

## STRUCTURE ET ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DES POPULATIONS DE COPEPODES, CLADOCÈRES ET OSTRACODES DES RIZIÈRES DE CAMARGUE

par D. PONT<sup>1</sup>.

La prospection de 33 rizières, considérées comme des milieux aquatiques temporaires estivaux et réparties sur l'ensemble de la Camargue, a permis de récolter 41 espèces de Copépodes, Cladocères et Ostracodes.

L'étude de la succession des espèces dominantes et l'utilisation de deux indices de diversité biologique et de variété montrent une évolution saisonnière du peuplement caractérisée par deux phases :

— une phase juvénile au printemps où la diversité biologique est relativement faible. *Moina brachiata* et *Metacyclops minutus* sont abondants.

— une phase de maturité en été où le nombre d'espèces augmente. *Cryptocyclops bicolor* apparaît en fin de saison. Les relations trophiques se compliquent.

L'impact des interventions humaines (traitements phytosanitaires, etc...) sur le peuplement est discuté.

### Structure and seasonal changes of populations of Copepoda, Cladocera and Ostracoda in the rice fields of the Camargue.

The ricefields form temporary aquatic environments in summer, and 41 species of Copepoda, Cladocera and Ostracoda were collected from 33 ricefields covering the whole of the Camargue.

Eight dominant species were recognised from a study of the structure of the populations.

The analysis of the succession of the dominant species and the use of indices of diversity and variety showed that seasonal development of the populations was divided into two phases :

— an early phase in spring when biological diversity is relatively poor ; *Moina brachiata* and *Metacyclops minutus* are abundant.

— a mature phase in summer when the number of species increases ; *Cryptocyclops bicolor* appears at the end of the season ; the trophic relationships become complicated.

The impact of human activities (phytosanitary treatments, etc.) on the populations is discussed.

### 1. — INTRODUCTION

Les rizières, qui occupent une part importante des terres agricoles du delta du Rhône, tiennent une place originale dans l'ensemble des milieux aquatiques temporaires formant l'écosystème camarguais. Ceci à plusieurs titres :

---

1. Centre d'Ecologie de Camargue. C.N.R.S. Le Sambuc, 13200 Arles.

— Inondées artificiellement de fin avril à mi-septembre, les rizières sont mises en eau lors de l'assèchement des mares et étangs temporaires naturels.

— A la différence de ces milieux naturels, les influences de l'évaporation et de la nappe souterraine ne sont pas prépondérantes sur le plan d'eau qui est alimenté régulièrement par les eaux douces d'irrigation.

Les recherches relatives à ce milieu en Camargue se sont limitées jusqu'ici à quelques inventaires fragmentaires de la faune des Crustacés : Schachter et Conat (1951 a, 1951 b), Conat (1952), Petit et Schachter (1954), Aguesse (1955 et 1956), Aguesse et Dussart (1956), Marazanof (1964 et 1965), Champeau (1970).

L'écologie des invertébrés aquatiques des rizières et plus particulièrement celle des Crustacés, est étudiée dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire sur les rizières mené au Centre d'Ecologie de Camargue.

Tout au long des campagnes rizicoles 1975 et 1976, 41 échantillons de faune ont été prélevés au filet à plancton (vide des mailles :  $50 \mu$ ) dans 33 stations réparties sur l'ensemble de la Camargue (*fig. 1*). 32 des 41 relevés ont été effectués en 1975. Sur les 2 ans, 6 prélèvements ont été réalisés en mai, 10 en juin, 9 en juillet, 16 en août. Leur examen en totalité à l'aide de la cuve de Dolfuss a permis de dresser une liste de 41 espèces (Tableau I). Les abondances relatives des principales espèces ont été calculées.

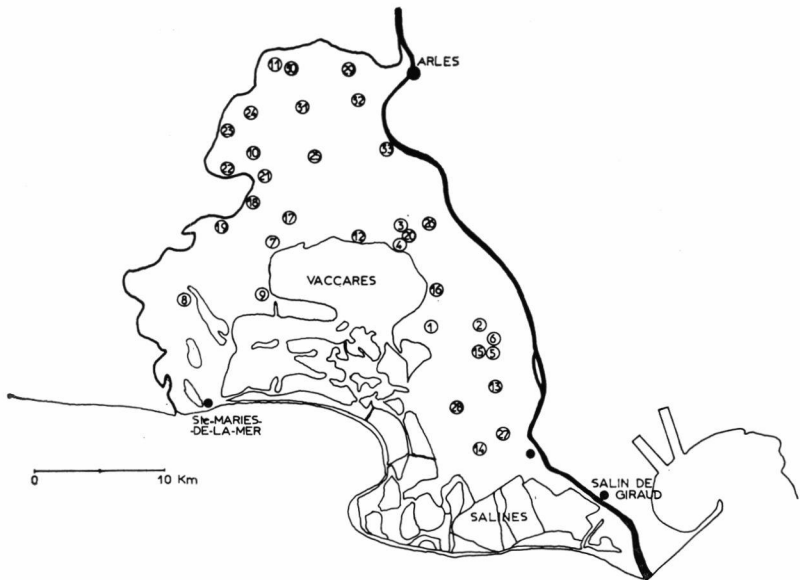


FIG. 1. — Répartition des 33 rizières prospectées sur l'ensemble du delta du Rhône.

TABLEAU I. — Liste des Copépodes, Cladocères et Ostracodes des rizières de Camargue.

Les espèces précédées d'un astérisque sont nouvelles pour la faune de la Camargue.

Les espèces en caractères romains sont nouvelles pour la faune des rizières de Camargue.

#### CLADOCÈRES

* <i>Daphnia similis</i> (Claus)	<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine)
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine)	<i>Macrocyclus fuscus</i> (Jurine)
* <i>Ceriodaphnia pulchella</i> (Sars)	<i>Eucyclus serrulatus</i> (Fischer)
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch)	<i>Paracyclus fimbriatus</i> (Fischer)
<i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller)	<i>Cyclus strenuus</i> (Fischer)
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Müller)	<i>Cyclus furcifer</i> (Claus)
<i>Scapholeberis aurita</i> (Fischer)	<i>Diacyclus bisetosus</i> (Rehberg)
<i>Moina brachiata</i> (Jurine)	<i>Acanthocyclus vernalis</i> (Fischer)
<i>Moina macrocopa</i> (Strauss)	<i>Acanthocyclus robustus</i> (G. O. Sars)
<i>Bosmina longirostris</i> var. (O. F. Müller)	<i>Megacyclus viridis viridis</i> (Jurine)
* <i>Ilyocryptus agilis</i> (Kurz)	<i>Megacyclus gigas</i> (Claus)
* <i>Macrothrix rosea</i> (Jurine)	* <i>Thermacyclus crassus</i> (Fischer)
* <i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine)	<i>Metacyclus minutus</i> (Claus)
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)	<i>Mesocyclus leukarti</i> (Claus)
* <i>Alona quadrangularis</i>	<i>Cryocyclus bicolor</i> (G. O. Sars)
* <i>Alona costata</i> (Sars)	
* <i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg)	
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller)	

#### OSTRACODES

* <i>Strandesia bicuspis bicuspis</i> (Claus)
* <i>Strandesia reticulata</i> (Daday)
* <i>Cypridopsis parva</i> (Müller)
* <i>Cyprinotus capensis</i> (Müller)
* <i>Dolerocypris sinensis</i> (Sars)
* <i>Stenocypris malcomsoni</i> (Brady)
* <i>Iliocypris bradyi</i> (Sars)

#### CALANIDES

*Eudiaptomus gracilis* (Sars)

Les paramètres physico-chimiques suivants ont été mesurés tout au long de la saison à la station n° 4 (Mas Saint-Germain) : oxygène dissous, pH, températures, principaux ions ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), azote, phosphates.

## 2. — CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU MILIEU

Les rizières camarguaises sont maintenues en eau de la fin avril à mi-septembre. Elles sont le plus souvent semées début mai. Le recouvrement végétal, nul au printemps est total dès le mois de juillet par suite du développement du riz. En conséquence, la quantité de lumière atteignant le plan d'eau diminue progressivement de mai à septembre.

Les moyennes thermiques hebdomadaires de l'eau et du sol, de 15 °C en mai, atteignent 25 °C en juillet, puis diminuent en août et septembre jusqu'à 18 °C. Le développement de la couverture végé-

tales provoquent une réduction graduelle des grandes amplitudes thermiques qui, de 18 °C en mai, se réduisent à 3 °C en août.

Pendant la journée, l'eau est sursaturée en oxygène dissous (150 %). Le pH se maintient à des valeurs basiques comprises entre 7,4 et 9,1. La chlorostie est faible (0,05 g/l). Les concentrations dans l'eau des principaux ions sont relativement élevées (Ca<sup>++</sup> : 80 à 146 mg/l, Mg<sup>++</sup> : 7,7 à 23,6 mg/l, Na<sup>+</sup> : 18,5 à 69 mg/l, K<sup>+</sup> : 2,4 à 26,8 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> = 110 à 170 mg/l). Les concentrations d'orthophosphates et d'azote ammoniacal sont de l'ordre de 1 mg/l.

D'un point de vue écologique, les rizières constituent un milieu aquatique temporaire, stagnant, de faible profondeur (10 cm), à l'abri des grands facteurs climatiques et hydrologiques modelant les écosystèmes aquatiques naturels.

On peut distinguer deux grandes phases dans l'évolution du milieu :

— le printemps, caractérisé par l'amplitude des variations nyctémérales des facteurs physico-chimiques.

— l'été, où le développement du riz diminue considérablement les variations nyctémérales des principaux facteurs abiotiques.

### 3. — STRUCTURE DU PEUPLEMENT

Les tableaux II et III rendent compte de la répartition et de l'abondance relative des espèces récoltées dans chaque station, à l'exclusion des espèces les plus rares. Les deux espèces du groupe des Acanthocyclopidae — dont la systématique reste confuse — *Acanthocyclops vernalis* et *Acanthocyclops robustus* sont rassemblées en *Acanthocyclops groupe vernalis*.

L'exploitation de ces données est réalisée à l'aide de deux indices spécifiques, exprimés en pourcentage :

— un indice d'abondance par espèce :

$$a_i = \frac{\sum n_i}{N_i} \times 100$$

— un indice de fréquence, par espèce :

$$f_i = \frac{\sum N_i}{N} \times 100$$

$n_i$  : abondance relative de l'espèce dans chaque relevé où celle-ci est présente.

$N_i$  : nombre de relevés où l'espèce est présente.

$N$  : nombre total de relevés.





Une combinaison graphique de ces deux indices (fig. 2) fait ressortir l'importance relative des différentes espèces dans le peuplement.

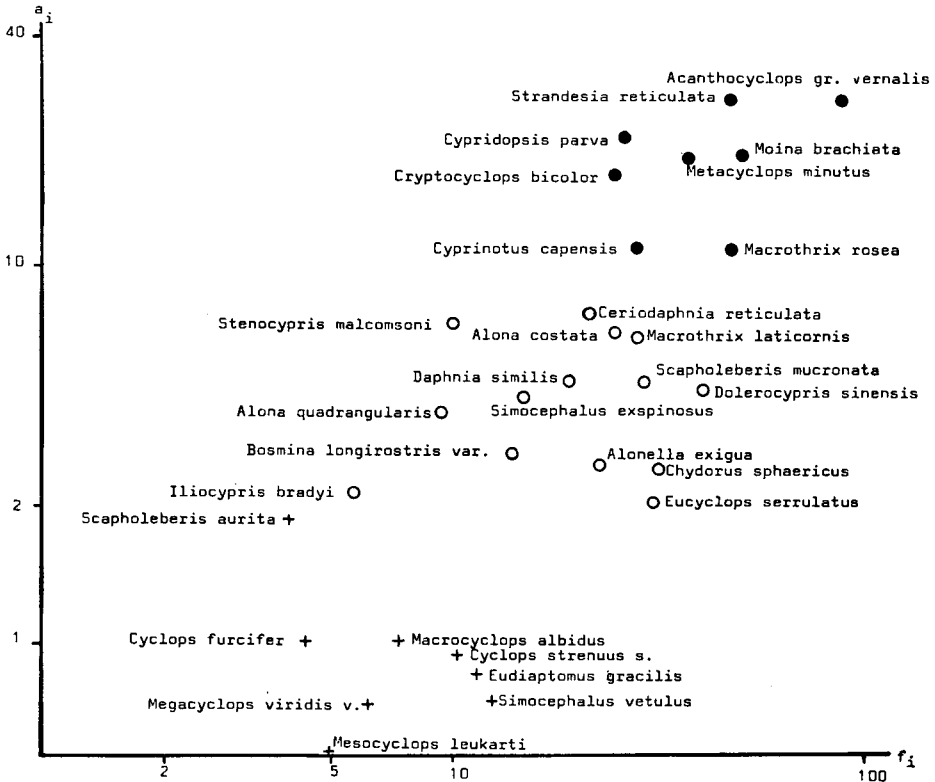


FIG. 2. — Structure du peuplement de crustacés zooplanctoniques des rizières de de Camargue: combinaison graphique des valeurs saisonnières des indices spécifiques d'abondance  $a_i$  et de fréquence  $f_i$  (échelle  $\log_{10}$ ).

espèce dominante:  $a_i > 10\%$ ;  $f_i > 20\%$

espèce compagne:  $a_i > 2\%$ ;  $f_i > 5\%$

espèce accessoire:  $a_i < 2\%$ ;  $f_i < 5\%$ .

Les espèces ont été classées en trois groupes :

— les espèces dominantes :

$$a_i > 2\% \quad f_i > 20\%$$

l'abondance par station est souvent supérieure à 25 %.

— les espèces compagnes :

$$a_i > 2\% \quad f_i > 5\%$$

l'abondance par station est souvent supérieure à 5 %.

— les espèces accessoires :

$$a_i < 2\% \quad f_i < 5\%$$

Cette classification permet de distinguer 8 espèces dominantes réparties en :

- 3 Cyclopides (*Acanthocyclops groupe vernalis*, *Métacyclops minutus*, *Cryptocyclops bicolor*),
- 2 Cladocères (*Moina brachiata*, *Macrothrix rosea*),
- 3 Ostracodes (*Strandesia reticulata*, *Cypridopsis parva*, *Cyprinotus capensis*).

Ces 8 espèces réalisent l'ensemble de leur cycle biologique en rizière. Elles regroupent une moyenne de 81,2 % des individus par relevé : *Acanthocyclops groupe vernalis* est le plus abondant ( $a_1 = 27,4\%$ ) et le plus fréquent puisque récolté dans toutes les stations. Dans chaque prélèvement, il est toujours présent à plusieurs stades de son développement. Ce Cyclopide est l'élément le plus constant du peuplement.

*Moina brachiata* atteint des abondances relatives égales à 98 %. A l'opposé de *Acanthocyclops groupe vernalis*, cette espèce est caractérisée par la rapidité de son développement : le cycle d'une génération est bouclé en moins de deux semaines dans les conditions optimales.

Les 14 espèces compagnes sont essentiellement composées par 11 Cladocères (ex. *Ceriodaphnia reticulata*, *Daphnia similis*, *Simocephalus expinosus*, *Alona costata*, *Alona exigua*, *Chydorus sphaericus*...).

Ces 14 espèces regroupent 17,3 % de la population totale. Certaines peuvent jouer un rôle important par leur abondance relative dans certaines stations comme :

*Ceriodaphnia reticulata* et *Alona costata* (40 % et 58 %).

*Eucyclops serrulatus* est fréquent ( $f_1 = 28,5\%$ ).

A l'inverse des espèces compagnes, les espèces accessoires sont composées principalement de Cyclopides de grande taille à régime carnivore (*Macrocyclops albidus*, *Mégacyclops viridis*, *Cyclops strenuus*...).

Au niveau des groupes systématiques, les Cyclopides sont les plus abondants (44,2 % de la population totale), suivis par les Cladocères (31,6 %) et les Ostracodes (24,3 %).

#### 4. — COLONISATION DU MILIEU

A chaque remise en eau la recolonisation du milieu se fait à partir de deux sources :

— Certaines espèces se maintiennent dans le sol pendant la période d'assèchement hivernale sous forme d'œufs de résistance. Un grand nombre de ces œufs éclosent dans les jours suivant la mise en eau (ex. *Moina brachiata*, *Cyprinotus capensis*).

— D'autres arrivent en grand nombre par le canal d'irrigation. Certaines envahissent le milieu et y effectuent leur cycle (ex. *Acanthocyclops groupe vernalis*). D'autres ne trouvent pas de conditions favorables en rizières et ne se maintiennent pas (ex. *Bosmina longirostris*, *Eudiaptomus gracilis*).

## 5. — ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DU PEUPLEMENT

### 5.1. — Cinétique des espèces dominantes

L'analyse est menée à partir de valeurs mensuelles d'un indice de densité spécifique défini comme :

$$d_i = \frac{n_i}{N}$$

Les résultats obtenus sont reportés aux figures 3 et 4.

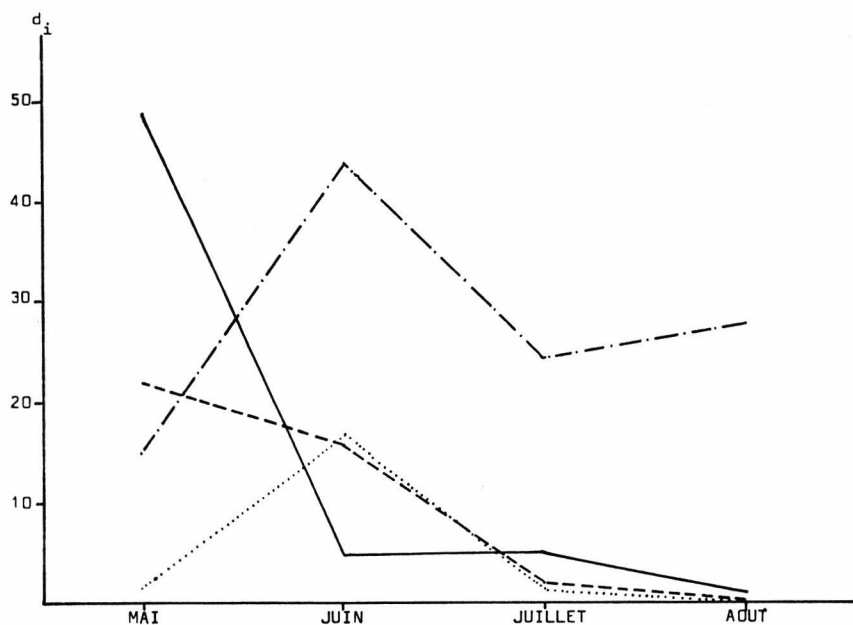


FIG. 3. — Evolution saisonnière des moyennes mensuelles des densités  $d_i$  des espèces de crustacés zooplanctoniques dominantes au printemps, dans les rizières de Camargue.

- *Moina brachiata*
- - - *Metacyclops minutus*
- ..... *Cyprinotus capensis*
- · - · *Acanthocyclops gr. vernalis*  
(espèce permanente)

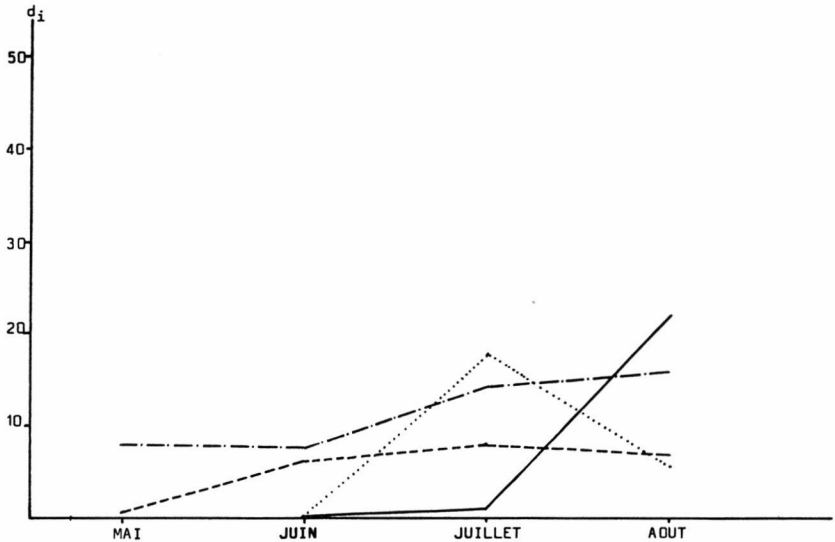


FIG. 4. — Evolution saisonnière des moyennes mensuelles des densités  $d_i$  des espèces de crustacés zooplanctoniques dominantes en été, dans les rizières de Camargue.

— *Cryptocyclops bicolor*  
 --- *Macrothrix rosea*  
 ..... *Cypridopsis parva*  
 -.- *Strandesia reticulata*

*Acanthocyclops groupe vernalis* domine tout au long du cycle avec un maximum de densité en juin ( $d_i = 44,0$ ).

2 groupes d'espèces peuvent être distingués :

#### 5.1.1. ESPÈCES DOMINANTES AU PRINTEMPS

La population de *Moina brachiata* est largement dominante en mai ( $d_i = 48,7$ ). Dès juin, elle diminue pour disparaître en août.

La population du Cyclopide *Metacyclops minutus* suit une évolution comparable alors que celle de l'Ostracode *Cyprinotus capensis* atteint ses densités maxima en juin ( $d_i = 16,9$ ).

#### 5.1.2. ESPÈCES DOMINANTES EN ÉTÉ

Le cyclopide *Cryptocyclops bicolor*, absent en mai et juin, devient très abondant en août ( $d_i = 21,6$  %). *Cypridopsis parva* est très abondant en juillet ( $d_i = 17,7$  %). Peu abondants au printemps, *Strandesia reticulata* et *Macrothrix rosea* sont dominants en été (respectivement  $d_i = 15,2$  et  $7,7$ ).

### 5.2. Evolution globale du peuplement

L'analyse de l'évolution globale de la biocénose est réalisée à l'aide de deux paramètres (Odum 1971, p. 144) :

— l'indice de diversité biologique de Shannon, calculé par relevé :

$$H = -\sum (n_i) \log (n_i)$$

$n_i$  : abondance relative spécifique par relevé.

— l'indice de variété, rendant compte de la richesse en espèces.

$$v_i = \frac{S - 1}{\log X}$$

S : nombre d'espèces dans le prélèvement.

X : nombre total d'individus dans le prélèvement.

Pour chacun des deux indices, 4 valeurs moyennes mensuelles sont calculées. Les valeurs et l'évolution saisonnière de ces deux indices sont reportées au tableau IV et dans la figure n° 5.

	INDICE DE DIVERSITÉ		INDICE DE VARIÉTÉ	
	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance
Mai	1,43	0,41	3,00	1,00
Juin	1,50	0,36	2,99	2,25
Juillet	1,81	0,59	4,11	1,02
Août	2,08	0,30	4,51	1,74

TABLEAU IV. — Valeurs moyennes mensuelles des indices de diversité biologique et de variété des populations de Copépodes, Cladocères et Ostracodes des rizières de Camargue.

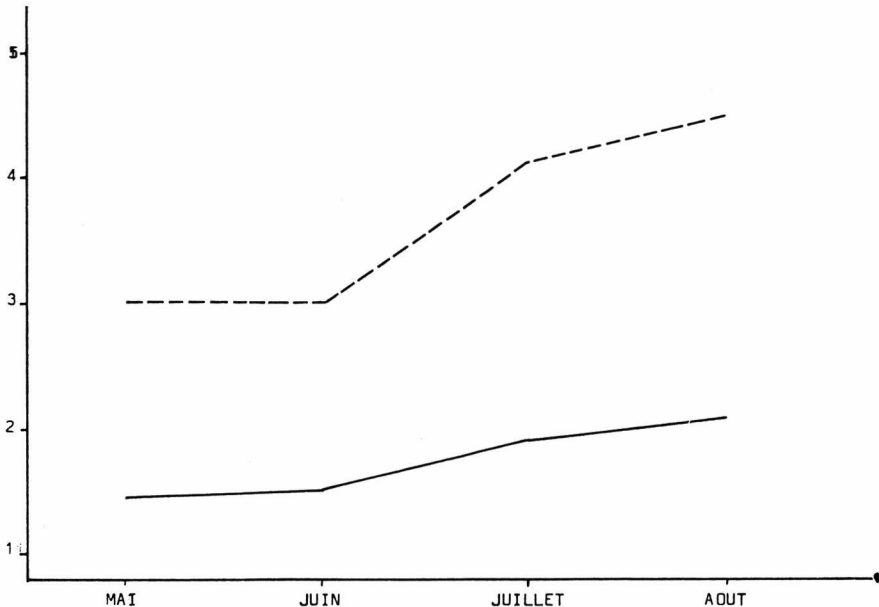


FIG. 5. — Evolution saisonnière des moyennes mensuelles des indices de diversité biologique et de variété des populations de Copépodes, Cladocères et Ostracodes des rizières de Camargue.

— indice de diversité  
 ---- indice de variété

### 5.2.1. INDICE DE DIVERSITÉ

Certaines valeurs de l'indice, inférieures à 1, correspondent à des relevés où une seule espèce représente plus de 70 % du nombre total d'individus.

ex. $I = 0,16$	<i>Moina brachiata</i>	: $n_i = 98 \%$	(20-5-75)
$I = 0,67$	<i>Acanthocyclops gr. vernalis</i>	: $n_i = 88 \%$	(2-6-76)
$I = 0,68$	<i>Strandesia reticulata</i>	: $n_i = 90 \%$	(7-8-75)
$I = 0,72$	<i>Cypridopsis parva</i>	: $n_i = 70 \%$	(22-7-75)

Ces cas de très forte dominance d'une espèce sont plus fréquents en début de saison.

La figure n° 5 montre un accroissement modéré mais régulier de cet indice tout au long de la saison. Une analyse de la variance, réalisée sur l'ensemble des indices des 41 relevés, ne permet pas de conclure à une différence statistique au seuil 5 % entre les quatre moyennes mensuelles de l'indice ( $F_{1,37}^1 = 2,52$ ; valeur inférieure à  $F_{1,37}^1$ ). Néanmoins, le regroupement des valeurs en deux périodes — l'une de printemps (mai et juin), l'autre d'été (juillet et août) — montre l'existence d'une différence statistique significative au seuil 1 % entre ces deux groupes de données.

### 5.2.2. INDICE DE VARIÉTÉ

L'analyse des valeurs mensuelles de cet indice confirme l'existence de deux stades évolutifs. Représentatif de la richesse du milieu en espèces, ce paramètre a des valeurs égales en mai et juin (3,00 et 2,99) pour atteindre des valeurs nettement supérieures en juillet et août (4,11 et 4,49). La comparaison des deux moyennes printanière et estivale à l'aide du t. de Student montre une différence significative au seuil 1 %.

## 6. — DISCUSSION

Les analyses successives des caractéristiques physico-chimiques, de la cinétique des espèces dominantes et de l'évolution globale du peuplement permettent de conclure à une évolution de la zoocénose planctonique caractérisée par deux phases :

— une phase juvénile au printemps où la diversité est relativement faible.

— une phase de maturité en été où le nombre d'espèces augmente.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus dans les rizières italiennes et sardes par Moroni (1967) et Rossi (O.) et Moroni (1974). Ceci est à remplacer dans le cadre générale des successions écologiques.

Le changement des conditions physico-chimiques, dû notamment au développement du riz, influe sur la succession des espèces dominantes. Par exemple, les espèces les plus eurythermes comme *Metacyclops minutus* se développent au printemps, alors que *Cryptocyclops bicolor* (sténotherme) apparaît en fin d'été.

L'évolution des facteurs biotiques n'en est pas moins importante. Ainsi les algues phytoplanctoniques, sont beaucoup plus abondantes au printemps (A. Vaquer, com. pers.), ce qui favorise les zooplanktontes typiquement filtreurs (*Moina brachiata*). La dominance de microphytes fixés en été avantage Chydoridés et Cyclopidés.

La plus grande abondance des Cyclopidés à régime carnivore en août — en comparaison de leur abondance sur le reste de la saison — démontre l'allongement des chaînes trophiques en fin de processus évolutif (respectivement  $d_1 = 1,72$  et  $0,84$ ).

Cette évolution de la biocénose d'une phase juvénile vers une phase de maturité peut être entravée par l'ensemble des interventions humaines (traitement phytosanitaires, assèchements...). Ces pratiques culturales sont la cause d'une réduction du nombre d'espèces présentes et de l'élimination des groupes les moins résistants à l'action des pesticides notamment les Cladocères et Ostracodes. Ceci amène un déséquilibre à l'intérieur de la biocénose zooplanctonique et la maintient à un stade intermédiaire de sa séquence de développement.

L'analyse des prélèvements effectués le 2-6-76 dans quatre stations (nos 7,8, 9 et 10) situées au sud-ouest de la Camargue, fournit un bon exemple. Les relevés ont été réalisés à une période de traitements phytosanitaires intensifs. La moyenne des valeurs de l'indice de diversité est nettement inférieure à la valeur moyenne des 6 autres stations visitées en juin (respectivement  $I = 1,06$  et  $I = 1,79$ ). Dans ces quatre stations les Cyclopidés représentent 91,6 % du nombre total d'individus alors que leur abondance moyenne dans les autres stations visitées en juin est de 40,1 %.

### Remerciements

Je remercie M. Champeau, M<sup>me</sup> Rey et M<sup>me</sup> Steger pour avoir bien voulu effectuer ou vérifier les déterminations des Copépodes, Cladocères et Ostracodes.

### TRAVAUX CITÉS

- AGUESSE (P.). 1955. — Liste des Cladocères nouveaux pour la Camargue. *Terre et vie*, 9 : 313-314.  
 AGUESSE (P.). 1956. — Quelques considérations sur les Copépodes de Camargue. *Vie et Milieu*, 7 (3), p. 38-42.

- AGUESSE (P.) et DUSSART (B.). 1956. — Sur quelques crustacés de Camargue et leur écologie. *Vie et Milieu*, 7, 4, 481-520.
- CHAMPEAU (A.). 1970. — Recherche sur l'écologie et l'adaptation à la vie latente de deux capépodes des eaux temporaires provençales et corses. *Thèse Doct. Etat. Aix-Marseille*, 360 p.
- CONAT (M.). 1952. — Riz et riziculture, un milieu nouveau en Camargue. *Vie et Milieu*, 3, 370-85.
- DUSSART (B.). 1967. — Les Copépodes des eaux continentales d'Europe Occidentale. *Boubée Paris Ed.*, 2 tomes, 792 p.
- HUTCHINSON (G. E.). 1967. — *A treatise on limnology*. Vol. II, John Wiley and Sons, 115 p.
- MARAZANOF (F.). 1964. — Cladocères nouveaux pour la Camargue. *Terre et Vie*, 18 : 380-382.
- MARAZANOF (F.). 1965. — Ostracodes de Camargue. *Annls Limnol.* 1 : 95-102.
- MORONI (A.). 1967. — Richerche ecologiche sulle acque astatiche. Ecologie della comunità eleoplanctoniche di risaia. *Ediz. Studium Parmense, Parma*.
- ODUM (E. P.). 1971. — *Fundamentals of ecology*. W. B. Saunders Company, 574 p.
- ROSSI (O.), MORONI (A.), BARONI (P.) et CARAVELLO (U.). 1974. — Annual evolution of the zooplankton diversity in twelve italian ricefields. *Boll. di Zool.*, 41, 3.
- PETIT (G.) et SCHACHTER (D.). 1954. — La Camargue : étude écologique et faunistique. *Ann. Biol.*, 30, 194-252.
- SCHACHTER (D.) et CONAT (M.). 1951. — Note préliminaire sur la faune des rizières. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 76, 5-6, 365-370.
- SCHACHTER (D.) et CONAT (M.). 1951. — Sur l'apparition massive de *Triops cancriformis* Bosc dans les rizières de la région camarguaise. *Vie et Milieu*, II (3) : p. 361-366.