a porté sur des individus récoltés dans la nature. C'est la raison pour laquelle les principales étapes du développement de l'appareil génital sont décrites en relation avec la taille du crustacé, et non en fonction du nombre des mues.

a) techniques histologiques

L'extirpation entière de la gonade s'étant avérée délicate et aléatoire, j'ai préféré fixer en partie ou en totalité les animaux à étudier.

Les prédifférenciés, compte tenu de leur taille, sont fixés en entier. En ce qui concerne les adultes, seule la région s'étendant du rostre à la fin du second segment abdominal est conservé.

Les animaux ont été fixés dans le Bouin Hollande. Les coupes ont été faites à 5 μ et colorés à l'hémalum éosine.

b) morphologie de l'appareil génital

Les gonades de la caridine se présentent sous forme de deux cordons grêles, juxtaposés qui s'étendent du céphalothorax jusqu'au second segment abdominal. Elles sont situées juste au-dessus du tube digestif, et s'enfoncent sous le coeur dans la région abdominale. De chaque gonade se détache, latéralement par rapport à l'axe du corps de l'animal, un gonoducte qui débouche ventralement au niveau des coxopodites de la troisième paire de péréipode chez la femelle, et de la cinquième chez le mâle (figures 8 et 9, p. 34).

Une coupe transversale de la gonade montre que celle-ci est bordée d'une membrane conjonctive, accolée au

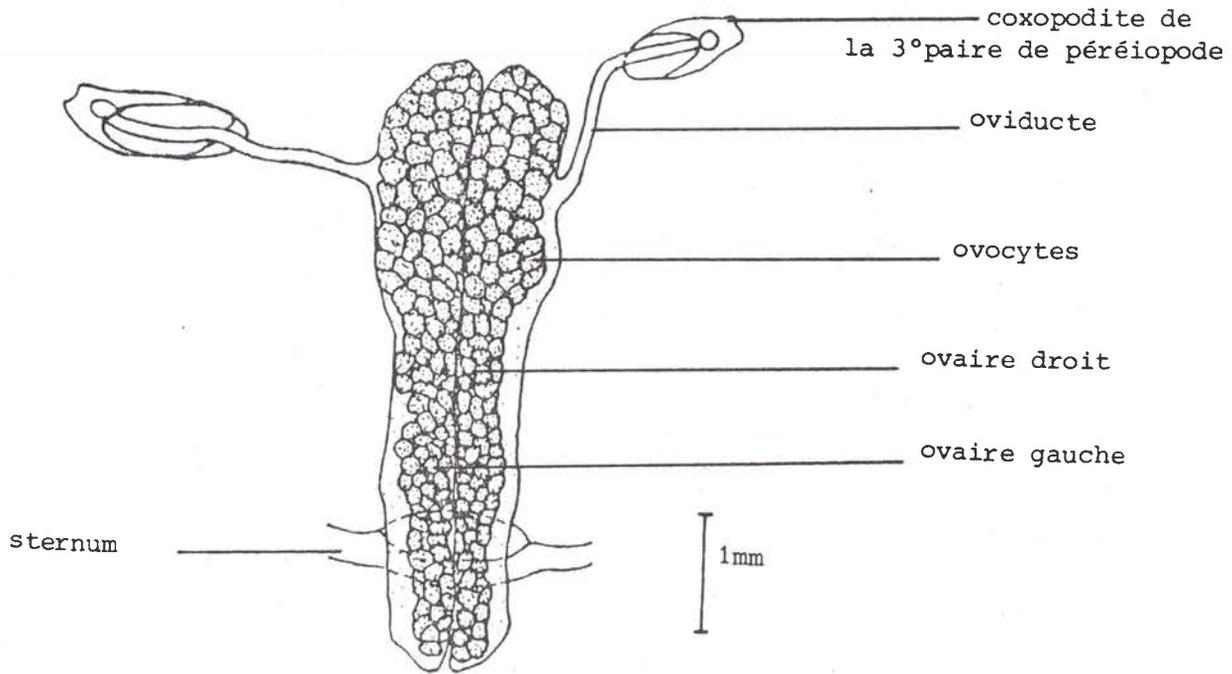


Figure 8 : Appareil génital femelle

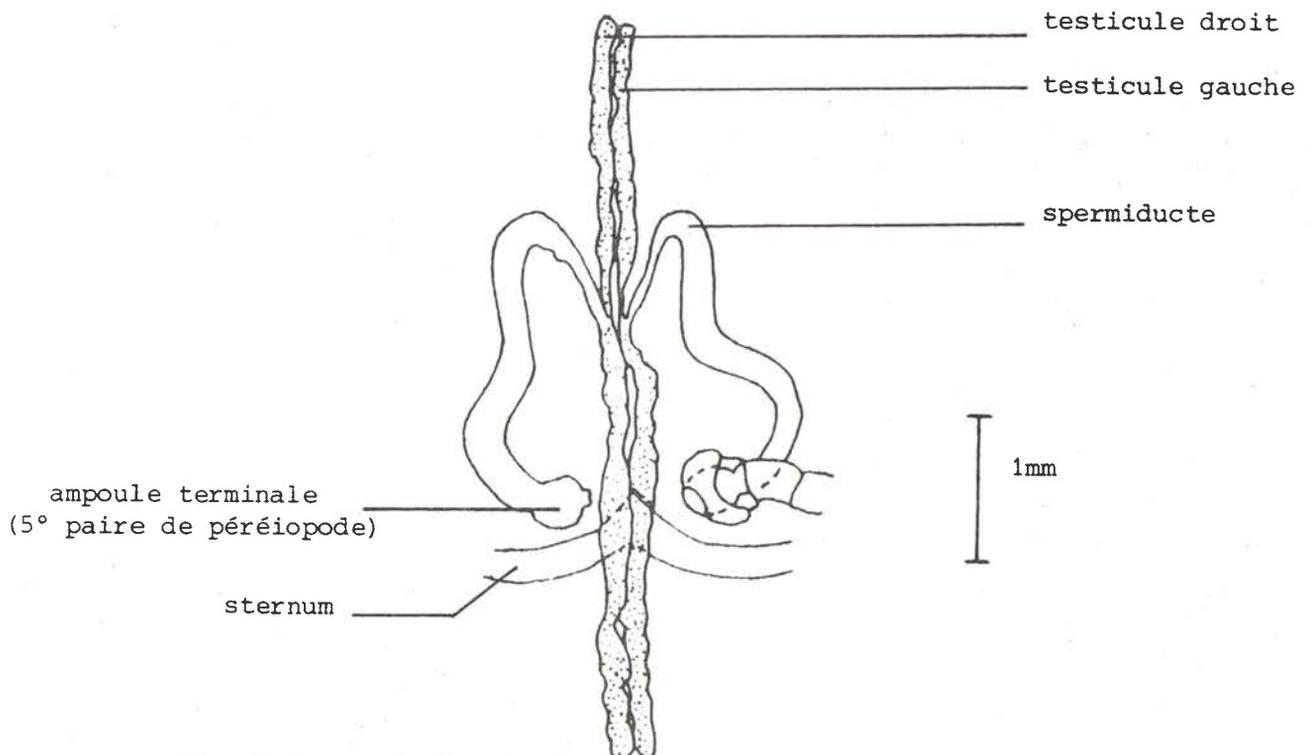


Figure 9 : Appareil génital mâle

septum péricardial. Les gonies sont noyées dans un réticulum mésodermique formant la zone germinative qui occupe la région la plus ventrale de la gonade.

La gamétogénèse s'effectue à partir de la zone germinatrice. Au cours de leur maturation, les cellules germinales s'éloignent ensuite de celle-ci pour occuper une position plus dorsale et proche de la cavité testiculaire ou ovarienne.

Les spermatozoides de la caridine sont de petites cellules arrondies sans flagelles, enrobées dans du mucus sécrété par les cellules spécialisées de l'épithélium testiculaire. (pl. 5 p. 38).

Les ovocytes sont en revanche des cellules de grandes tailles, avec un cytoplasme abondant, riche en grains de vitellus.

c) évolution de l'appareil génital au cours du développement

Les prédifférenciés de 5 à 10 mm possèdent déjà des gonades qui occupent la même position que chez l'adulte. Celle-ci sont constituées uniquement par des gonies, à gros noyaux clairs, entourées de cellules mésodermiques à petit noyau très chromophile. A ce stade, la distinction entre gonade mâle et gonade femelle, est impossible. (pl. VI p. 40)

Les premières divisions goniales qui marquent le début de la différenciation des gonades ont été observées chez les animaux dont la taille est d'environ 11 mm (planche VII a). Aussitôt après les divisions goniales, les ébauches des gonoductes sont bien visibles et sont entières chez les animaux de 12 à 13 mm. (pl. VII b et c, p. 42).

LEGENDE DE LA PLANCHE V

- a. Coupe longitudinale d'une caridine mâle de 15 mm :
localisation du testicule.

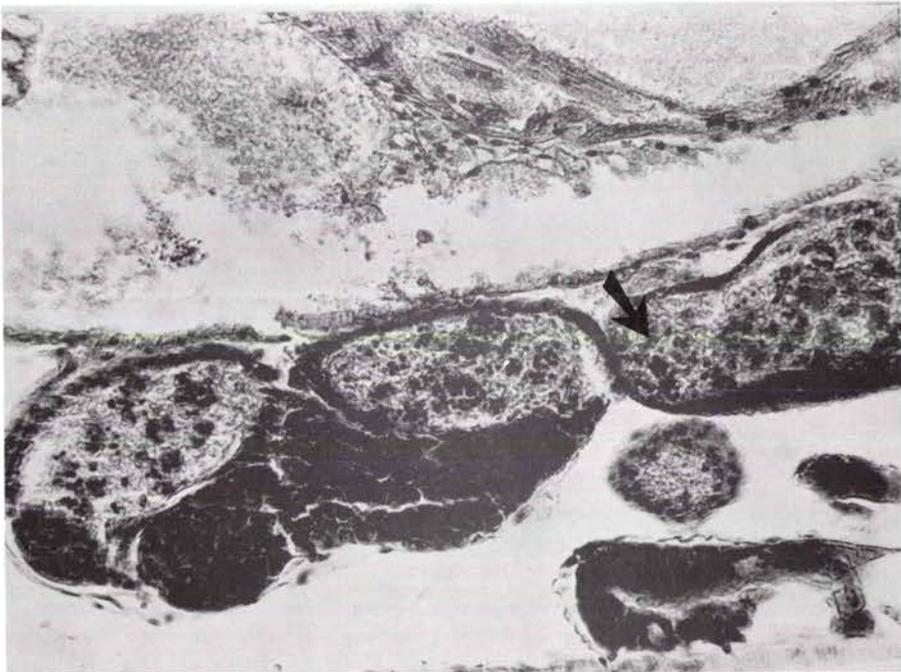
- b. Présence de spermatozoïdes dans les testicules.

- c. Ampoule terminale du canal déférent : présence de
spermatozoïdes.



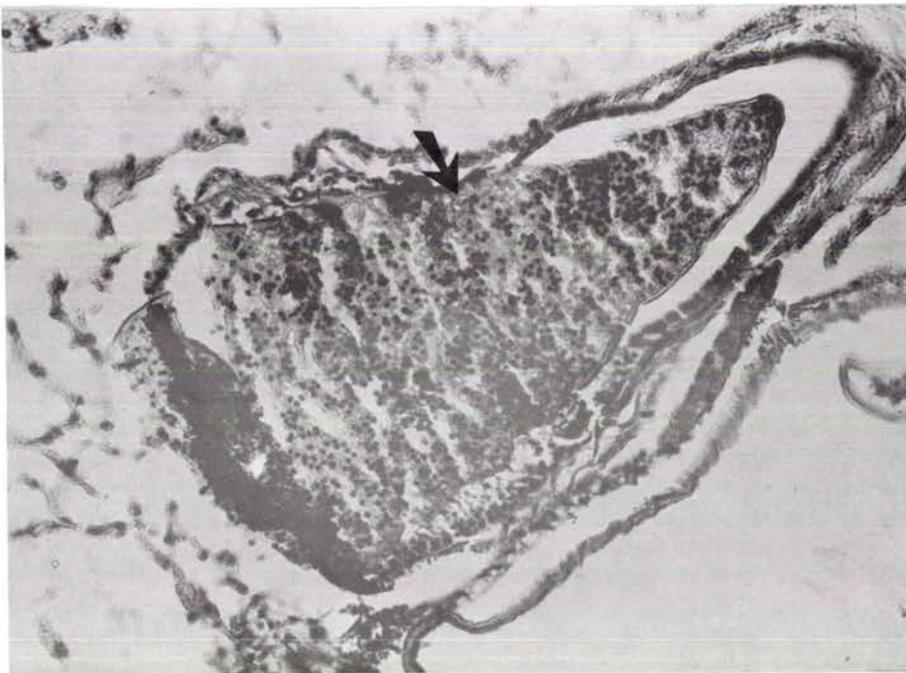
a

200 μ



b

40 μ



c

40 μ

LEGENDE DE LA PLANCHE VI

- a. Coupe transversale effectuée dans la région antérieure (par rapport au coeur) : gonades indifférenciées.

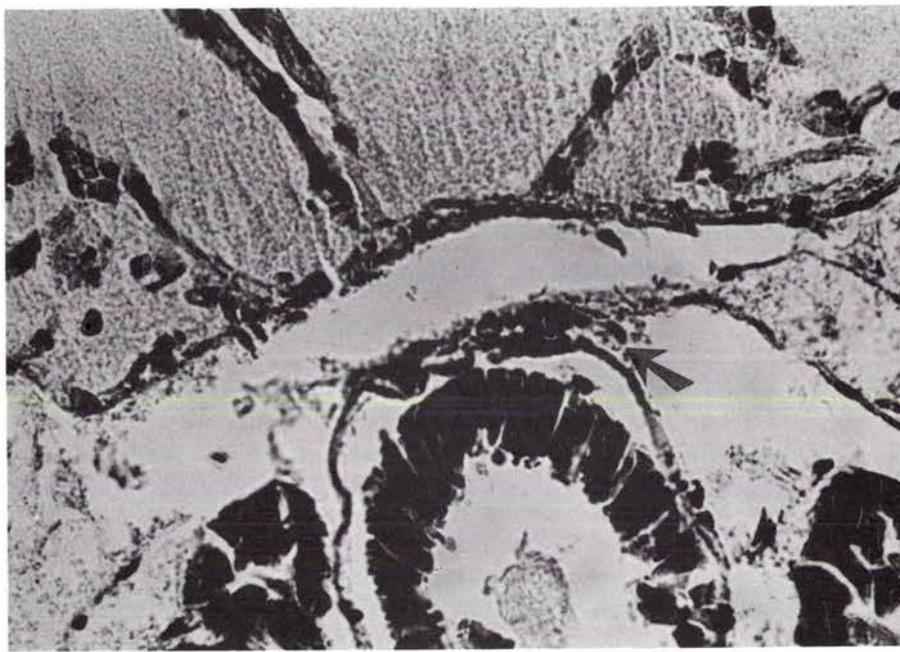
- b. Coupe transversale au niveau du coeur : gonocytes

- c. Coupe transversale effectuée dans la région abdominale (2° segment) : gonocytes



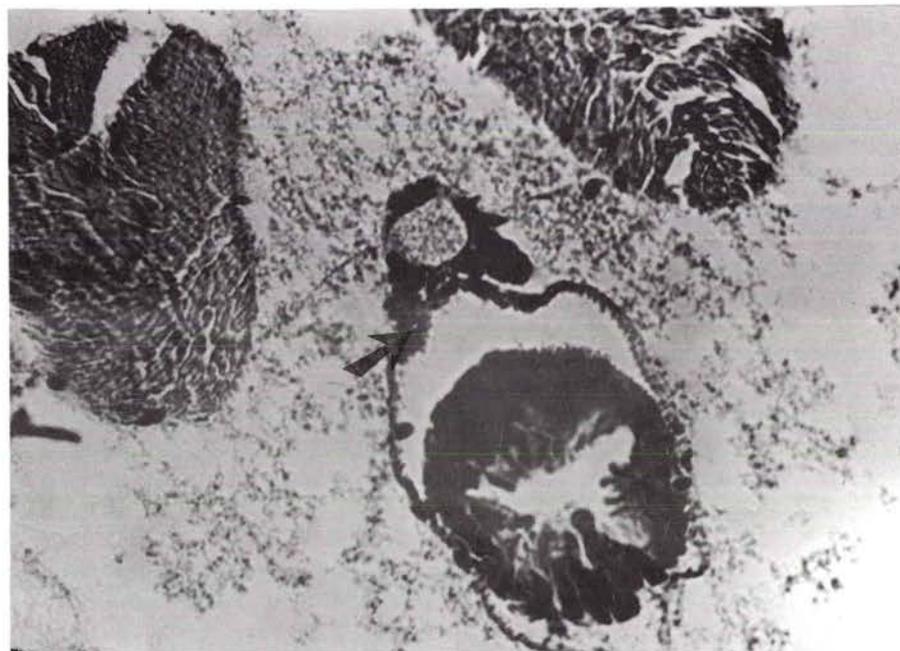
a

200 μ



b

40 μ



c

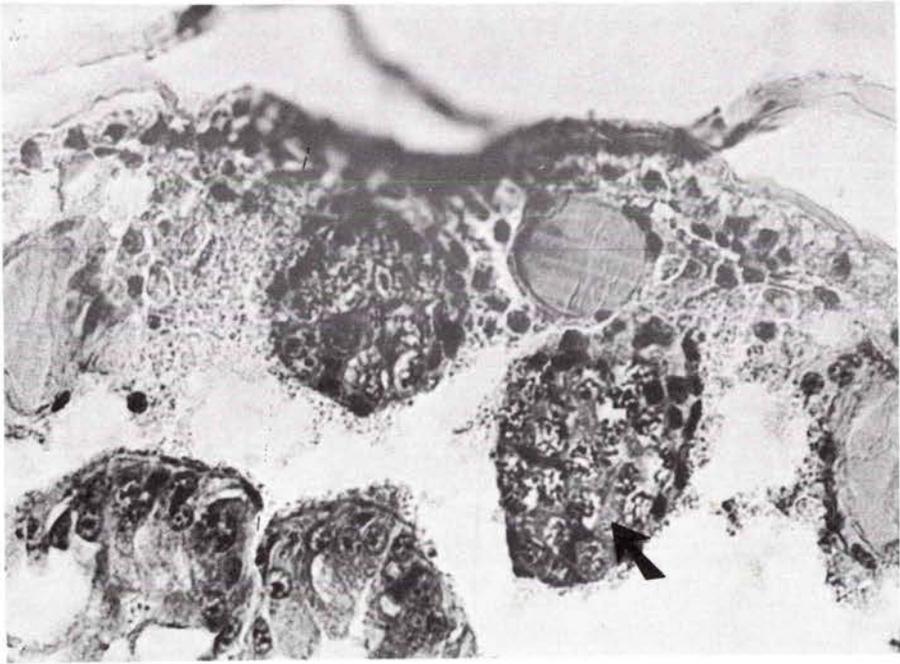
40 μ

LEGENDE DE LA PLANCHE VII

- a. Coupe transversale réalisée dans la région antérieure (par rapport au coeur) : premières divisions goniales chez une jeune caridine de 11 mm.

- b. Ebauches des canaux déférents chez une jeune caridine de 12 mm.

- c. Stade avancé de la différenciation des canaux déférents : caridine de 13-14 mm.



a

40 μ



b

40 μ



c

200 μ

A partir de ce stade, et quoique les gonades ne soient pas encore parfaitement différenciées, il est possible de distinguer la gonade mâle et la gonade femelle, en fonction de la situation des gonoductes.

La différenciation des gonades ne devient évidente que chez les individus de 13 mm.

En résumé, les caridines de 11 et 12 mm sont sexuellement déterminées, mais la présence des caractères sexuels secondaires notamment les endopodites sexuels (Stilamblys) du pléopode I ne s'observent que chez les individus de 13 à 14 mm.

4. Maturité sexuelle

L'ovogénèse se fait en deux temps :

. une phase de première croissance ou prévitellogénèse pendant laquelle l'ovocyte augmente de taille en accumulant les réserves, le cytoplasme ne changeant pas d'aspect,

. une seconde phase de croissance ou vitellogénèse, pendant laquelle la cellule continue d'accumuler les réserves. Le cytoplasme augmente de taille et s'opacifie. On peut ainsi y voir des grains de vitellus.

Au cours de cette évolution, les ovocytes se chargent d'une carotinalbumine (CAMPBELL-PARMENTIER, 1963), qui confère à l'ovaire une couleur jaune au début et brun-noir

à la fin de la vitellogénèse. La transparence des téguments permet de déterminer extérieurement le stade de maturité des femelles.

En ce qui concerne le testicule, le seul critère qui permet de définir la maturité sexuelle est la présence des spermatozoïdes dans les canaux différents. Au cours de l'étude histologique effectuée sur les gonades, je n'ai noté la présence des spermatozoïdes que chez les individus dont la taille était supérieure ou égale à 15mm. C'est-à-dire chez les spécimens récoltés en décembre. Si, à 15mm, le jeune mâle est sexuellement mûr, il n'est pas encore capable de s'accoupler. (pl.5, p. 38)

En effet, l'appendix masculina qui assure le transfert du sperme (DESCOUTURELLE, 1971) est encore absent ou seulement ébauché. Cet appendice n'est véritablement développé que chez les animaux de 22 à 24mm.

Conclusion

La maturation des produits génitaux n'est pas synchrone : les gonades mâles sont mûres bien avant les gonades femelles. Cette précocité du mâle est compensé par une période d'inactivité sexuelle au cours de laquelle se développe l'appendix masculina, organe indispensable au transfert du sperme à la femelle. Son complet développement est atteint précisément au moment où la femelle, qui vient de terminer la vitellogénèse, est apte à s'accoupler.

5. Glande androgène

La glande androgène, découverte pour la première fois chez *Orchestia gammarella* par CHARNIAUX-COTTON (1954) a été mis en évidence chez *Atyaephyra desmaresti* par HUGUET (1968). Cette glande est responsable de la différenciation des caractères sexuels primaires et secondaires mâles chez *Orchestia gammarella* (CHARNIAUX-COTTON, 1954a, 1957, 1965a, 1965b).

LEGRAND et JUCHAULT (1972), faisant une synthèse des différents travaux sur la différenciation sexuelle chez les crustacés, ont montré que si le rôle de la glande androgène est bien établi chez les amphipodes et les isipodes, elle pose encore des problèmes chez les décapodes. En effet, chez les décapodes, l'activité spermatogénétique n'est pas toujours précédée ou synchronisée de celle de cette glande.

CHARNIAUX-COTTON (1972, 1975) pense que les jeunes crustacés, qui ne répondent pas aux expériences d'implantation de la glande androgène, ont une zone germinative qui se différencie précocément.

Les récents travaux de TOUIR (1977) sur *Lysmata seticaudata*, *Leander serratus* et *Crangon crangon*, viennent d'établir que chez les décapodes Natantia gonochoriques, la glande androgène est indispensable à la réalisation des caractères sexuels secondaires mâles. Son implantation chez une femelle n'entraîne pas la masculinisation de ses caractères sexuels. Chez le mâle, l'extirpation bilatérale de la glande androgène ne provoque pas la régression des caractères sexuels externes. Si on ampute un appendice sexué chez ce mâle, celui-ci régénère, mais sous une forme indifférenciée. Ce qui revient à dire, que si l'hormone androgène circulante induit l'apparition des caractères secondaires chez les mâles de décapodes Natantia, elle n'est pas nécessaire à leur maintien.

Toujours selon cet auteur, l'hormone androgène active la division des gonies grâce à son pouvoir mitogène, mais ne détermine pas le sens dans lequel ces cellules vont évoluer. L'auteur conclut que la zone germinative des crustacés décapodes *Natantia gonorochiques* n'est pas masculinisable par l'hormone androgène. Celle-ci est assurée par une neurohormone.

Au cours de l'étude histologique sur la morphologie de l'appareil génital, j'ai tenté de mettre en évidence la période d'apparition de cette glande chez *Atyaephyra desmaresti*, sans pouvoir y parvenir. Elle ne doit être représentée à l'origine que par un petit nombre de cellules difficiles à mettre en évidence. Il est vraisemblable qu'elle doit apparaître avant la réalisation des caractères sexuels externes, c'est-à-dire les crustacés de 10 à 11 mm, et peut-être disparaître au cours du développement, puisque nous ne l'avons pas trouvé chez les adultes.

C. ÉTUDE DES MIGRATIONS

Les prélèvements répétés, effectués au cours de cette étude, m'ont permis de constater que la caridine est très abondante au niveau du site de LA MAXE. Il m'a semble logique de relier cette abondance aux conditions climatiques particulières de ce site.

Le vaste bassin de rétention étant en communication avec la MOSELLE, le passage des caridines d'un milieu à l'autre est en effet possible. C'est par cette voie, à mon avis, que la caridine aurait colonisé le bassin de rétention.

Dans le but de vérifier l'éventualité de telles migrations, j'ai procédé aux marquages d'un certain nombre d'individus de chaque récolte, et tenté de suivre leurs déplacements.

Les fluctuations saisonnières des effectifs de la population au niveau des stations pouvant apporter des renseignements à ce sujet, j'ai également adopté cette méthode.

1. Technique de marquage

Le marquage des individus se fait par section de l'exopodite ou l'endopodite des uropodes, ou encore par section partielle du telson (fig.6, p. 49).

Des observations au laboratoire m'ont permis de constater que cette opération était sans risque pour les animaux et que la régénération des appendices sectionnés des préadultes, élevés à des températures comprises entre 15 et 18°C, était totale parès trois mues successives. La durée de l'intermue étant de 14 jours à 20°C (DESCOUTURELLE, 1976), j'ai constaté qu'il était nécessaire, afin que les observations ne soient affectées par le phénomène de régénération, de relever les substrats toutes les semaines.

2. Résultats (tab. III,VI,V,VI p. 50)

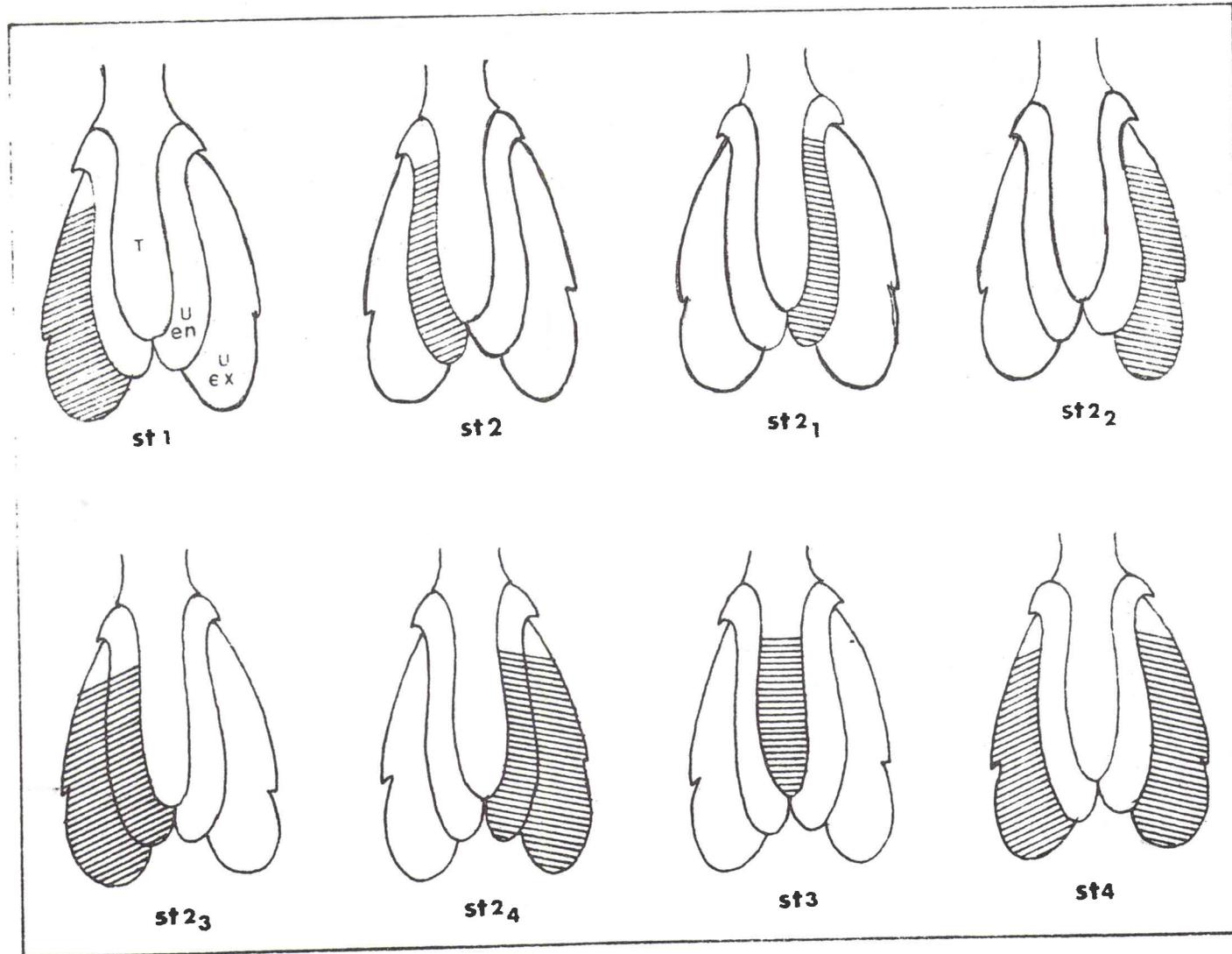
Marquage : Compte tenu du nombre restreint d'individus marqués (329), le taux de recapture est relativement élevé (7,9%). L'examen des tableaux III,IV,V,VI fait apparaître que les déplacements mis en évidence sont généralement de faible amplitude. En outre, très souvent, les animaux marqués sont retrouvés en amont de leur point d'origine, que la durée de vie de ce crustacé n'excède généralement pas une année. Les pics d'abondance enregistrés à partir de juillet corres-

pondent à l'apparition de la nouvelle génération. (fig.7, p.51)

Conclusion

Bien que reconnues sédentaires, les caridines adultes, comme nous venons de le voir, présentent une certaine mobilité et peuvent remonter le courant. Cependant, leurs déplacements semblent être de faible amplitude. Comme STEPHEN (1939), je pense que la dispersion de l'espèce doit être assurée essentiellement par les stades larvaires planctoniques.

Figure 6 : Possibilités de marquage des individus en fonction des stations)
 (en hachures, partie sectionnée)



Tableaux III, IV, V, VI

marquage : 15.3.77 - reprise : 29.3.77

III		Stations									
		M	R	2	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	3	4	
Stations	2	3	1	→	1						
	2 ₁	16									
	2 ₂	-									
	2 ₃	9									
	2 ₄	22		←	1	←	1	←	1	→	3
	3	50									
	4	9									1
											●

M : nombre d'animaux marqués
 k : nombre d'animaux repris

marquage : 29.3.77 - reprise : 12.4.77

IV		Stations								
		M	R	2	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	3	4
Stations	2	11	●	→	1					
	2 ₁									
	2 ₂									
	2 ₃									
	2 ₄	44				←	1	●		
	3	24						←	1	●
	4	37							←	2
										●

marquage : 12.4.77 - reprise : 26.4.77

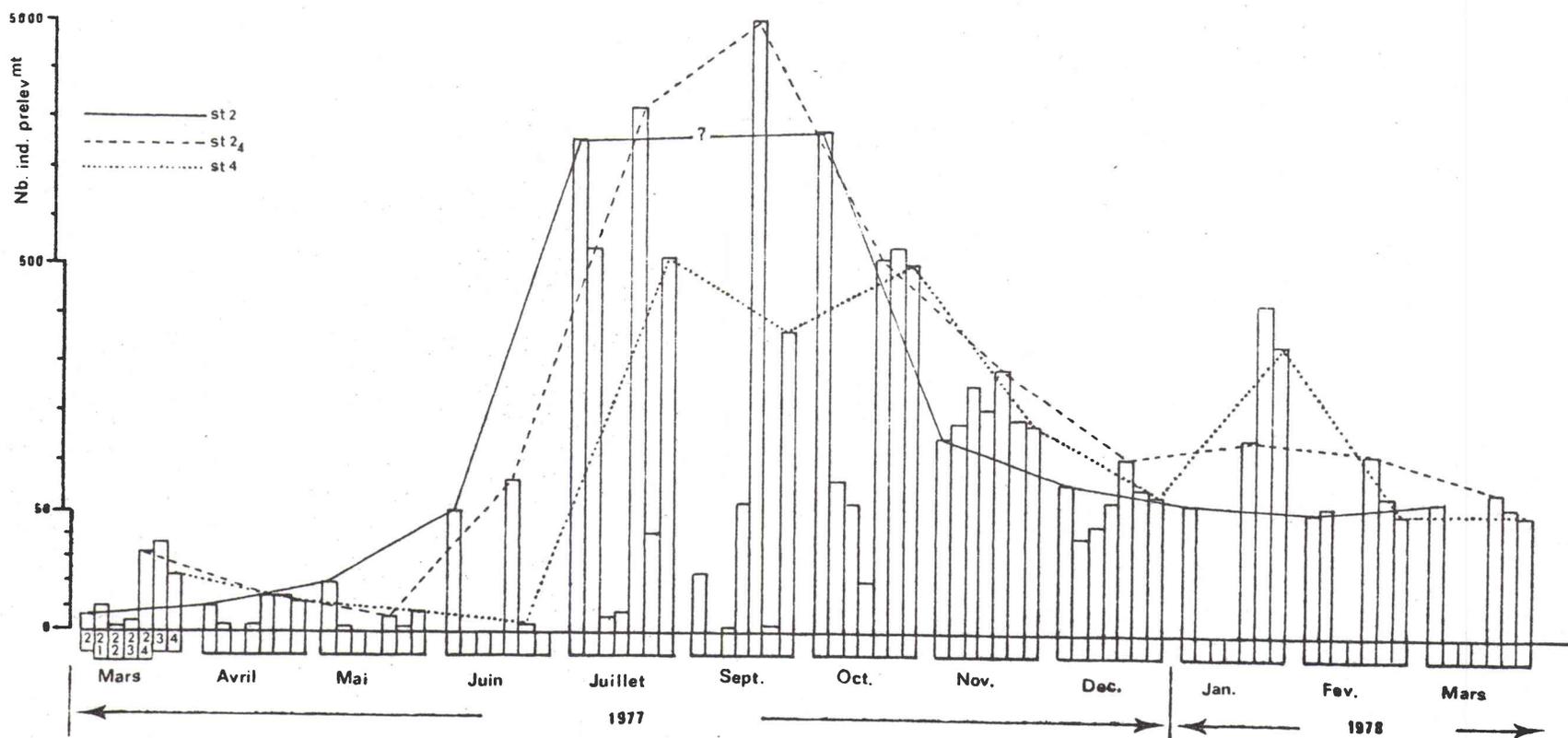
V		Stations								
		M	R	2	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	3	4
Stations	2	15								
	2 ₁									
	2 ₂									
	2 ₃									
	2 ₄	9			←	1	●			
	3	23					←	1	●	
	4	14			←	1		←	1	●

marquage : 29.4.77 - reprise : 11.5.77

VI		Stations								
		M	R	2	2 ₁	2 ₂	2 ₃	2 ₄	3	4
Stations	2	4	●	→	1					
	2 ₁									
	2 ₂									
	2 ₃									
	2 ₄	20			←	1	●			
	3	7								
	4	12								

● Stations d'origine des individus marqués
 ← Vers l'amont
 → Vers l'aval

Figure 7 : Variations saisonnières des effectifs de la population de caridines de la zone réchauffée du site de la MAXE.



V. ACTION DE LA TEMPÉRATURE SUR DIVERS ASPECTS
DE LA BIOLOGIE DE LA CARIDINE

- A. EVOLUTION SAISONNIERE DU CYCLE D'INTERMUE
ET DE LA CROISSANCE
- B. CYCLE DE REPRODUCTION ET DEVELOPPEMENT LARVAIRE
- C. MATURATION DES GONADES
- D. EVOLUTION DE LA SEX-RATIO

V. ACTION DE LA TEMPÉRATURE SUR DIVERS ASPECTS DE LA
DE LA BIOLOGIE DE LA CARIDINE

A. CYCLE D'INTERMUE ET CROISSANCE DES ANIMAUX

1. Evolution saisonnière du cycle d'intermue

a) Chez les crustacés en général

L'intermue est la période qui sépare deux mues successives. Sa durée varie souvent en fonction de la taille de l'animal et des conditions physico-chimiques.

Suite aux travaux de DRACH chez *Carcinus meanas* (1939, 1944), l'intermue a été subdivisée en plusieurs stades, ceci en fonction du décollement de l'épiderme, de l'évolution des soies et de la sécrétion de la nouvelle cuticule. Cette subdivision de l'intermue a été reconnue et généralisée chez les crustacés marins, notamment par PASSANO (1960), TCHERNIGOVTZEFF (1965), DRACH et TCHERNIGOVTZEFF (1967). Le cycle d'intermue a été d'abord divisé en quatre périodes : A, B, C, D, périodes qui ont été reconnues chez la plupart des crustacés.

Période C

C'est durant cette période que l'organisme est en repos physiologique en ce qui concerne la mue ; aucune modification n'est observée au niveau des téguments.

Période D

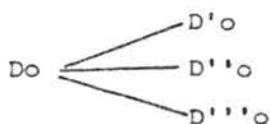
Cette période est, en revanche, celle au cours de laquelle se déclenchent les mécanismes qui vont aboutir à la formation de la nouvelle cuticule, elle s'achève par l'exuviation.

Périodes A et B

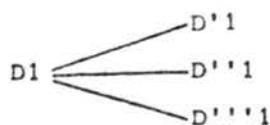
Pendant toute la période A, l'animal absorbe beaucoup d'eau et la cuticule reste molle. Ce n'est qu'au cours de la période B que la cuticule va se calcifier progressivement.

Généralement, du point de vue de la durée, les périodes C et D sont à peu près identiques, mais pour certaines espèces, l'une d'elle peut être plus longue. La période B est en générale plus longue que la période A. Chez les Natantia, qui ont un squelette beaucoup moins calcifié, la période D seule occupe plus de 70% de la durée de l'intermue.

Des observations plus attentives ont permis de préciser l'évolution des différentes périodes précédemment décrites, en se fondant notamment sur la formation des soies. C'est ainsi que la période D a été découpée en 5 stades :



décollement progressif de l'épiderme



formation des nouvelles soies par invagination épidermique autour du faisceau fibrillaire



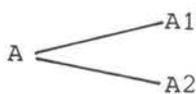
*formation de la couche préexuviale par épais-
sissement de la nouvelle membrane*



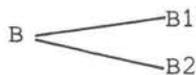
résorption de l'ancienne cuticule

Ces deux derniers stades sont difficilement identi-
fiables chez les animaux ayant une intermue courte : c'est
notamment le cas pour les crevettes.

Les périodes A et B, quant à elles, ont été
découpées en 2 stades chacune :



*la matrice de la soie occupe encore tout
l'étui de la soie
début de la rétraction de la matrice vers
la base de la soie*



*matrice totalement rétractée, début de
formation du cône des soies
cône bien formé*

L'identification des stades d'intermue se fait
au microscope, sur l'exopodite d'un pléopode ou d'un urodope
prélevé sur le vivant et monté le plus rapidement possible
dans une goutte d'eau entre lame et lamelle. En effet, la
transparence et la faible épaisseur de ces appendices permettent
d'observer le stade d'évolution des téguments et des soies.
La formation de la nouvelle cuticule débutant à l'apex de
l'appendice et progressant vers la base, le repérage des stades
d'intermue doit obligatoirement se faire par l'examen des soies
de la partie distale de l'appendice.

b) chez *Atyaephyra desmaresti*

En 1972, HUGUET et DESCOUTURELLE ont simultanément reconnu et décrit les différents stades de l'intermue chez la caridine.

Ainsi, la période D occupe 72,5% de la durée de l'intermue, alors que les périodes A, B et C n'en représentent que 27,3% (HUGUET, 1972).

Incidences de la température sur le cycle d'intermue

L'évolution du cycle d'intermue des caridines a été suivie par DESCOUTURELLE dès 1976, sur des animaux pêchés dans le canal de la MARNE au RHIN. Selon cet auteur, les animaux muent pendant toute l'année, excepté pendant la période hivernale où il se produit un blocage de la mue. Les individus récoltés à cette époque de l'année sont tous, soit au stade C, soit au stade Do. Cet anecdysis hivernal est rompue au printemps.

C'est également ce que nous avons observé dans le canal de prise d'eau de la centrale de LA MAXE. En effet, dès la première quinzaine de décembre, les individus récoltés sont au stade C ou Do, comme on peut le constater sur le graphe. En avril, il y a reprise générale de la mue, ce qui se traduit par l'apparition progressive des autres stades d'intermue.

En revanche, dans le canal de rejet des eaux chaudes et le bassin de rétention, les animaux muent toute l'année : le phénomène d'anecdysis hivernal ne se produit pas.

Des essais au laboratoire ont permis à DESCOUTURELLE (1976) de montrer qu'en deçà de 10°C, le déroulement de la mue est fortement ralenti, voire bloqué. Lorsque la température d'élevage est supérieure à 10°C, les animaux muent normalement. C'est au stade Do que s'exerce l'action du froid : ce qui explique le fait que la plupart des animaux restent aux stades C et Do pendant la période hivernale.

Les variations thermiques saisonnières du canal de prise d'eau du site de LA MAXE sont identiques à celles du canal de la MARNE au RHIN (tab.VII p.74).

Si les températures estivales sont assez élevées (jusqu'à 25°C) en hiver, elles sont toujours inférieures à 10°C, ce qui explique le blocage de la mue aux stades C et Do. (fig.10 p.58)

Le régime thermique du canal de rejet et du bassin de rétention sont nettement différents. Les eaux pompées dans la MOSELLE par l'intermédiaire du canal de prise sont constamment réchauffées au niveau des condenseurs de la centrale thermique. Ainsi, leur température est toujours supérieure, même en hiver, à la température seuil (10°C) définie par DESCOUTURELLE. Ce microclimat permet aux caridines de conserver une activité métabolique élevée tout au long de l'année et leur évite le phénomène d'anecdysis hivernal. (fig.11, p.58).

Pendant les mois de janvier et février, les animaux de la station 4 subissent le phénomène d'anecdysis hivernal du fait que pendant ces deux mois, la température des eaux est légèrement inférieure à 10°C. (fig.12 p.59)

De nombreux auteurs ont montré les effets de la température sur la mue chez les crustacés, sans pour autant pouvoir en préciser le rôle et le niveau d'action.

AU NIVEAU DES STATIONS 1.2.4.

Figure 10

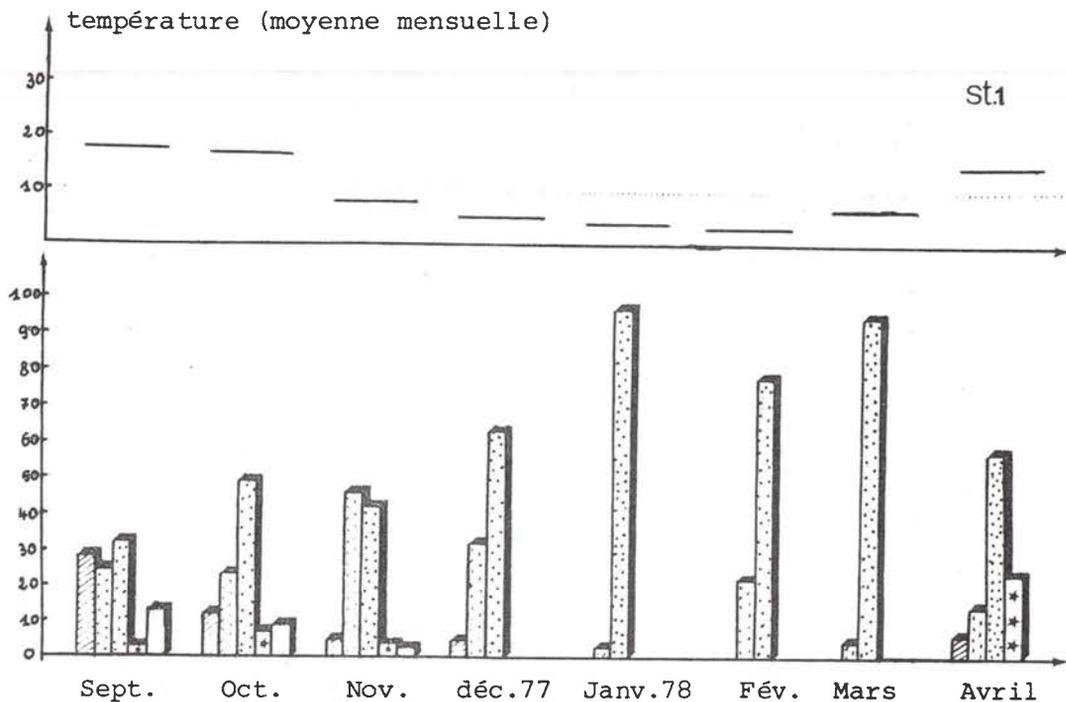
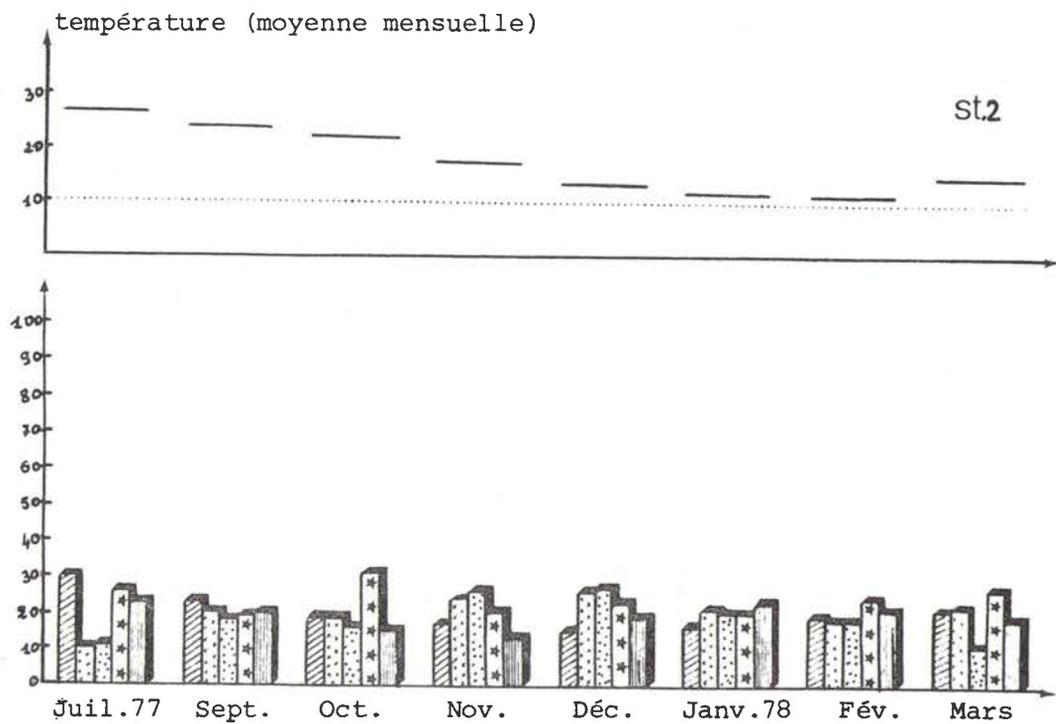


Figure 11



A.B

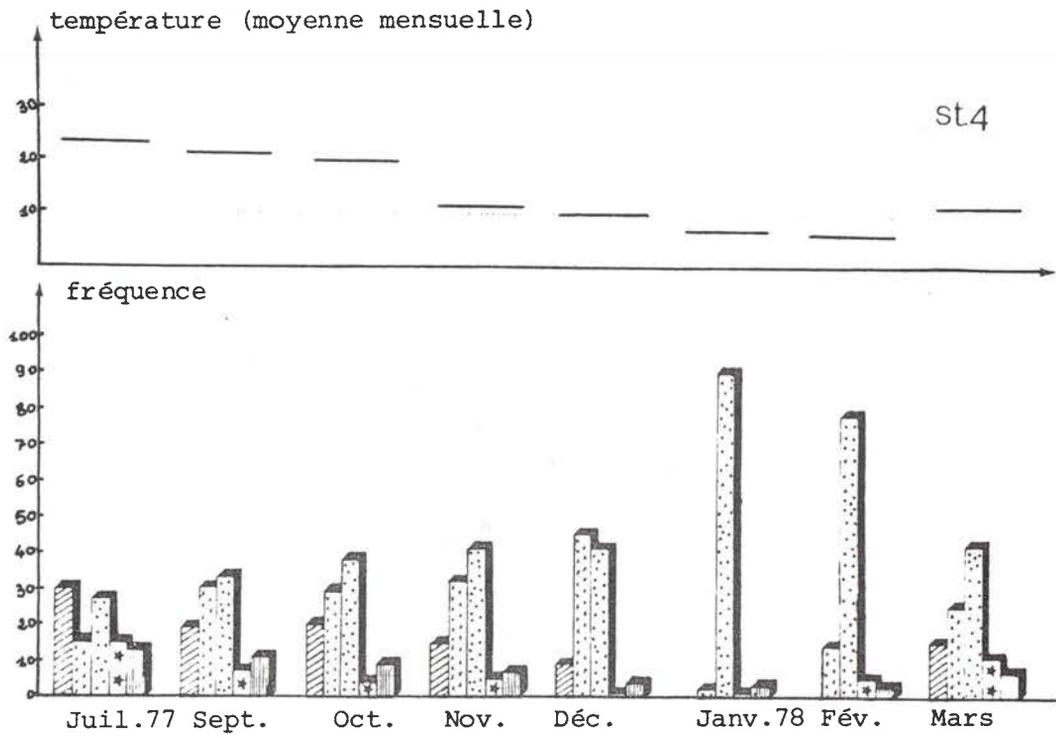
D₀

C

D₁

D₂

Figure 12



CUZON et COGNIE (1970), par des essais au laboratoire, ont montré que les chocs thermiques chaud ou froid, diminuent ou allongent la durée de l'intermue chez *Panaeus kerathurus* et précisent que c'est au stade Do que ces chocs thermiques sont efficaces.

PASSANO (1960) pense que c'est au niveau du métabolisme basal que s'exerce l'action de la température, alors que pour Judith SWEIN (1976) c'est plutôt au niveau de la production d'ecdysone que ce facteur s'exprime.

Comme nous pouvons le constater, il est prématuré pour le moment de prendre position pour une des deux hypothèses, tant que les mécanismes du déterminisme de la mue demeureront hypothétiques (VERNET, 1976). Je crois cependant, que cette action se manifeste à différents niveaux, aussi bien hormonal que métabolique, l'un pouvant être la conséquence de l'autre.

2. Croissance au cours du cycle de développement

a) technique de mesure

La manipulation d'une caridine vivante, animal très agile, n'est pas toujours aisée, et ne facilite pas leur mensuration. Pour ce faire, plusieurs méthodes ont été utilisées. Dans un premier temps, j'ai employé celle préconisée par H. et L. NOUVEL (1935).

Elle consiste à placer l'animal sur un substrat mou (liège ou paraffine) et à ficher deux épingles, l'une contre le rostre, l'autre à l'extrémité du telson. On mesure ensuite l'écart entre les deux épingles. Cette méthode est précise, mais elle est peu pratique lorsqu'on veut mesurer un grand nombre d'individus. Aussi, ai-je adopté une méthode plus appropriée.

Le spécimen à mesurer est placé dans un petit bac circulaire, rempli d'eau, ce qui réduit les réactions brutales de l'animal et facilite les manipulations ultérieures. Lors de la mesure, la caridine maintenue à l'aide de pinces fines est amenée au niveau d'une bande de papier millimétré placé au fond du récipient. La précision de la mesure est, dans ces conditions, de l'ordre de 0,5 mm.

b) résultats

L'étude de la fréquence des tailles permet de constater que du mois de mars 1977 au mois de mai 1977, la taille des animaux est comprise entre 20 et 35 mm. Celle des mâles varie de 20 à 30 mm, tandis que les femelles croissent de 20 à 30 mm (exceptionnellement 35 mm, taille atteinte par certaines femelles qui ont plus d'un an d'âge).

L'apparition de la nouvelle génération (pré-différenciée) à partir du mois de juin, ramène l'écart des tailles de 5 à 25 mm. (fig. 13,14,15,16)

Au cours des mois suivants, du fait de la croissance de la nouvelle génération, cet écart diminue progressivement jusqu'au mois de mars 1978 (début de la période de reproduction dans le canal de rejet et le bassin de rétention). Les prédifférenciés devenus mâles ont grandi de 5 à 30 mm.

L'étude de l'évolution de la taille moyenne des animaux au niveau des stations, quant à elle, permet de suivre les rythmes de cette croissance au cours des saisons.

J'ai choisi la station 2 (figure 18) pour décrire cette évolution du fait que les différences

Figure 13

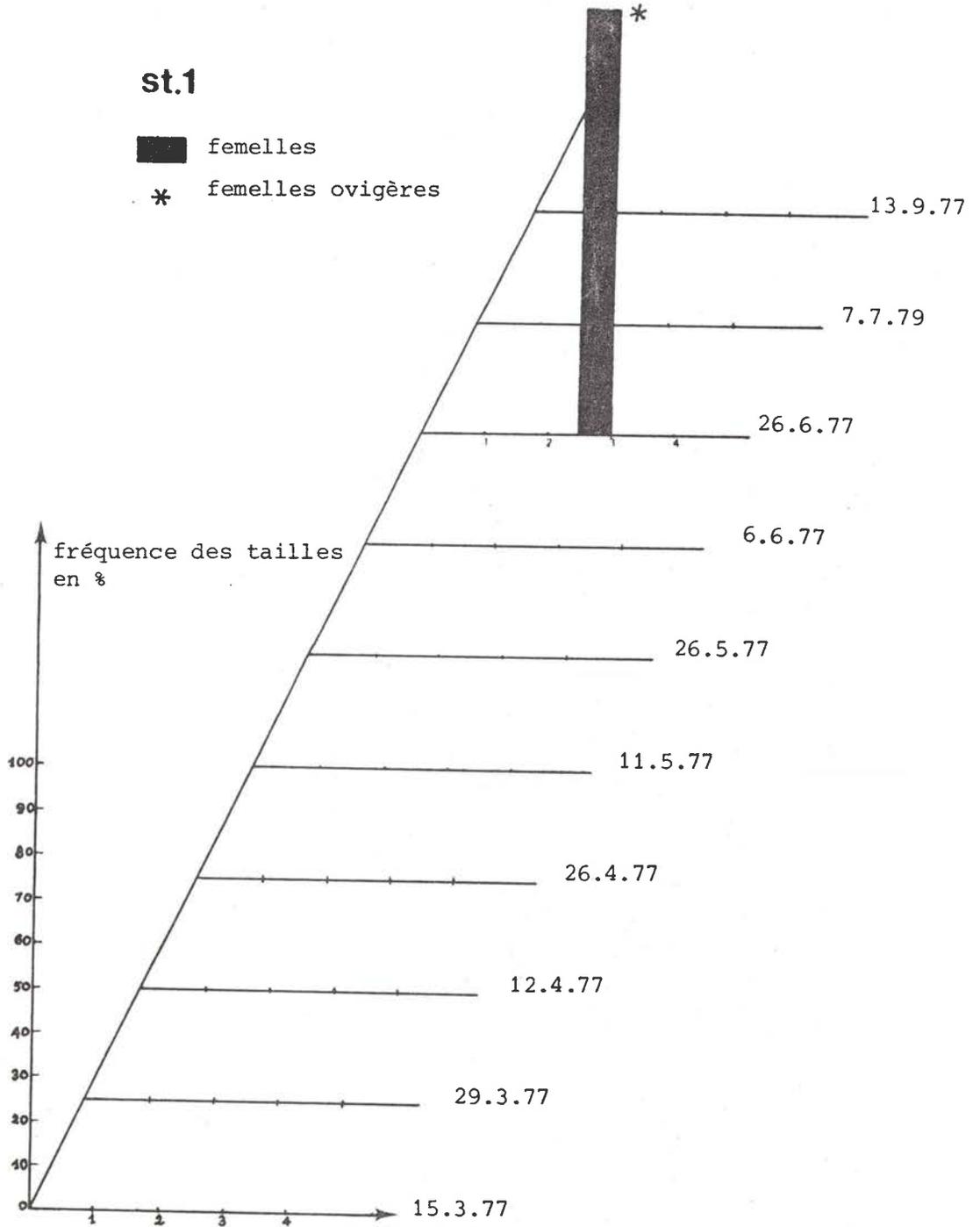


Figure 14

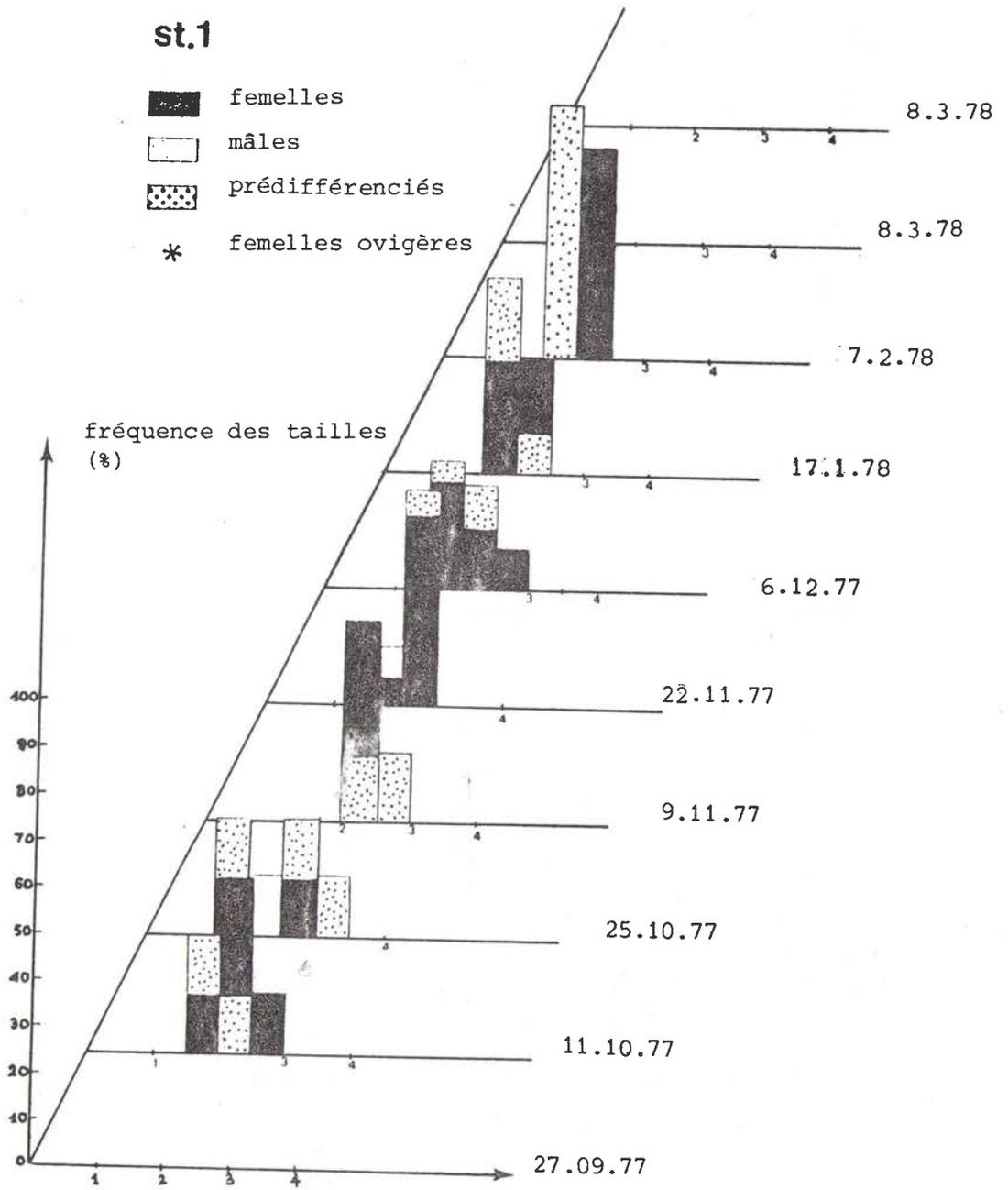


Figure 15

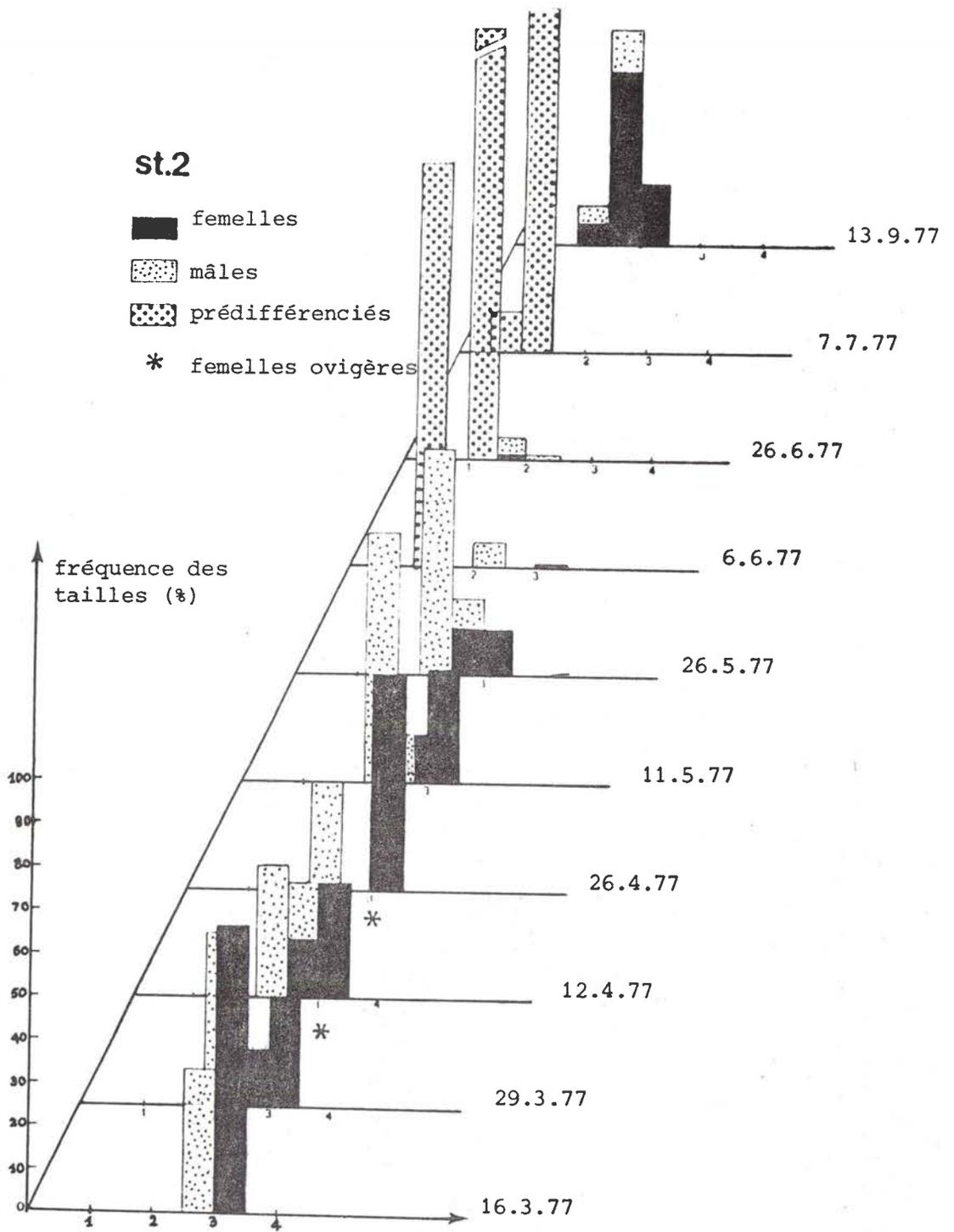
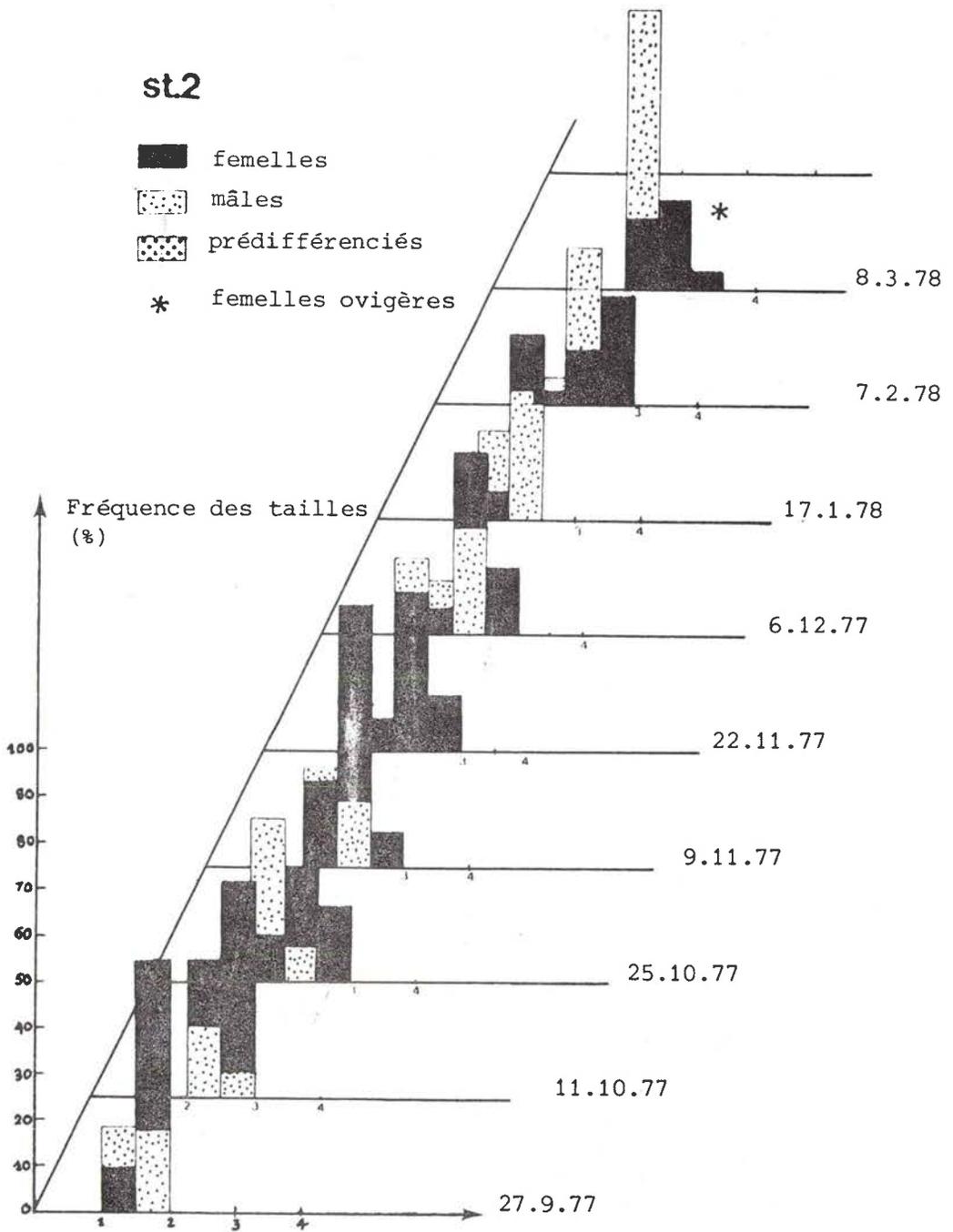


Figure 16



entre les autres stations et celle-ci ne sont que d'ordre chronologiques.

On peut noter un décalage entre la courbe des mâles celle des femelles : les femelles sont plus grandes que les mâles. A cette période de l'année, les animaux se sont déjà accouplés et les femelles portent des oeufs : ce sont donc des adultes. Le graphe montre que les deux courbes sont presque horizontales, ce qui signifie que les animaux croissent peu ou pas du tout jusqu'à leur fin de cycle (juin).

A partir de juin 1977, du fait de l'apparition de la nouvelle génération, les deux courbes décroissent, et la taille moyenne des individus des deux sexes est de 12 mm (juillet 1977).

Au mois de septembre, la taille moyenne des mâles est de 15,8 mm, alors que celle des femelles est déjà de 19 mm. En effet, dès le mois de juillet, les deux courbes s'écartent. Les animaux des deux sexes croissent rapidement au cours des mois précédents l'hiver (juillet jusqu'à novembre).

De novembre à janvier, l'écart entre les deux courbes se stabilise, tandis que la pente des deux courbes se rapprochent de l'horizontale, ce qui signifie un ralentissement de la croissance.

Dès le mois de février, les deux courbes s'écartent à nouveau. Les animaux reprennent leur croissance, mais celle-ci est moins rapide qu'avant l'hiver. Cette nouvelle augmentation de la vitesse de croissance est certainement liée à l'approche de la période de reproduction. Après la reproduction, la plupart des animaux meurent et laissent la place aux jeunes.

CROISSANCE DES ANIMAUX AU COURS DU CYCLE DE DEVELOPEMENT

Figure 17

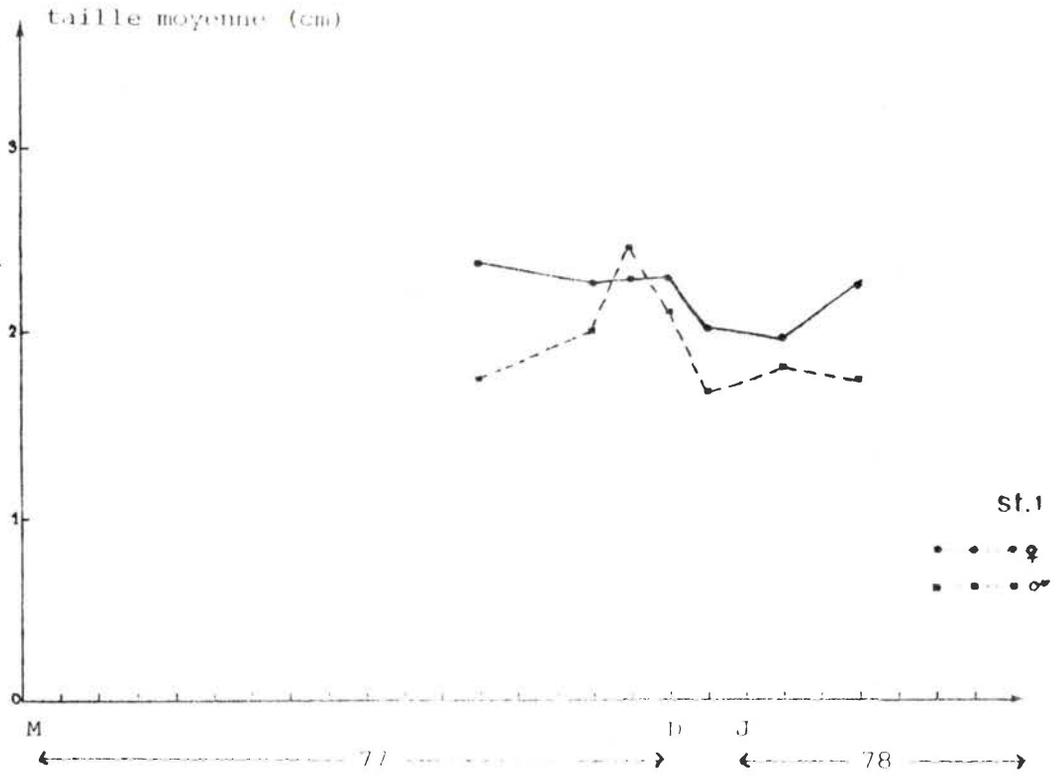


Figure 18

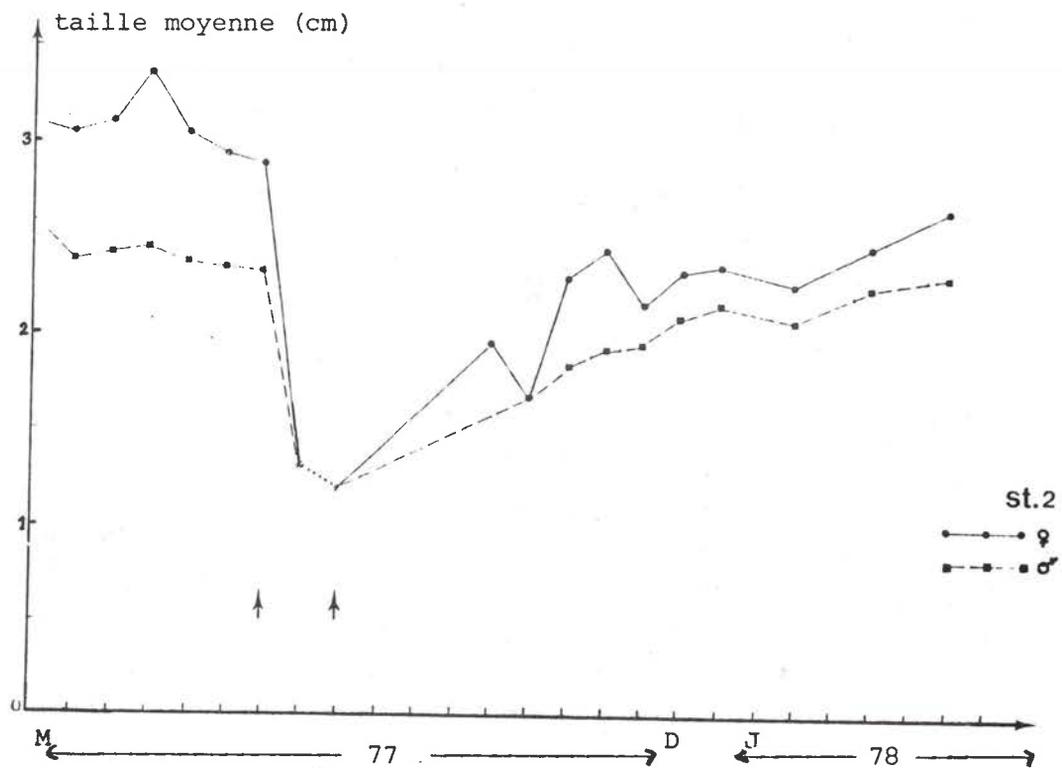


Figure 19

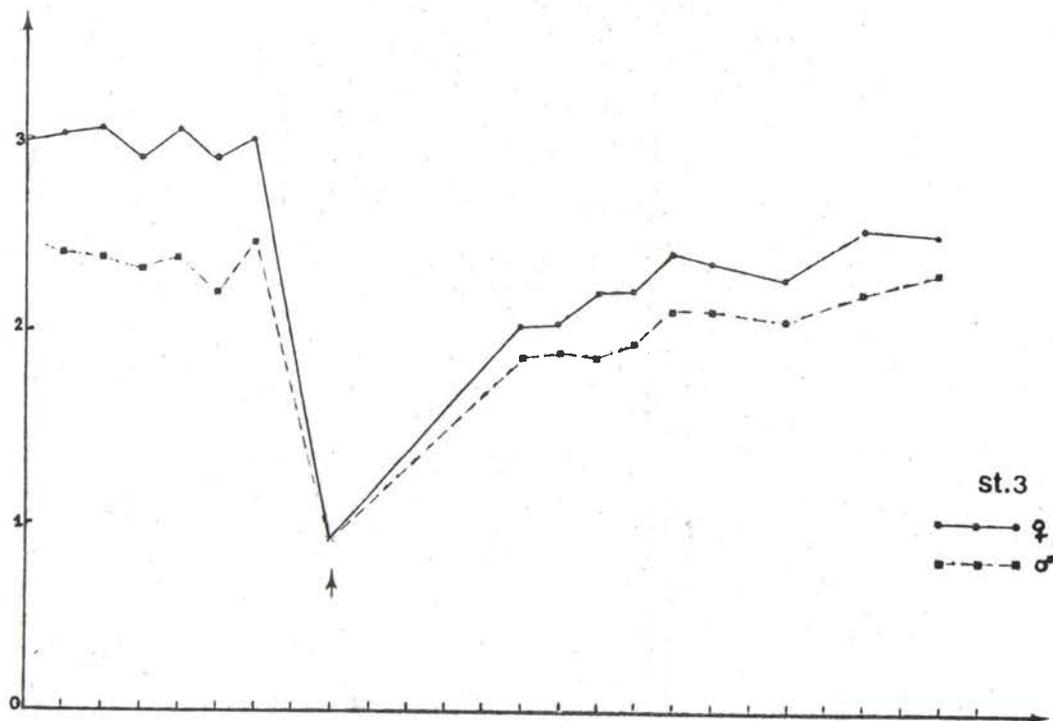


Figure 20

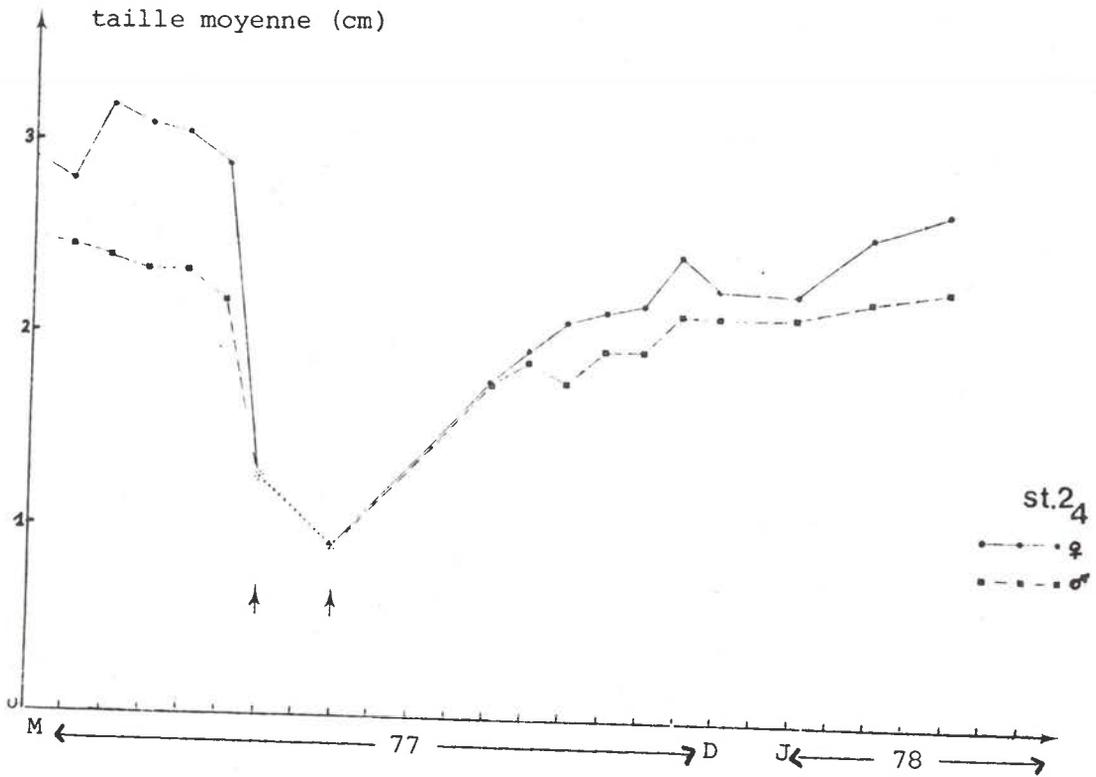
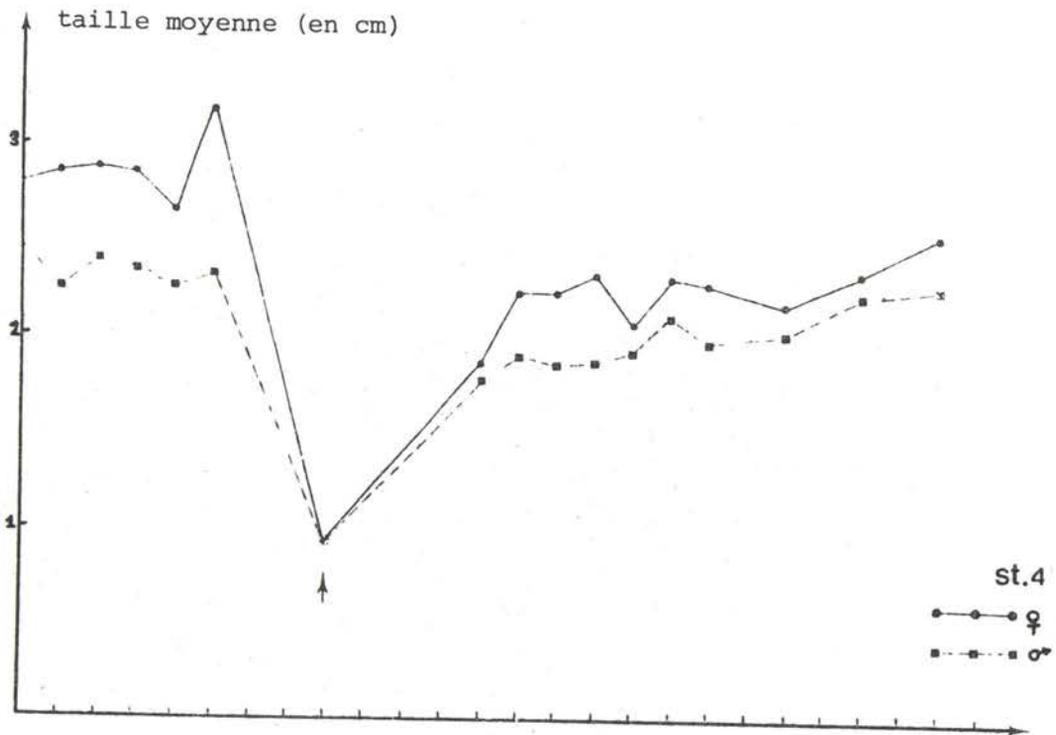


Figure 21



Cette évolution de la croissance est identique au niveau des autres stations du canal de rejet et du bassin de rétention comme le montrent les figures 19, 20, 21.

De cette étude de la croissance, nous pouvons retenir trois phases :

- . été-automne : *croissance rapide*
- . hiver : *ralentissement*
- . printemps : *reprise de la croissance, mais moins rapide*

Ces rythmes de la croissance au cours des saisons dépendent des variations de la température du milieu. Le synchronisme de l'évolution saisonnière de la mue et de celle de la croissance n'est pas le fait du hasard, mais de la relation cause-effet : la croissance est le résultat de la mue. C'est d'ailleurs pour cette raison que chez les arthropodes, la fréquence des mues est beaucoup plus élevée chez les jeunes (qui ont besoin de grandir) que chez les adultes.

B. INCIDENCES DE LA TEMPÉRATURE SUR LE CYCLE DE REPRODUCTION ET LE DÉVELOPPEMENT LARVAIRE

1. Cycle de reproduction

a) méthodes

L'étude de ce cycle a été suivie sur le vivant et essentiellement chez les femelles. Comme pour la reconnaissance des sexes, l'examen des individus vivants se fait sous la loupe binoculaire.

L'état de maturité des femelles se reconnaît à divers caractères ; notamment à l'élaboration de la cavité incubatrice et des soies ovigères. Ces caractères secondaires dits "caractères secondaires temporaires" ne sont présents chez la femelle que pendant la période de reproduction. C'est dans cette cavité que les oeufs, une fois pondus ; vont incuber, et y seront retenus grâce aux soies ovigères.

L'observation de l'état de maturité des femelles depuis leur différenciation sexuelle au niveau de chaque station, permet de déterminer non seulement les différentes étapes du cycle de reproduction, mais aussi les incidences possibles de la température sur ce cycle.

b) résultats

Dans le canal de rejet et le bassin de rétention, la récolte des femelles ovigères débute au mois de mars. Toutes les femelles n'étant pas mûres au même moment, la période de ponte se prolonge jusqu'en avril.

Au mois de mai, toutes les femelles récoltées ont une poche incubatrice vide et les soies ovigères de taille réduite, cela signifie que les éclosions se sont produites au cours de ce mois.

Partant de ces résultats, et compte tenu que les premiers stades larvaires sont essentiellement nageurs, j'ai tenté de récolter les jeunes larves dans le milieu naturel au moyen d'un filet à plancton. Ces essais n'ont pas abouti.

Des élevages en laboratoire, dans une eau réchauffée à 20°C, m'ont permis d'obtenir des éclosions à partir d'une quinzaine de femelles ovigères récoltées dans le canal de rejet de LA MAXE. Les femelles muant toujours après l'éclosion des oeufs (JOLY, 1843), il est relativement facile de repérer les exuvies dans le milieu d'élevage, signe de la présence des premiers stades larvaires.

De cette façon, j'ai pu observer plusieurs centaines de zoés. Celles-ci sont très mobiles et ont tendance à se concentrer dans les zones sombres du bac d'élevage. Elles manifestent donc un photoprisme négatif, tout comme celles de *Penaeus duorarum notialis* (GARCIA, 1975). Cela explique peut-être l'échec de mes tentatives de collecte de larves directement dans le milieu naturel, mes pêches ayant été effectuées de jour.

La capture des prédifférenciés a lieu du mois de juin au mois de juillet. Ce sont des individus qui composeront la nouvelle génération de l'année.

Pour donner une idée de la biomasse des caridines, à cette époque, au niveau du canal de rejet et du bassin de rétention, précisons que la récolte moyenne dans un fagot est d'environ 2000 à 2500 individus, chiffre pouvant être élevé si l'on tient compte des pertes possibles au cours du levage et du lavage du substrat.

12.

Dans le canal de prise d'eau, les femelles sont ovigères au mois de juin.

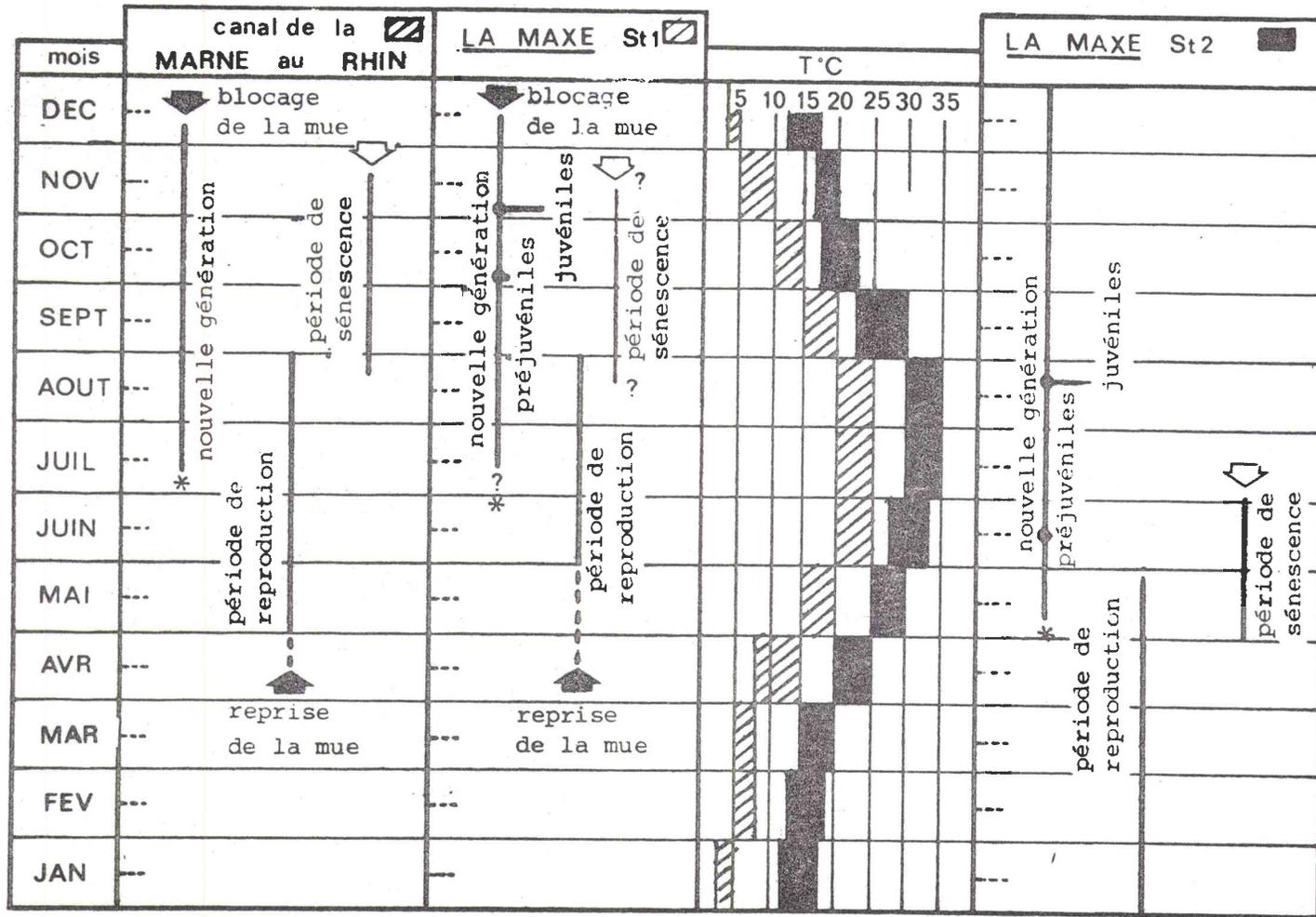
La pêche des prédifférenciés a lieu au mois d'octobre. Il n'a malheureusement pas été possible de préciser le début et la fin des périodes de ponte et d'éclosion, cela en raison de l'absence fréquente des caridines ou des faibles effectifs récoltés à cette station.

Dans le canal de la MARNE au RHIN, où, comme nous l'avons vu, les conditions physico-chimiques sont identiques à celles du canal de prise d'eau du site de LA MAXE, DESCOUTURELLE a montré que les femelles y sont ovigères du mois de mars au mois d'août, et que la nouvelle génération apparaît au mois de septembre : ce qui est assez comparable à ce que j'ai observé dans le canal de prise d'eau de LA MAXE. (tab.VII, p.74).

Selon HUGUET (1968), dans l'ERDRE, aux environs de NANTES, la plupart des femelles sont ovigères au mois de mai. Curieusement, pour GAUTHIER (1924), les femelles récoltées dans l'Oued Kerma, près d'ALGER, sont ovigères de mars à octobre, avec un maximum en juin, alors que la température dans cet Oued varie de 18 à 25°C. Il semblerait, à mon avis qu'il y ait deux ou plusieurs générations.

En conclusion, mes observations et celles des auteurs cités précédemment montrent que l'époque d'apparition des premières femelles ovigères varie en fonction de la température du milieu. Les conditions thermiques particulières du site de LA MAXE entraîne, comparativement aux observations faites dans les rivières tempérées de la région de Lorraine, notamment, un décalage très important du cycle de reproduction.

Tableau VII : Cycle biologique de la caridine



* début et fin d'une génération

74.

Alors que dans le canal de la MARNE au RHIN les premières femelles apparaissent seulement en mai, à LA MAXE, elles sont présentes dès le mois de mars, c'est-à-dire deux mois plus tôt. En outre, la période de reproduction est plus brève à LA MAXE que dans le canal de la MARNE au RHIN : deux mois au lieu de quatre.

2. Action de la température sur le développement larvaire

Mes tentatives d'élevage des larves à température élevée (25°C) n'ont pas abouti du fait des fortes mortalités enregistrées après le deuxième stade larvaire.

Ainsi, je n'ai pu mettre en évidence d'éventuelles perturbations du développement en fonction de l'élévation de la température du milieu.

C. INCIDENCES DE LA TEMPÉRATURE SUR LA MATURATION DES GONADES

Les effets de ce facteur sur la maturation des cellules germinales ont déjà été évoqués par de nombreux auteurs.

ROWAN (1938) rapporte que la lumière jaune joue un rôle déterminant dans cette maturation.

MARSHALL (1942) pense que la lumière visible et les ultra-violets interviennent dans l'ajustement du cycle endogène avec les facteurs externes.

Selon CAMPBELL-PARMENTIER (1963), le froid (9°C) et l'obscurité provoquent un allongement de l'intermue et inhibe la vitellogénèse chez *Orchestia gammarella*. Une augmentation de la température de l'eau (24°C) et le passage de l'obscurité

à la lumière provoquent le raccourcissement de l'intermue et le rétablissement de la vitellogénèse. Chez les femelles élevées à l'obscurité, mais à température élevée (24°C), l'intermue est allongée et la vitellogénèse se déroule normalement.

Il semblerait donc que la température soit, dans le cas présent, plus déterminant que la lumière.

KRACHT (1978) souligne à ce sujet que les températures élevées sont indispensables au déroulement de la spermatogénèse chez *Orconectes limosus*.

Compte tenu des caractéristiques particulières du site de LA MAXE, notamment l'existence d'un régime thermique naturel dans le canal de prise d'eau et du réchauffement artificiel des eaux émises dans le canal de rejet, il est intéressant de comparer l'évolution de la maturation des gonades chez les individus peuplant l'un ou l'autre milieu.

Cette expérience a été menée de la façon suivante :
des cages en plastique transparent (figure 22) contenant une centaine de jeunes caridines (juvéniles) chacune, ont été immergées dans le canal froid (station 1) et dans le canal de rejet (station 2) à partir de décembre 1977. En février 1978, nous avons sacrifié quelques individus mâles et femelles en vue de l'étude histologique des gonades.

En ce qui concerne les mâles, dont la taille était déjà d'environ 1,5 cm, sinon plus, je n'ai pu établir de différences étant donné que la maturation des produits génitaux étaient déjà presque terminés avant leur mise en cage. En effet, c'est bien après le début de cette expérience que j'ai constaté que la maturation des produits génitaux mâles était effective lorsque l'animal atteint 15 mm.

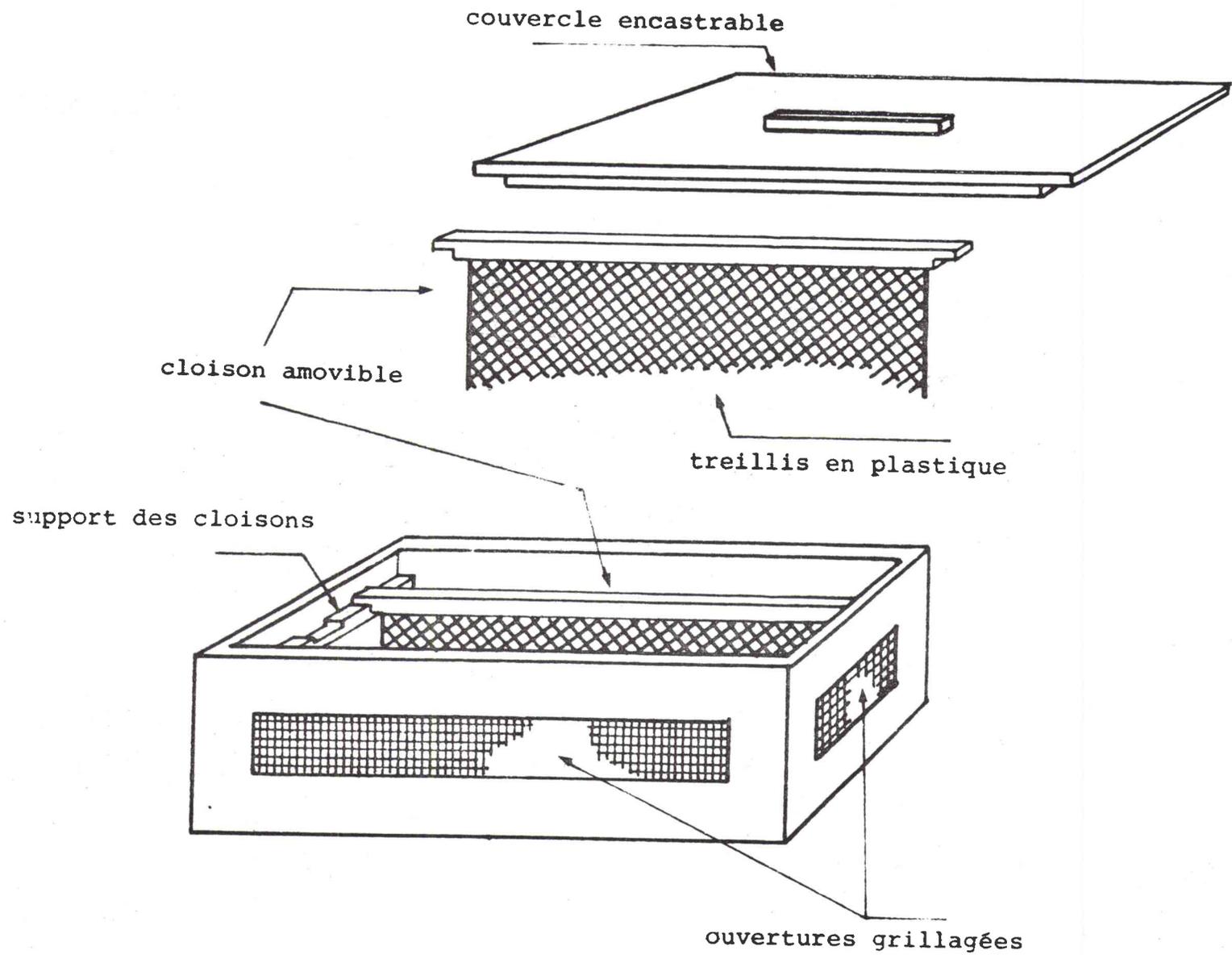
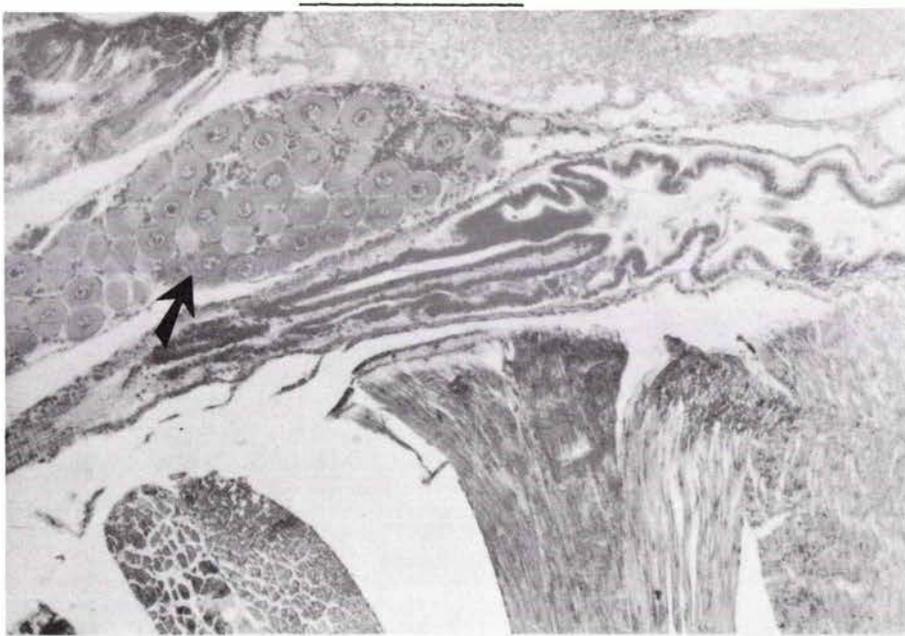


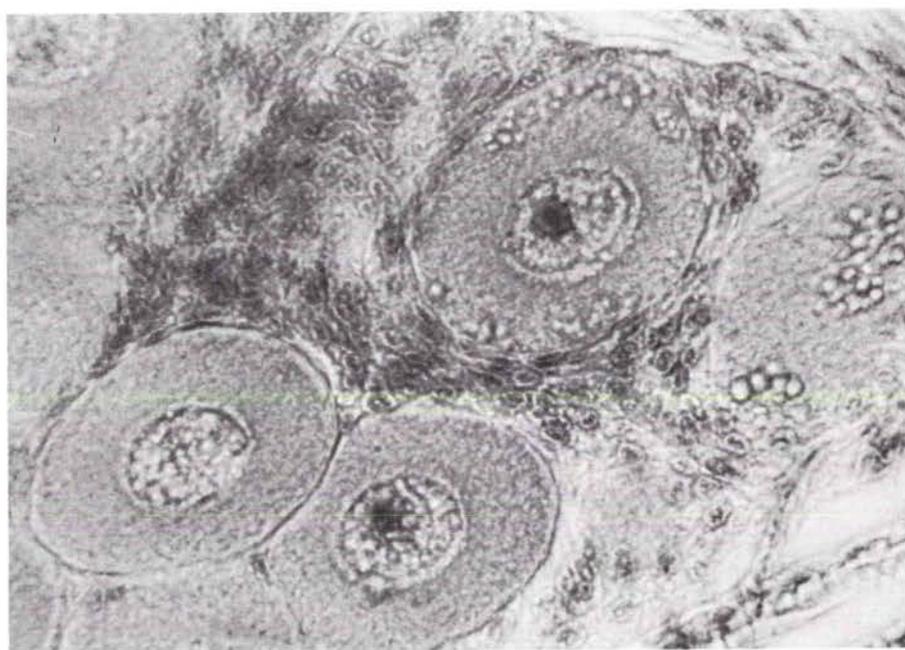
Figure 22 : cage pour élevage "in situ"

LEGENDE DE LA PLANCHE VIII

- a. Coupe longitudinale d'une caridine femelle : localisation de l'ovaire.
- b. Ovocytes d'une femelle de 2,6 cm maintenue en élevage dans le canal froid :
 . *ovocytes de petite taille, vitellus peu abondant.*
- c. ovocytes d'une femelle de 2,6 cm maintenue en élevage dans le canal chaud :
 . *ovocytes de grande taille, vitellus abondant.*



a



b



c

Chez les femelles de même taille, j'ai pu noter deux grandes différences : celles du canal de prise ont des ovaires de couleur jaune, donc en début de vitellogénèse, alors que celles des animaux du canal de rejet sont de couleur brun noir, c'est-à-dire en fin de vitellogénèse. Cela a été confirmé par l'étude histologique des gonades de ces femelles. Les ovocytes des animaux du canal de rejet sont en effet de taille plus importante et plus riche en vitellus que ceux des femelles du canal de prise d'eau (planche VIII b,c p.79).

Ainsi, l'élévation de la température favorise la maturation des gonades et explique la précocité de la ponte dans le canal de rejet et le bassin de rétention.

D. ÉVOLUTION ANNUELLE DU RAPPORT DES SEXES

On sait que la température du milieu ambiant peut provoquer des modifications du développement de l'appareil génital aussi bien chez les vertébrés que chez les invertébrés.

PIEAU (1975) rapporte que chez les amphibiens, les températures élevées (de l'ordre de 25 à 32°C) entraînent chez les femelles génétiques, la transformation des ovaires en testicules, que chez certains chéloniens, les proportions sexuelles obtenues en incubation artificielle conduisent à admettre qu'il existe une température seuil au-dessus et au-dessous de laquelle l'un des phénotypes sexuels, soit mâle, soit femelle suivant le cas, est inversé.

Chez divers groupes d'insectes, selon BERGERARD (1975), les températures élevées, proches des températures létales pour l'espèce, peuvent inverser la différenciation sexuelle.

Enfin, pour GINSBURGER-VOGEL (1975), l'influence de la température sur la différenciation sexuelle des crustacés a été envisagée ou démontrée dans trois cas : la parthénogénèse cyclique des cladocères, les anomalies de la sex-ratio chez les copépodes, la monogénie et l'intersexualité des amphipodes et des isopodes.

Chez *Atyaephyra desmaresti*, VORSTMAN et REDEKE ont constaté que la sex-ratio est de 50%. VORSTMAN précise que celle-ci est constante toute l'année.

Des observations antérieures ayant attiré mon attention sur d'apparentes fluctuations saisonnières de la sex-ratio de la population de caridines de LA MAXE, il importait de vérifier ce phénomène, compte tenu des caractéristiques particulières du site.

1. Détermination des sexes

La caridine est une espèce gonochorique. Le mâle adulte étant plus petit (2,5 cm) que la femelle (3 à 3,5 cm) il est aisé de séparer rapidement et à vue les deux sexes. Néanmoins, une vérification s'impose ultérieurement. A ce dimorphisme de taille, s'ajoute un dimorphisme sexuel portant sur la présence de caractères sexuels secondaires bien décrits par STEFFEN (1939), HUGUET (1968) et DESCOUTURELLE (1970, 1971).

Chez le mâle, on notera la présence :

- . des canaux différents
- . des endopodites sexuels
- . l'avance sternale
- . l'appendix masculina

La femelle est reconnaissable grâce à la cavité incubatrice, lorsqu'elle existe, et à ses endopodites sexuels en forme de lance, recouverts de longues soies.

Si la détermination du sexe est facile chez les adultes, elle est cependant moins aisée chez les jeunes. Les caractères sexuels secondaires n'apparaissent qu'au cours du développement.

2. Résultats (fig.29 p. 83)

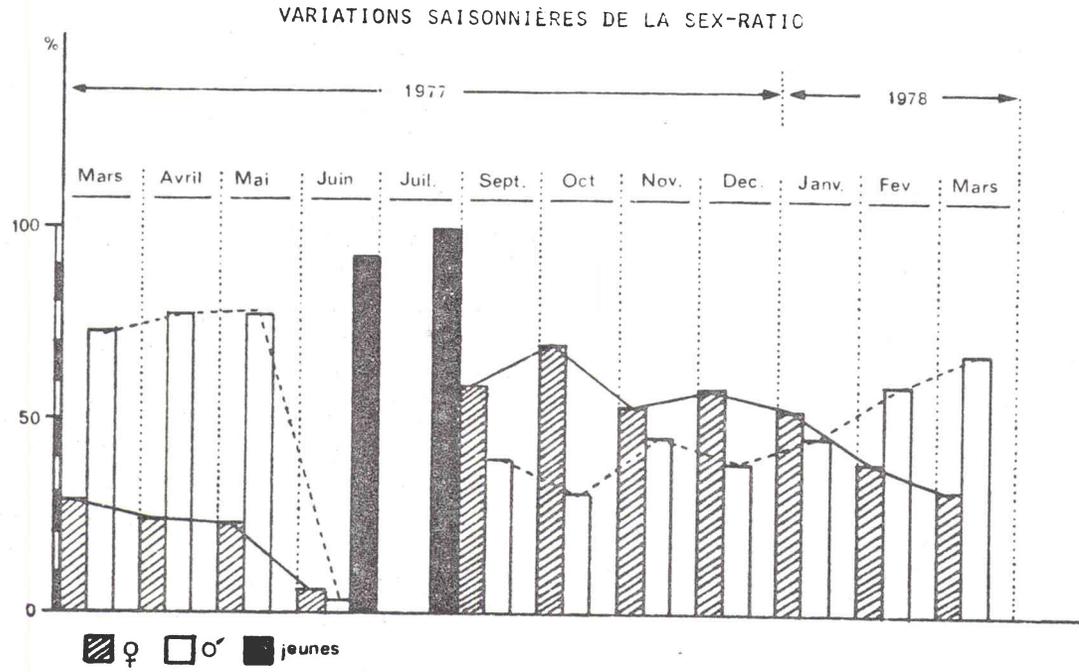
Si l'on se réfère au graphe de la page 83 , on peut constater que dans les récoltes de mars, avril et mai 1977, les mâles sont trois fois plus nombreux que les femelles. En juin 1977, les prédifférenciés représentent plus de 90% des prélèvements effectués.

Au mois de juillet de la même année, ces jeunes crevettes sont de plus en plus abondantes, alors que les adultes deviennent de plus en plus rares. La différenciation sexuelle externe des prédifférenciés se fait au cours du mois d'août. Du mois de septembre 1977 au mois de janvier 1978, les femelles paraissent légèrement plus nombreuses que les mâles. A partir du mois de février 1978, le nombre des femelles diminue régulièrement jusqu'à la prochaine apparition des jeunes, c'est-à-dire au mois de juin 1978.

De ces résultats, je retiendrai deux faits marquants :

- . la disparition apparente des adultes au cours de l'été,
- . la confirmation de la variation saisonnière de la sex-ratio de la population.

Figure 29



La disparition des adultes après l'éclosion des jeunes de la nouvelle génération, phénomène déjà signalé par DESCOUTURELLE en 1971, laisse supposer que la caridine présente un cycle de développement annuel. En fait, il n'est pas exceptionnel de retrouver en automne des adultes de la génération précédente. Si la longévité de la caridine n'excède généralement pas une année, il n'est pas invraisemblable de penser que certains individus peuvent encore survivre pendant un certain temps. D'ailleurs, au laboratoire, j'ai pu maintenir des femelles en élevage très largement au-delà de la période de reproduction : de juillet 1977 à mars 1978.

Quant à la variation saisonnière de la sex-ratio, une inversion sexuelle en cours d'année et en relation avec la température pourrait être évoquée. L'étude histologique des gonades de prédifférenciés, de juvéniles et d'adultes mâles ou femelles, n'a jamais montré d'images d'intersexualité. Ainsi, l'hypothèse d'une inversion sexuelle ne semble pas pouvoir être retenue. Il s'agit vraisemblablement d'un phénomène naturel dû, peut-être, à une simple différence de longévité ou de comportement entre les mâles et les femelles. La différence de longévité peut être retenue en ce qui concerne la période qui précède la ponte, du fait que beaucoup de femelles en meurent. Au début du cycle, des mâles s'éloigneraient du substrat pour laisser la place aux jeunes, alors que les femelles ne s'en éloigneraient pas afin de jouer leur rôle de nourrice.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les mesures physico-chimiques effectuées durant plusieurs années, ont montré que le rejet des eaux chaudes, en provenance de la centrale thermique de LA MAXE, modifiait le régime thermique des eaux du bassin de rétention annexé à l'usine.

Ainsi, la température des eaux de ce site est constamment supérieure à 10°C, quelle que soit la saison, alors que celle des rivières de la région, et notamment de la MOSELLE, s'abaisse en hiver jusqu'à 4°C. En outre, des observations répétées nous ont permis de constater que le maintien de cette température élevée n'était pas sans effet sur la faune et la flore de la lagune.

Dans le présent mémoire, j'ai cherché à mettre en évidence l'impact de l'élévation de la température du milieu sur le cycle biologique d'une crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti*, crustacé qui se trouve en grand nombre dans le bassin de rétention de LA MAXE.

Comparativement aux observations faites sur des populations de caridines peuplant les rivières et canaux de la LORRAINE, j'ai constaté que l'échauffement des eaux modifie profondément le cycle vital de ce crustacé. Ainsi, la période d'anecdysis hivernal que l'on observe chez les animaux vivant dans les milieux tempérés est supprimée. Cela confirme les résultats obtenus par ailleurs, et selon lesquels la température de 10°C est une température seuil en deçà de laquelle se produit le blocage de la mue.

Les conditions particulières du site de LA MAXE, permettent vraisemblablement aux caridines de conserver une activité métabolique élevée durant toute l'année. Cela a pour

effet d'accélérer la maturation des produits génitaux et d'obtenir des pontes plus précocement que dans les milieux tempérés : le décalage est d'au moins deux mois. En revanche, il apparaît que la période de ponte est raccourcie de deux mois.

Les variations saisonnières de la sex-ratio qui sont régulièrement observées à LA MAXE, doivent être considérées comme un phénomène naturel, dû vraisemblablement à une longévité moindre des femelles ; celles-ci disparaissent en général peu de temps après la ponte.

Une tentative d'étude des migrations par marquage des individus m'amène à penser que la répartition de la population de caridines de LA MAXE est assez homogène. Les migrations que j'ai pu mettre en évidence sont toujours de faible amplitude, ce qui laisse supposer qu'il y a peu d'individus adultes entrant ou sortant du bassin de rétention. Cependant, et bien que je n'ai pas cherché à le démontrer, il est vraisemblable de penser, comme STEPHEN (1939) que la dispersion de l'espèce par l'intermédiaire des stades larvaires est possible.

En plus de ces recherches sur l'influence de la température sur la biologie de la caridine, j'ai étudié la morphogénèse de l'appareil génital, et cherché notamment la taille à partir de laquelle les caractères sexuels deviennent apparents. Les résultats obtenus montrent que les gonades commencent à se différencier chez la plupart des individus, mâles ou femelles, qui ont atteint une taille de 11 mm. L'apparition et la différenciation des canaux différents s'observent chez les animaux de 12 mm.

BIBLIOGRAPHIE

- BERGERARD J., 1976.- Sur les mécanismes possibles de l'action de la température sur la différenciation sexuelle des insectes. Bull. Soc. Zool. Fr. suppl. n)4 (Tome 101), p. 39-45.
- CAMPBELL - PARMENTIER F., 1963.- Vitellogénèse, maturation des ovocytes, accouplement et ponte en relation avec l'intermue chez *Orchestia gammarella* Pallas (crustacé amphipode talitridé). Bull. Soc. Zool. Fr., 8(4), p. 474-482.
- CHARNIAUX-COTTON H., 1954.- Découverte chez un crustacé amphipode (*Orchestia gammarella*) d'une glande endocrine responsable de la différenciation sexuelle des caractères sexuels primaires et secondaires mâles. C.R. Acad. Sci. Fr., 240, p. 1487-8.
- CHARNIAUX-COTTON H., 1957.- Croissance, régénération et déterminisme endocrinien des caractères sexuels d'*Orchestia gammarella* Pallas (crustacé amphipode). Am. Sci. Nat., 19, p. 411-560.
- CHARNIAUX--COTTON H., 1965a.- Hormonal control of sex differentiation in invertebrates in "Organogenesis". Ed. Holt Rinchart Winstor.
- CHARNIAUX-COTTON H., 1965b.- Contrôle endocrinien de la différenciation sexuelle chez les crustacés supérieurs. Arch. Anat., micr., T 54, n°1, p. 405-416.
- CHARNIAUX-COTTON H., 1972.- Recherches récentes sur la différenciation sexuelle et l'activité génitale chez divers crustacés supérieurs. Dans "Hormones et différenciation sexuelle chez les invertébrés". Ed. Cordon et Breach, PARIS, 127-17.
- CHARNIAUX-COTTON H., 1975a.- Contrôle de la différenciation sexuelle et de l'activité génitale chez les crustacés malacostracés. Publ. Staz. Zool. Napoli., 39 (suppl.), p. 480-509.

- CHARNIAUX-COTTON H., 1976.- Contrôle de la différenciation sexuelle de l'appareil génital chez les crustacés malacostracés : Comparons avec les insectes. Bull. Soc. Zool. Fr., suppl. n°4 (tome 101), p. 68-75.
- CUZON G. et COGNIE D., 1960.- Influence des chocs thermiques sur la mue des crevettes *Penaeus kerathurus*. C.R. Soc. Biol., 164 (6), p. 1275.
- DEMEUSY N., 1960.- Différenciation des voies génitales mâles du crabe *Carcinus maenas* L. Cah. Biol. Mar. 1, n°3, p. 259-77.
- DESCOUTURELLE G. et FRENTZ R., 1970.- Différenciation des caractères sexuels mâles chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Decapoda, Natantia) C.R. Séanc. Biol. Biol. 164 (12), p. 2614-17.
- DESCOUTURELLE G., 1971.- Différenciation des caractères sexuels femelles chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Decapoda, Natantia) C.R. Séanc. Soc. Biol., 169 (6) p. 1412-1416.
- DESCOUTURELLE G., 1971.- Rôle des appendices sexuels dans la copulation et d'un réceptacle séminal femelle dans la ponte chez *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Decapoda, Caridea) Bull. Acad. et Soc. Lorraines Sc., Tome X, n°1, p. 10-14.
- DESCOUTURELLE G., 1971.- Mise en évidence d'une décroissance généralisée chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Decapoda, Natantia) maintenue en élevage. C.R. Acad. Sc. PARIS, t. 272, p. 1391.
- DESCOUTURELLE G., 1976.- Influence de la température et de la sexualité sur la durée des stades d'intermue chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet. Vie et milieu, vol. XXVI, fasc. 2, sér.C, p. 149-160.
- DUSSART B., 1966.- Limnologie. Etude des eaux continentales. GAUTHIERS-VILLARS, PARIS, 1 vol., p. 677.
- DRACH P., 1939.- Mue et cycle d'intermue chez les crustacés décapodes. Ann. Inst. Océan. MONACO, T.29, p. 103-391.
- DRACH P., 1944.- Etude préliminaire sur le cycle d'intermue et son conditionnement hormonal chez *Leander serratus* Pennant. Bull. Biol. Fr. Belg., 78, p. 40-61.
- DRACH P. et TCHERNIGOVTZEFF C., 1967.- Sur la méthode de détermination des stades d'intermue et son application générale aux crustacés. Vie et milieu, 18, n°3, p. 595-600.
- GARCIA S., 1975.- Marquages de *Panaeus duorarum notialis* en Côte-d'Ivoire. II. Migration et mortalité. Centre Rech. Oceanogr. ABIDJAN. Doc. Sci., 6(1), p. 21-44.

- GAUTHIER M., 1924.- Recherches sur le développement larvaire d'*Atyaephyra desmaresti* Millet (1832). Bull. Soc. Hist. Nat. d'A.F.N., 15, p. 337-376.
- GINSBURGER-VOGEL T., 1974.- Température et différenciation sexuelle chez les crustacés. Bull. Soc. Zool. Fr., 100(1) p. 95-111.
- HUGUET D., 1968.- Description de la glande androgène et des caractères sexuels secondaires chez la crevette d'eau douce, *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Decapoda, Natantia) Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. 2° série, t.40 (2), p. 351-357.
- HUGUET D., 1972.- Les stades d'intermue chez *Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Decapoda, Caridea, Atydea) Bull. Mus. Nat. Hist. Nat. 3 (89), p. 1149-1150.
- HUGUET D., 1972.- Données anciennes et récentes sur la répartition de la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet, dans l'Ouest de la FRANCE. Bull. Soc. Et. Sci. ANJOU, N.S.7, p.115-11
- HUGUET D., 1973.- Présence de la crevette d'eau douce, *Atyaephyra desmaresti* Millet, en Loire Atlantique. Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest de la FRANCE 71, p. 36.
- HUGUET D. et SAUDRAY Y., 1976.- Structures cuticulaires fonctionnelles de la Pars Molaris des mandibules d'*Atyaephyra desmaresti* Millet (Crustacea, Decapoda, Natantia, Atyidae) étudiées à l'aide du microscope à balayage. Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest de la FRANCE, t. LXXIII, p. 140-146.
- JOLY, 1843.- Etude sur les moeurs, le développement et les métamorphoses d'une petite salicoque d'eau douce *Caridina desmaresti*, Annal. Sci. Nat. (2) Zool. Vol. 19, S. p. 34-86.
- JUCHAULT P., 1966.- Contribution à l'étude de la différenciation sexuelle mâle chez les crustacés isopodes. Thèse POITIERS, p. 1-111.
- KAYSER C., 1970.- Physiologie (nutrition). FLAMMARION Ed.
- KRACHT D., 1978.- Intervention de quelques facteurs dans le contrôle du rythme annuel de la croissance et de l'évolution des caractères sexuels de l'Ecrevisse *Orconectes limosus* (Rafinesque) crustacé décapode. Thèse NANCY I.
- LEGRAND J.J. et VANDEL A., 1948.- Le développement postembryonnaire de la gonade chez les isopodes terrestres normaux et intersexués. I. Evolution morphologique de la gonade. Bull. Biol. Fr., BELGIQUE 82 p. 79-95.

LEYNAUD G., 1967.- Les pollutions thermiques. Influence de la température sur la vie aquatique. Bull. Techn. Inf. Minist. Agric. (224), p. 857-881.

MARSHALL F.H.A., 1942.- Exteroceptive factors in sexual periodicity. Bio. rev., 17 p. 68-90.

MILLET DE LA TURTAUDIÈRE P.A., 1831.- Description d'une nouvelle espèce de crustacés, l'*Hippolyte de desmarest*. Mém. Soc. Agric. Sci. et Arts d'ANGERS 1, p. 55-57.

NISBET M., VERNEAUX J., 1970.- Composantes chimiques des eaux courantes. Am. Limn. 6(2), p. 161-190.

NOUVEL H. et L., 1935.- Observations sur la biologie d'une crevette : *Athanas nitescens leach*. Bull. Inst. Océan. MONACO, n°685, p. 1-8.

PASSANO L.M., 1960.- Moulting and its control in "The Physiology of crustacea" T.H. Waterman Ed. Academic Press, N.Y. 1(15), p. 473-536.

PAYEN G., 1973.- Etude descriptive des principales étapes de la morphogénèse sexuelle chez un crustacé décapode à développement condensé, l'Ecrevisse *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, p. 182, Annal. Embryo. Morphog. vol.6, n°2, p. 179-206.

PIEAU C., 1975.- Effets des variations thermiques sur la différenciation du sexe chez les vertébrés. Bull. Soc. Zool. Fr. 100(1), p. 67-75.

ROWAN W., 1938.- Light and Seasonal reproduction in animals. Biol. Rev., 13 p. 374-402.

STEPHEN G.F., 1939.- Untersuchungen über Morphologie Lebensweise und verbreitung von *Atyaephyra desmaresti* Millet (Decapoda, Natantia, Atyidae) Inaug. Diss. BERLIN, p. 1-76.

SWEIN J., 1976.- Effects of environmental factors on regeneration and molting in filder Crabs. Biol. Bull., 150, p. 152-162

TCHERNIGOVITZEFF C., 1965.- Multiplication cellulaire et régénération au cours du cycle d'intermue des crustacés décapodes Arch. Zool. exp. gen. 106(3), p. 377-49.

TETRY A., 1939.- Contribution à l'étude de la faune de l'Est de la FRANCE (Lorraine) Imp. Georges Thomas NANCY.

TOUIR A., 1977.- Données nouvelles concernant l'endocrinologie sexuelle des crustacés décapodes Natantia hermaphrodites et gonochroniques. I. Maintien des glandes androgènes et rôle de ces glandes dans le contrôle de la gametogénèse et des caractères sexuels externes mâles. Bull. Soc. Zool. Fr., 102(4), p. 375-400.

VERNET G., 1976.- Données actuelles sur le déterminisme de la mue chez les crustacés. Ann. Biol. Fr., n°3-4, p. 155-188.