



**Université Pierre et Marie Curie  
&  
Laboratoire d'Océanographie de  
Villefranche-sur-mer**



**Mémoire de Master « Mention Sciences de l'Univers,  
Environnement, Ecologie » « Spécialité Océanographie et  
Environnements Marins » Année 1**

# **Suivi saisonnier du zooplancton gélatineux au Point B de la rade de Villefranche-sur-mer et son impact sur le réseau trophique pélagique de décembre 2001 à février 2003**

**Présenté par  
Florence DUFOUR**

**Sous la direction de Laure Mousseau  
Mai-juin 2005**

**Année universitaire 2004-2005**

## - REMERCIEMENTS -

Je remercie le Directeur de l'Observatoire Océanologique de Villefranche, Monsieur Michel Glass, ainsi que le directeur du Laboratoire Océanographique de Villefranche, Monsieur Louis Legendre, de m'avoir accueillie au sein de leurs structures.

Je tiens à exprimer ma gratitude à ma maître de stage Madame Laure Mousseau de m'avoir proposé ce sujet de stage et de m'avoir précieusement guidée dans la réflexion scientifique nécessaire à la rédaction de mon rapport.

Je remercie également Madame Céline Heyndrickx pour le programme Point B - Rade de Villefranche et du service d'observation « Rade de Villefranche » de l'Observatoire océanologique pour les données hydrologiques du point B depuis l'année 2000.

Enfin je remercie tous les étudiants de M1 pour la convivialité qui a régné lors de ce stage. Je remercie particulièrement Lyria pour son soutien au quotidien depuis le mois de mars.

# **SOMMAIRE**

<b>I - INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>I.1 - RAPPELS BIOLOGIQUES</b>	<b>3</b>
<b>I.2 - BUT DE L'ETUDE</b>	<b>4</b>
<b>II - MATERIEL ET METHODES</b>	<b>6</b>
<b>II.1 – LIEU D'ETUDE</b>	<b>6</b>
<b>II.2 – DONNEES HYDROLOGIQUES</b>	<b>6</b>
<b>II.3 - ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNEES</b>	<b>6</b>
II.3.1 - A BORD DU BATEAU	6
II.3.2 - AU LABORATOIRE	7
<b>III - RESULTATS</b>	<b>8</b>
<b>III.1 - CONTEXTE HYDROLOGIQUE</b>	<b>8</b>
<b>III.2 – ABONDANCE TOTALE DES DIFFERENTS GROUPES AU COURS DE L'ANNEE</b>	<b>9</b>
<b>III.3 – ABONDANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES</b>	<b>9</b>
<b>III.4 – EVOLUTION SPECIFIQUE DES TAXONS IMPORTANTS</b>	<b>10</b>
III.4.1 – SIPHONOPHORES	10
III.4.2 – CHAETOGNATHES	13
III.4.3 – TUNICIERS	14
<b>III.5 – LES TYPES TROPHIQUES AU COURS DE L'ANNEE</b>	<b>17</b>
<b>IV - DISCUSSION</b>	<b>18</b>
<b>IV.1 - ABONDANCE TOTALE SUR L'ANNEE</b>	<b>18</b>
<b>IV.2 - TYPES TROPHIQUES</b>	<b>18</b>
<b>V - CONCLUSION</b>	<b>21</b>
<b>VI - RÉFÉRENCES</b>	<b>22</b>

**-Liste et classification des espèces utilisées dans le cadre de cette étude-**

Nom latin	Régime alimentaire	Auteur, Année de découverte	Classification		
			Phylum (Ph.) Classe (Cl.) Ordre (O.)	Famille (F.) Sous-Classe (S/Cl.) Sous-Ordre (S/O.)	
<i>Hppopodius hipodus</i>	Carnivores à stratégie de pêche	Forskål, 1776	Ph. Cnidaires O. Siphonohores	S/O. Calycophores F. <i>Hippopodidae</i>	
<i>Rosacea cymbiformis</i>		Chiaje, 1882		S/O. Calycophores F. <i>Prayidae</i>	
<i>Sphaeronectes irregularis</i>		Claus, 1873		S/O. Calycophores F. <i>Sphaeronectidae</i>	
<i>Abylopsis tetragona</i>		Otto, 1823		S/O. Calycophores F. <i>Abylidae</i>	
<i>Bassia bassensis</i>				S/O. Calycophores F. <i>Diphydae</i>	
<i>Lensia subtilis</i>		Chun, 1886			
<i>Lensia conoidea</i>		Keferstein & Ehlers,1860			
<i>Lensia campanella</i>		Moser, 1925			
<i>Lensia fowleri</i>		Bigelow, 1911			
<i>Chelophyes appendiculata</i>		Will, 1844			
<i>Eudoxoides spiralis</i>		Cunningham 1892			
<i>Muggiae kochi</i>		Eschscholtz, 1829			
<i>Muggiaea atlantica</i>		Bigelow, 1911			
<i>Sagitta setosa</i>		Muller, 1847		Ph. Chaetognathes	F. <i>Sagittidae</i>
<i>Sagitta enflata</i>		Grassi, 1881			
<i>Sagitta minima</i>	Grassi, 1881				
<i>Sagitta bipunctata</i>	Quoy and Gaimard, 1827				
<i>Sagitta hexaptera</i>	d'Orbigny, 1843				
<i>Sagitta neodecipiens</i>	Tokioka, 1959	Ph. Cordés Cl. Taliacés	S/Cl. Salpes		
<i>Pegea confoederata</i>	Forskål, 1775				
<i>Salpa maxima</i>	Forskål, 1775				
<i>Salpa fusiformis</i>	Cuvier, 1804				
<i>Ihleia punctata</i>	Forskål, 1775				
<i>Iasis zonaria</i>	Pallas, 1774		S/Cl. Dolioles S/Cl. Pyrosomes		
<i>Thalia democratica</i>	Forskål, 1775				
Dolioles					
Pyrosomes			Ph. Cordés Cl. Larvacés	S/O. Thécosomes (Ptéropodes)	
Appendiculaires					
<i>Limacina</i>	Suspensivores à libération de mucus	Ph. Mollusques O. Prosobranches			
<i>Creseis</i>					
<i>Euclio</i>					
<i>Cavolina</i>					

# I - INTRODUCTION

## I.1 - Rappels biologiques

Les organismes d'intérêt de notre étude appartiennent au zooplancton gélatineux. Ce terme, qui fait référence à l'aspect et à la consistance de ce zooplancton (Feigenbaum et Kelly, 1984 ; Clarke *et al.* , 1992), regroupe un grand nombre de taxons éloignés phylogénétiquement les uns des autres et, de ce fait, concerne une grande partie du règne animal. Ces organismes sont composés en très grande partie d'eau (jusqu'à 98%) et présentent une très grande transparence. Les groupes concernés dans notre étude appartiennent aux Cnidaires (siphonophores) , aux Mollusques thécosomes (ptéropodes), aux Tuniciers pélagiques (salpes, doliolles, pyrosomes, appendiculaires) et aux Chaetognathes. Ces différents organismes occupent des niches écologiques différentes et sont soit carnivores (siphonophores, chaetognathes), soit suspensivores (tuniciers pélagiques) (Alldredge, 1984 ; Pugh, 1989).

Les carnivores gélatineux se nourrissent principalement de petits crustacés (Purcell, 1991 ; Clarke et al., 1992 ; Buecher, 1996). Les siphonophores sont des organismes coloniaux qui sont composés de cloches natatoires qui permettent à la colonie de rester dans la colonne d'eau. Selon les familles, les organismes sont composés d'une cloche (Muggidés) ou de deux cloches (Diphyridés). Les Chaetognathes ont une forme lancéolée dont l'extrémité antérieure est une tête munie d'un appareil préhenseur caractéristique. Ce sont des chasseurs sensoriels actifs tandis que les siphonophores capturent leurs proies à l'aide d'un « filet de pêche », qui est le stolon déployé largement, pour capturer passivement les proies.

Les suspensivores sont des organismes filtreurs des particules de la colonne d'eau. Chez les appendiculaires, le flux filtrant traverse la logette dans laquelle le mucus sécrété piège les particules alimentaires, qui sont ensuite dirigées vers la bouche. Les thaliacés (salpes, doliolles, pyrosomes) filtrent également les particules mais à l'aide de leur pharynx. Les ptéropodes sont également des suspensivores : ils sécrètent un filet muqueux projeté hors de l'animal, puis le ré-ingèrent ensuite, afin de récupérer les particules alimentaires qui s'y sont collées.

## I.2 - But de l'étude

Les différents régimes trophiques affectent les relations entre les individus au travers des relations proies/prédateurs et des relations de compétition. Des relations de compétition pour une ressource entre les organismes du macrozooplancton, telles qu'entre siphonophores et chaetognathes, mais également entre les tuniciers et les organismes du mésozooplancton, (copépodes) existent. A cette compétition entre macrozooplancton et mésozooplancton s'ajoute une relation de prédation. En effet, les carnivores gélatineux exercent leur pression de prédation sur des petits crustacés (Clarke et *al.* 1992) et donc directement sur les copépodes. De par sa forte prédation sur de nombreux groupes zooplanctoniques et sa grande pression de broutage sur le phytoplancton, le macrozooplancton a un grand rôle dans l'écosystème pélagique (Alldredge, 1984 ; Olesen et *al.*, 1994). La présence de ces organismes est épisodique dans la colonne d'eau , exploitant presque instantanément de bonnes conditions environnementales (Fortier et *al.*, 1994 ; Zeldis J.R., 1995).

Les écosystèmes à faible productivité peuvent être caractérisés par du phytoplancton, des copépodes de petite taille, et du zooplancton gélatineux (Mills, 1995). Il est connu que les siphonophores et autres carnivores gélatineux sont des prédateurs à la fois dans les systèmes oligotrophes comme dans les systèmes eutrophes (Mills, 1995). Ils occupent donc une place importante dans les différents types d'écosystèmes. Les écosystèmes pourraient même basculer d'une dominance du réseau trophique par les poissons vers une dominance par les carnivores gélatineux (Mills, 1995). Il peut effectivement avoir débalancement de l'écosystème si les gélatineux « gagnent » la compétition vis à vis des poissons, soit en terme de ressource exploitées communes (les gélatineux ont une stratégie de reproduction extrêmement efficace), soit en terme de prédation (les gélatineux peuvent être prédateurs des larves de poissons). C'est pour cela que l'on dit parfois que les gélatineux sont des culs-de-sac trophiques : la voie trophique qu'ils contrôlent s'arrête à leur niveau.

La température est un paramètre physico-chimique qui influence le métabolisme des organismes planctoniques. Ainsi, une modification de la température aura un impact sur le métabolisme et, entre autres, sur les fonctions de nutrition du zooplancton. De plus, la nourriture disponible (quantité et qualité) est un facteur indispensable pour le développement des organismes. Ces deux facteurs évoluent au cours de l'année sur toute la colonne d'eau. Ainsi, l'évolution de ces paramètres régit la répartition temporelle et spatiale des différents organismes. De multiples inventaires faunistiques en Méditerranée (Trégoubouff et Rose, 1957 par exemple) existent, mais le rapport aux conditions environnementales n'a pas été considéré. Peu d'études ont été faites sur le zooplancton gélatineux car celui-ci a une

présence épisodique, il est possible qu'il ne soit pas échantillonné; il a été beaucoup plus aisé d'étudier les copépodes du fait qu'ils sont présents à toutes les saisons dans la colonne d'eau.

Cette étude s'inscrit dans le projet ATI « Effets du mésozooplancton sur la diversité spécifique des compartiments phyto- et microzooplanctoniques d'une zone côtière méditerranéenne ». Dans ce projet, un suivi sur deux ans des communautés de micro-phytoplancton, de tintinnidés, de mésozooplancton et de macrozooplancton dans la rade de Villefranche, au point B, a été réalisé. Le premier volet de notre étude s'intéressera à essayer comprendre la répartition saisonnière des individus par le suivi des facteurs environnementaux. L'abondance des différents groupes zoologiques, puis celle des différentes espèces au sein des groupes seront étudiées. Le deuxième volet s'intéressera à la succession des différents régimes trophiques, observés dans la rade, en fonction des proies présentes dans la colonne d'eau. Les différentes interactions existant entre le macrozooplancton, le mésozooplancton, les tintinnidés et le phytoplancton pourront ainsi être évaluées.

## **II - MATERIEL ET METHODES**

### **II.1 – Lieu d'étude**

L'échantillonnage a été fait dans la rade de Villefranche-sur-mer, au Nord Ouest du bassin Ligure. La rade est entourée par les rochers du Cap de Nice à l'Ouest et la presqu'île du Cap Ferrat à l'Est, ce qui en fait une baie assez abritée. L'absence du plateau continental, et le prolongement du relief terrestre montagneux dans le milieu marin, constituent une particularité géographique et bathymétrique qui a des conséquences, tant sur les plans hydrologique que biologique. Ainsi, des grands fonds (>800 m) sont trouvés dès sa sortie de la rade et la communauté zooplanctonique de la rade est constituée d'organismes typiques de la faune hauturière profonde. Le point d'échantillonnage, le Point B, est un site d'observation appartenant au réseau SOMLIT (Service d'Observation en Milieu Littoral), labellisé par l'INSU (Figure 1). L'échantillonnage hebdomadaire des paramètres physiques et chimiques de la colonne d'eau sont disponibles par ce programme, ce qui permet d'avoir le contexte hydrologique et chimique. Ce site se trouve à la sortie de la rade sur un fond de 80 mètres.

### **II.2 – Données hydrologiques**

Dans le cadre du suivi hebdomadaire, les données de température et de salinité sont recueillies par une sonde CTD et les sels nutritifs par bouteilles NISKIN (analysés par un autoanalyser Perkin Elmer).

### **II.3 - Acquisition et traitement des données**

Les données ont été récoltées lors des sorties hebdomadaires au point B.

#### **II.3.1 - A bord du bateau**

Le filet utilisé est un filet Régent d'un mètre de diamètre, d'une longueur de 4m et d'un vide de maille de 680µm. Ce type de filet permet de récolter principalement du macrozooplancton, dont les gélatineux, qui sont d'intérêt pour cette étude. Les prélèvements ont été faits par un trait oblique entre 80 et 0m à une vitesse de remontée du filet de 0,5 m.s<sup>-1</sup> et une allure de bateau de 1 à 1,5 nœuds. Les filets sont munis d'un volucompteur



TSK afin de connaître le volume d'eau filtré. Les organismes sont ensuite conservés dans une solution de formol tamponnée (au borax) à 4% jusqu'à leur détermination au laboratoire.

### **II.3.2 - Au laboratoire**

La pêche est tamisée sur une soie de 200  $\mu\text{m}$  afin de ne pas perdre d'organismes. Si le nombre d'individus dans l'échantillon est trop grand, un fractionnement s'impose. Celui-ci est effectué à l'aide de la boîte de Motoda. Le principe est de diviser aléatoirement l'échantillon en deux parties statistiquement égales, puis de prendre une moitié et de la diviser à nouveau en deux, et ainsi de suite, jusqu'à obtenir un nombre raisonnable d'organismes à compter. Si de gros individus sont observés, ils sont mis de côté, avant fractionnement, afin de les compter en totalité.

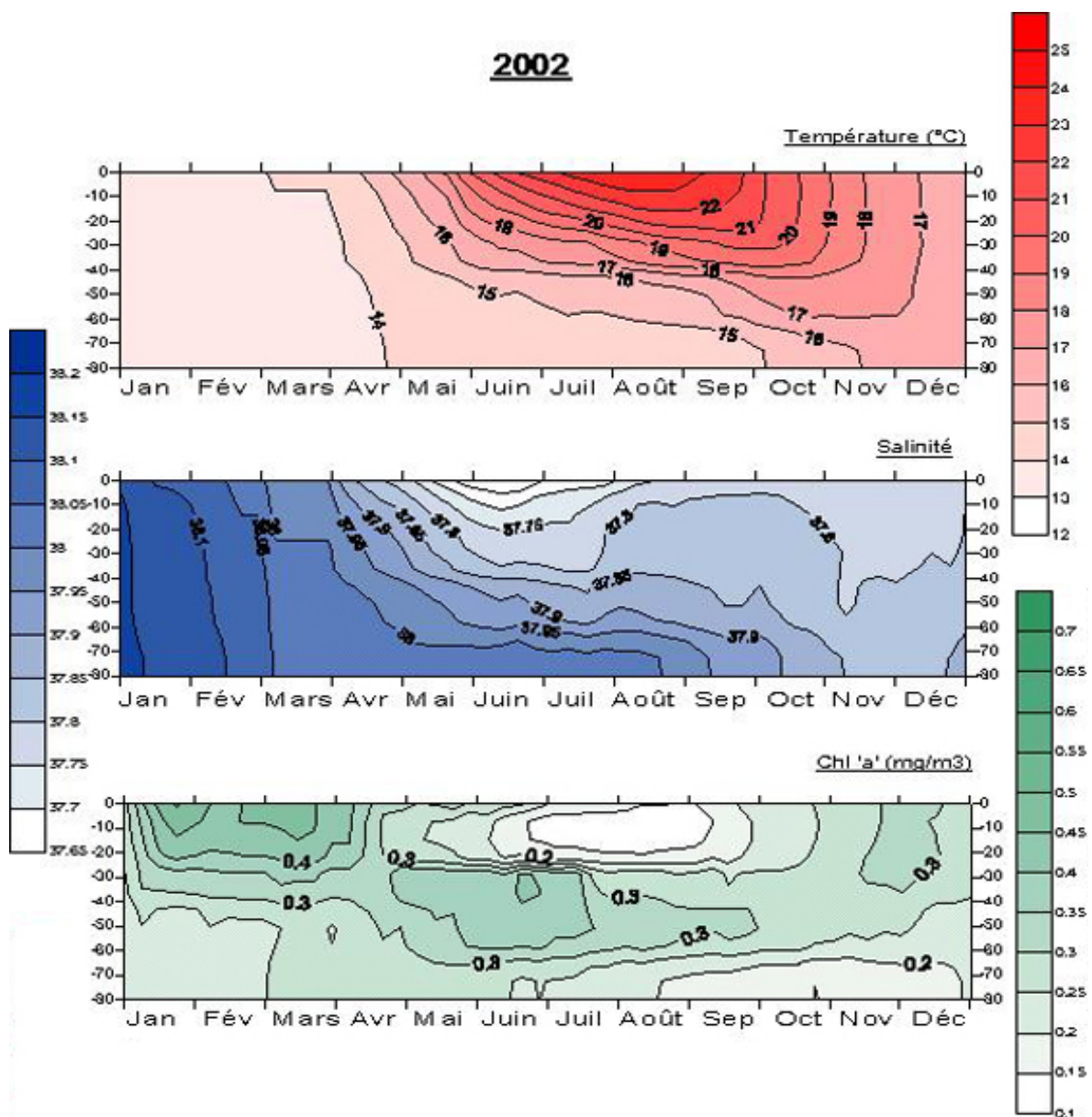
Les individus sont ensuite identifiés à la loupe binoculaire. Pour les salpes, les siphonophores et les chaetognathes, la détermination se fait jusqu'à l'espèce. Pour les siphonophores, le stade eudoxie (reproducteur) est distingué du stade polygastrique (colonial), ceci afin de suivre leur développement. La détermination des Ptéropodes se fait jusqu'au genre. Les autres tuniciers sont classés en dolioles, pyrosomes et appendiculaires. Les salpes ont été distinguées des autres tuniciers en raison de leur plus grande abondance et donc d'un impact sur le réseau trophique probablement spécifique.

Les individus ont été identifiés à partir des clés d'identification du conseil international pour l'exploitation de la mer en ce qui concerne les salpes, de *Fauna of the Mediterranean Hydrozoa* par J. Bouillon *et al* (page 405 à 438) et de clefs d'identification élaborées à Villefranche, par J.C. Braconnot et C. Carré, pour les siphonophores et les chaetognathes. Une fois le nombre d'individus compté dans l'échantillon, l'abondance est déterminée en tenant compte du fractionnement, et en utilisant le volume d'eau filtré obtenu par le volucompteur. Elle s'exprime en nombre d'individus. $100\text{m}^{-3}$ . Cependant, en ce qui concerne les salpes, les données de l'échantillonnage au filet Régent, des mois de mars à mai 2002, ne sont pas disponibles en termes d'ind. $100\text{ m}^{-3}$ , mais en terme de cotation présence/absence. Il n'y a pas de données pour les mois de janvier et février.

### III - RESULTATS

#### III.1 - Contexte hydrologique

La période de stratification thermique de la colonne d'eau débute au mois d'avril pour se terminer au mois de novembre (Figure 2). La stratification thermique et hyaline est maximale en été avec une température maximale en surface (23°C) au mois d'août et une salinité minimale en surface (37,65) en juin. Les valeurs de salinité sont supérieures à 37,95 sur toute la colonne d'eau jusqu'au mois de mars.



**Figure 2 :** Evolution de la température, de la salinité et de la chlorophylle a au cours de l'année 2002. Les valeurs de chlorophylle a sont des indicateurs de la biomasse phytoplanctonique (données SOMLIT). (source : <http://www.obs-vlfr.fr>)

L'évolution de la chlorophylle *a* indique que celle-ci est maximale de janvier à mars dans la couche 0-30m (0,5 mg.m<sup>-3</sup>), ce qui peut laisser penser que le phytoplancton est principalement présent dans cette couche. D'avril à juillet, la plupart du phytoplancton serait dans la couche 30-60m (0,35 mg.m<sup>-3</sup>) tandis que de fin juin à début septembre, il y aurait peu de Chla détectable dans les eaux de surface.

### III.2 – Abondance totale des différents groupes au cours de l'année

La période de plus forte abondance correspond à l'été et à l'automne avec des maxima d'individus observés en juin 2002 (2005 ind.100.m<sup>-3</sup>) et en novembre 2002 (1285 ind.100m<sup>-3</sup>) (Tableau 1). Les groupes qui dominent le macrozooplancton de la colonne d'eau dans la rade de Villefranche, au cours de l'année 2002, sont principalement les siphonophores, les chaetognathes, les salpes et les autres tuniciers (doliolles, pyrosomes et appendiculaires (DPA)).

**Tableau 1** : Abondances totales (individus.100m<sup>-3</sup>) des différents groupes zoologiques au cours des mois échantillonnés.

++ : très forte abondance ; - : absence

ND : données non disponibles.

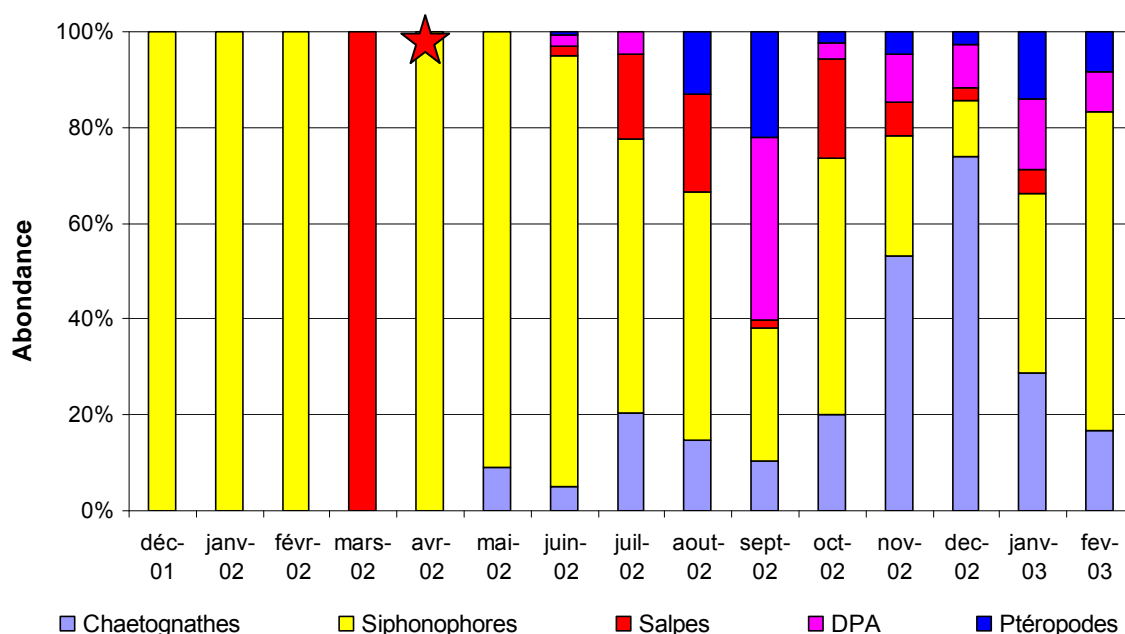
	déc- 01	janv- 02	févr- 02	mars- 02	avr- 02	mai- 02	juin- 02	juil- 02	août- 02	sept- 02	oct- 02	nov- 02	dec- 02	janv- 03	fev- 03
chaetognathes	0	0	0	0	0	10	102	154	76	69	115	684	735	19	4
siphonophores	17	3	4	0	2	99	1802	434	267	186	308	323	117	25	16
Salpes	0	ND	ND	24	++	-	38	132	105	10	119	91	25	3	0
DPA	0	0	0	0	0	0	51	36	0	254	19	128	89	10	2
ptéropodes	0	0	0	0	0	0	13	0	68	147	13	59	28	9	2
<b>Total</b>	17	3	4	24	2	109	2005	757	516	666	574	1285	994	68	24

### III.3 – Abondance relative des différents groupes

Les siphonophores sont présents tout au long de l'année dans la rade de Villefranche (Figure 3). Ils ont une abondance relative plus faible, de la fin de l'été jusqu'au début de l'hiver, avec un minimum de 28% au mois de septembre. Les salpes sont principalement présentes au début du printemps, ainsi qu'en automne, avec leur plus grande abondance relative au mois de mars (100%) et très certainement d'avril (données non chiffrées). Les DPA sont présents de juin 2002 à janvier 2003 (mise à part une absence totale en août)

avec une plus grande abondance relative au mois de septembre 2002 (41%). Les chaetognathes ont une plus grande abondance relative en novembre et décembre 2002, avec 77% de l'abondance totale en décembre.

La période de présence des ptéropodes débute en juin 2002 et ils sont ensuite retrouvés sur toute la période d'échantillonnage (bien qu'ils soient absents au mois de juillet 2002). Leur abondance relative maximale se trouve en fin d'été, avec environ 20% du total des espèces.



★ Présence de salpes en très grande quantité mais non chiffrée

Figure 3 : Abondance relative (%) des différents groupes étudiés au cours de la période d'échantillonnage

### III.4 – Evolution spécifique des taxons importants

#### III.4.1 – Siphonophores

Le pic d'abondance des siphonophores se trouve au printemps et au tout début de l'été. Leur plus grande abondance débute en mai ( $\sim 85 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ ) et s'accroît fortement en juin avec  $\sim 1380 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$  (Figure 4). Le nombre d'individus décroît à partir de juillet, se stabilisant autour d'une valeur moyenne,  $\sim 270 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ , en octobre et novembre. L'abondance minimale est atteinte en janvier 2003, avec seulement  $\sim 20 \text{ ind.}100 \text{ m}^{-3}$ . Les organismes reproducteurs sont principalement présents au même moment que la majorité des siphonophores, mais en bien plus faible quantité (à peine 20%). Une différence

d'abondance entre les 2 années étudiées est observée, le nombre d'individus en hiver 2002/2003 étant plus élevé qu'en hiver 2001/2002.

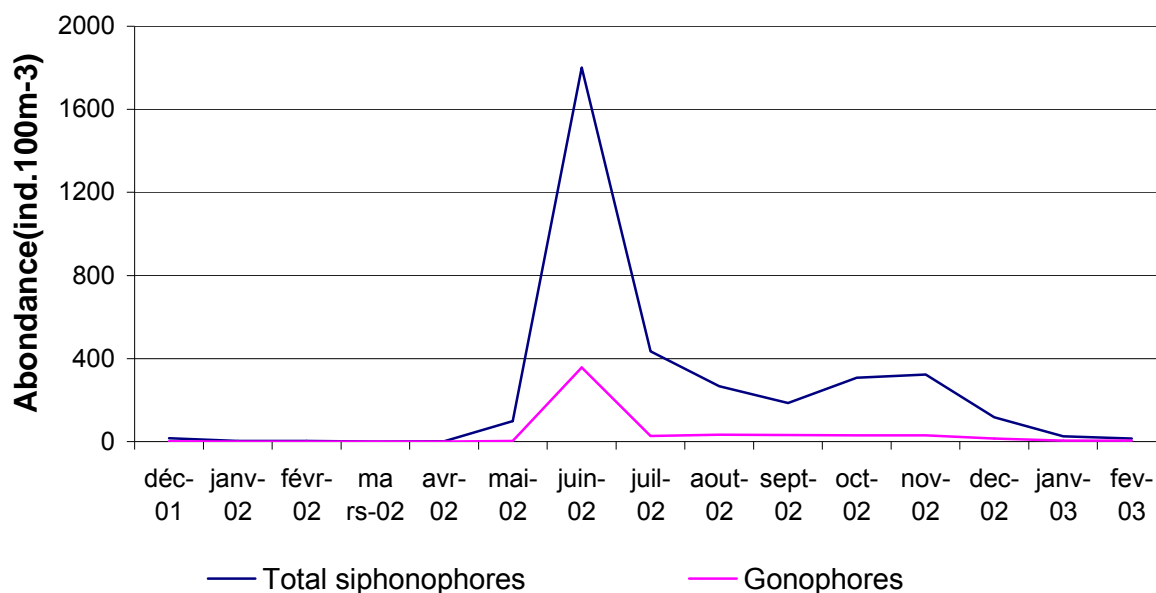


Figure 4 : Variations annuelles de l'abondance totale des Siphonophores ainsi que des organismes reproducteurs au point B de la rade de Villefranche.

Sept genres de siphonophores ont été déterminés (Figure 5). Le genre *Lensia* sera étudié plus en détail, car il regroupe trois espèces présentant chacune des évolutions temporelles particulières.

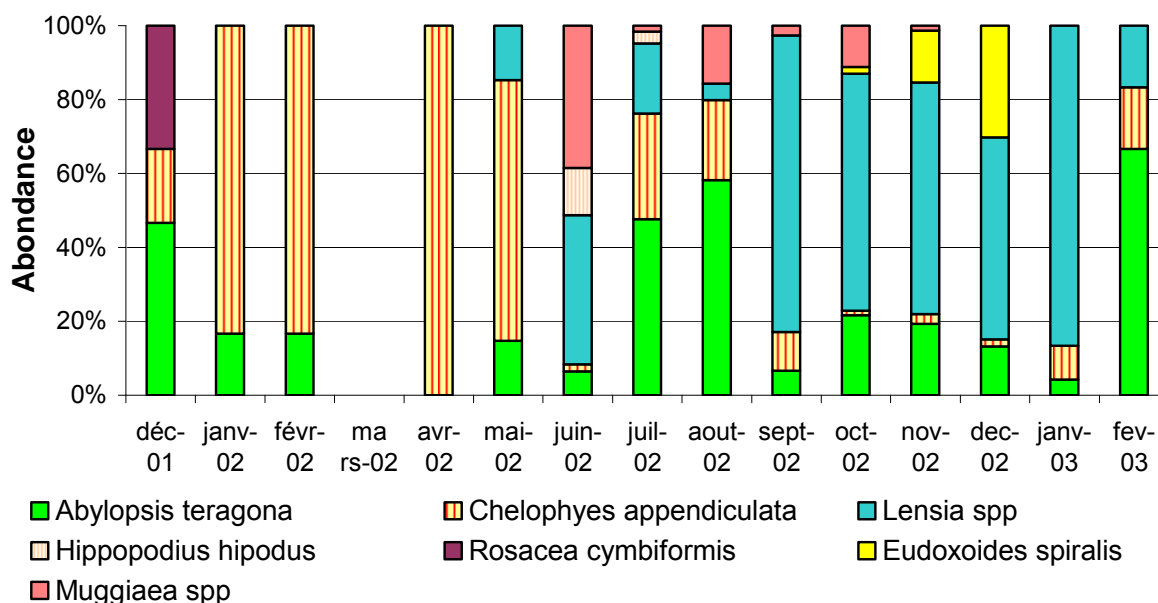


Figure 5 : Abondance relative (%) des siphonophores au cours de la période d'échantillonnage

La période estivale est favorable à la présence simultanée d'un plus grand nombre de genres de siphonophores, tandis que le moins grand nombre d'espèces présentes simultanément est en hiver.

*Chelophyes appendiculata* et *Abylopsis tetragona* sont présentes toute l'année. *C. appendiculata* présente une plus grande abondance relative de décembre 2001 à avril 2002 (de 25 à 100%). *A. tetragona* a un maximum d'abondance relative en juillet et août 2002 (50 à 60%) Le genre *Lensia* apparaît à partir du mois de mai, et est présente tout au long de la période d'échantillonnage. Il est trouvé en grande proportion à partir de septembre, jusqu'en février, son abondance relative étant maximale (85%) en janvier 2003. *Rosacea cymbiformis* représente 30% des individus en décembre 2001. Cependant, cette espèce ne sera trouvée qu'à cette période durant toute la durée de l'échantillonnage.

*Eudoxoides spiralis* et *Hippopodus hipodus* sont présents en automne et en été respectivement, les deux en faible proportion. Le genre *Muggiaea* n'est observé qu'en été et au tout début de l'automne, avec une part assez importante en juin 2002.

#### Cas particulier de *Lensia*

Trois espèces principales (stades eudoxie et polygastrique confondues) ont été échantillonnées pour le genre *Lensia* : *L. subtilis*, *L. campanella* et *L. conoidea*. L'abondance relative de *L. subtilis* décroît au fur et à mesure des mois (Figure 6), avec un maximum en fin de printemps - début d'été. *L. conoidea* succède peu à peu à *L. subtilis*, avec une abondance relative maximale en hiver. *L. campanella* est présente de septembre à janvier, avec une faible contribution à l'abondance relative totale des siphonophores.

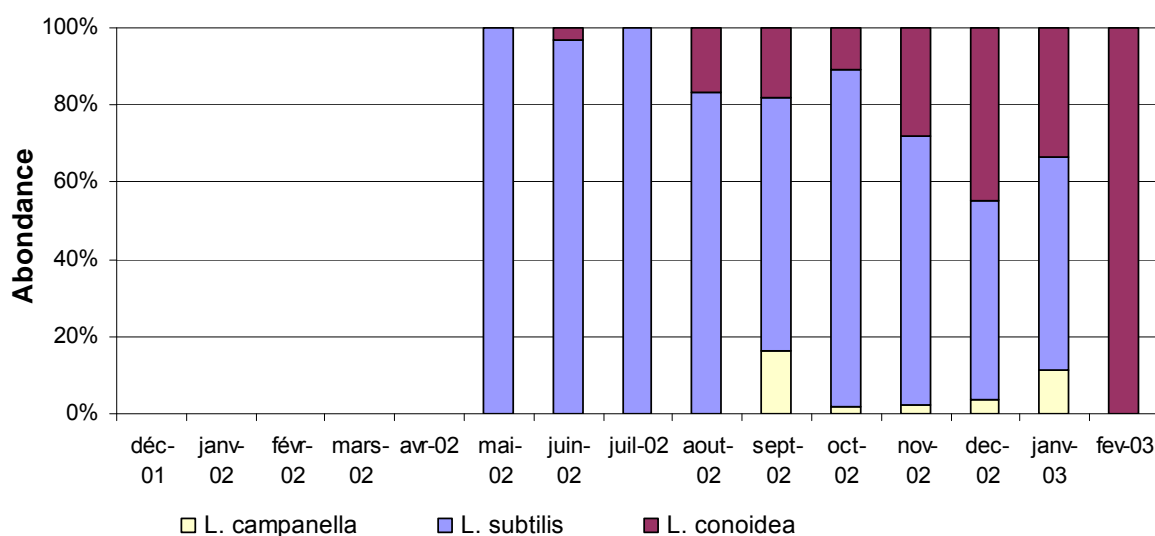


Figure 6 : Evolution spécifique du genre *Lensia* en terme d'abondance relative (%)

Aux mois de juin et juillet, le stade eudoxie est principalement présent, tandis qu'en octobre et novembre, ce sont en majorité des individus polygastriques. *L. campanella* et *conoidea* sont en très grande majorité en stade eudoxie tout au long de l'échantillonnage.

### III.4.2 – Chaetognathes

L'apparition des Chaetognathes se fait à partir de mai 2002 (Figure 7). Deux périodes semblent plus favorables à leur développement : les mois de juin et juillet, puis les mois de novembre et décembre, cette dernière avec une plus forte abondance ( $\sim 750$  ind.100m<sup>-3</sup>).

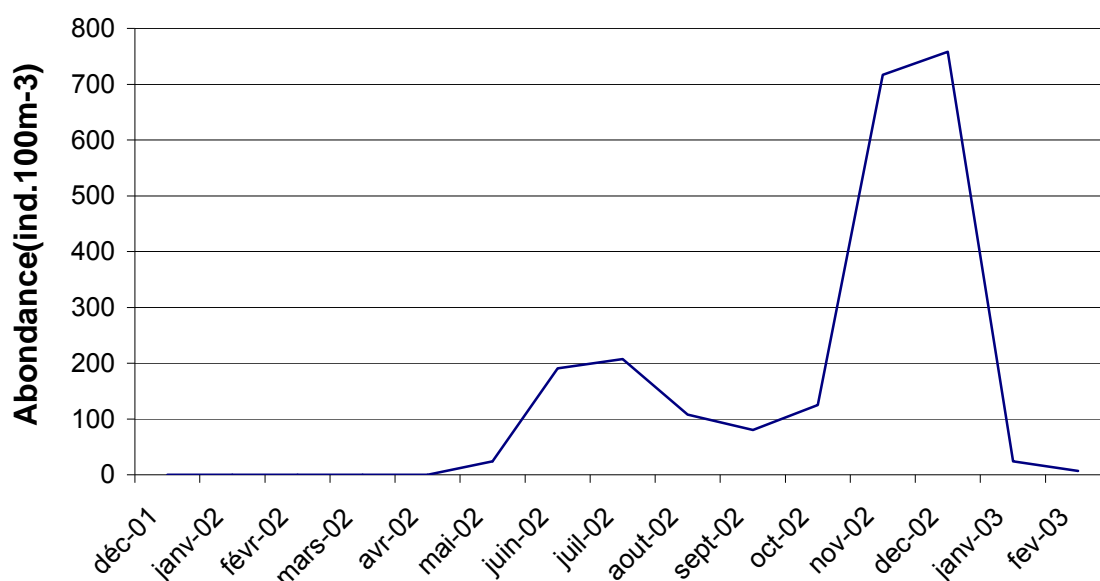


Figure 7 : Variations annuelles de l'abondance des Chaetognathes au point B de la rade de Villefranche.

Six espèces principales ont été observées, dans la rade de Villefranche, durant la période d'échantillonnage considérée (Figure 8) : *Sagitta setosa*, *S. enflata*, *S. minima*, *S. bipunctata*, *S. hexaptera* et *S. neodecipiens*. Juillet et août sont les mois où le plus grand nombre d'espèces (5 et 6 respectivement) sont observées, tandis que les autres mois ne présentent que peu d'espèces. *S. minima* et *S. hexaptera* sont des espèces plutôt printanières et estivales (entre mai et août). *S. setosa*, ainsi que *S. bipunctata*, sont observées en été. *S. enflata* est trouvée sur une grande partie de l'année, mais elle domine la communauté (> 95%) en novembre et décembre. *S. neodecipiens* est observée principalement en juillet 2002 et février 2003, où elle a son abondance relative maximale (75%).

*S. hexaptera*, suivie de *Sagitta setosa*, dominant les chaetognathes entre mai et septembre. C'est ensuite *S. enflata* qui occupe une très grande importance suivie, au mois de février 2003, par *S. neodecipiens*.

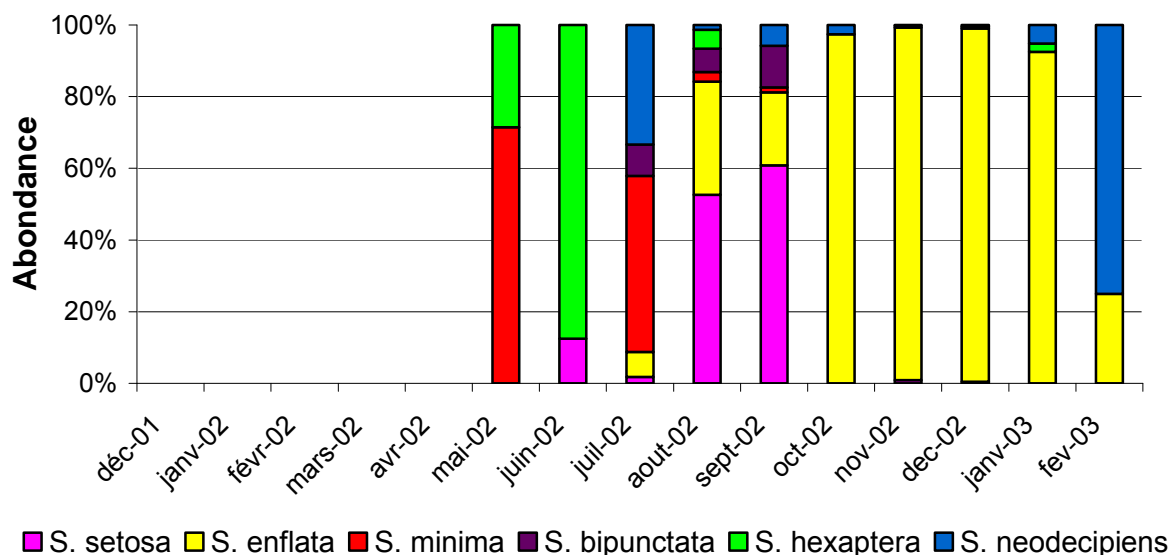


Figure 8 : Evolution spécifique en terme d'abondance relative (%) des chaetognathes au cours de la période d'échantillonnage

### III.4.3 – Tuniciers

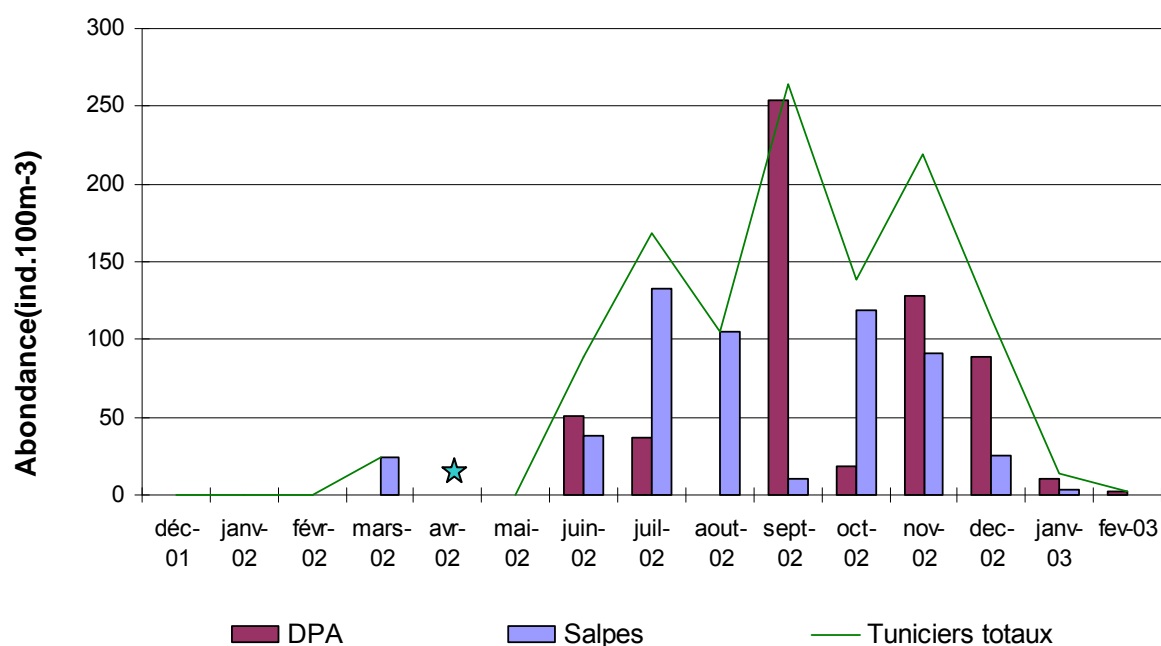
Quatre principaux pics d'abondance sont observés : avril, juillet, septembre et novembre, l'abondance variant entre  $\sim 160$  et  $260 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$ .

Les salpes sont observées toute l'année (sauf mai), et ont 3 périodes de plus grande abondance : avril, juin - août et octobre - décembre (Figure 9).

Les DPA sont échantillonnées au cours de 2 périodes, juin - juillet, septembre - décembre.

Les salpes sont en plus grande quantité que les DPA aux pics de début d'année. En septembre, les DPA sont 25 fois plus importants que les salpes, alors qu'en novembre, ils sont présents à peu près en égale quantité. Les DPA et les salpes alternent donc au cours de l'année, leur pic d'abondance étant décalé dans le temps.

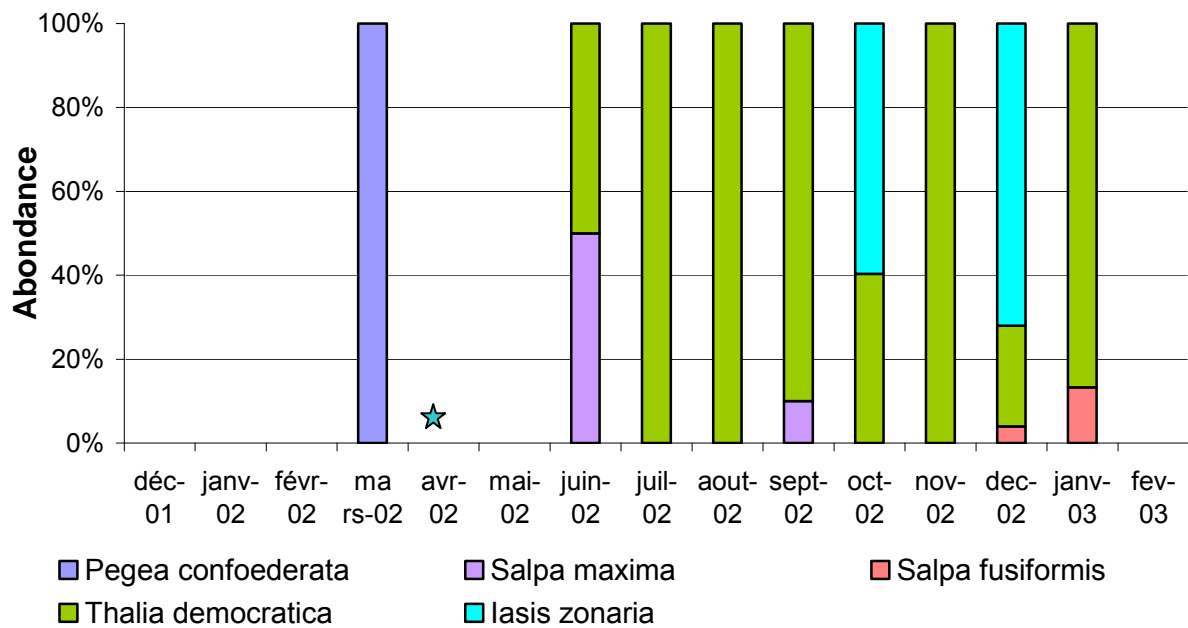




★ Présence de salpes en très grande quantité mais non chiffrée

Figure 9 : Variations annuelles de l'abondance des Tuniciers au point B de la rade de Villefranche.

Dans les échantillons récoltés, cinq espèces de Salpes sont déterminées, chacune avec des évolutions temporelles particulières. Le minimum d'espèces de salpes présentes simultanément est en été, tandis que le maximum est observé en hiver. Cependant, il ne semble pas y avoir une grande diversité au début du printemps. En décembre, trois espèces de salpes sont présentes simultanément dans la rade : *Salpa fusiformis*, *Iasis zonaria* et *Thalia democratica* (Figure 10). Le genre *Salpa* a une présence annuelle épisodique, *S. maxima* est observée plutôt en été, et *S. fusiformis* en hiver. *T. democratica* est présente sur quasiment toute la durée de l'échantillonnage, avec une abondance relative variant, de 25% au mois de décembre, à 100% aux mois de juillet et août. *I. zonaria* n'est présente que 2 mois de l'année, mais représente un minimum de 60% des salpes au mois d'octobre, et 72% au mois de décembre 2002.



★ Présence de salpes en grande quantité mais donnée non chiffrée

Figure 10 : Evolution de la composition spécifique des salpes en terme d'abondance relative (%)

Une succession des groupes de DPA est observée durant la période d'échantillonnage. Ainsi, les pyrosomes et les doliolles apparaissent dès juin (Figure 11). Les appendiculaires se retrouvent presque exclusivement en septembre, se faisant remplacer peu à peu par les doliolles jusqu'au mois de décembre, où les pyrosomes reprennent de l'importance jusqu'à dominer à 100% les DPA au mois de février 2003, mais avec une très faible abondance.

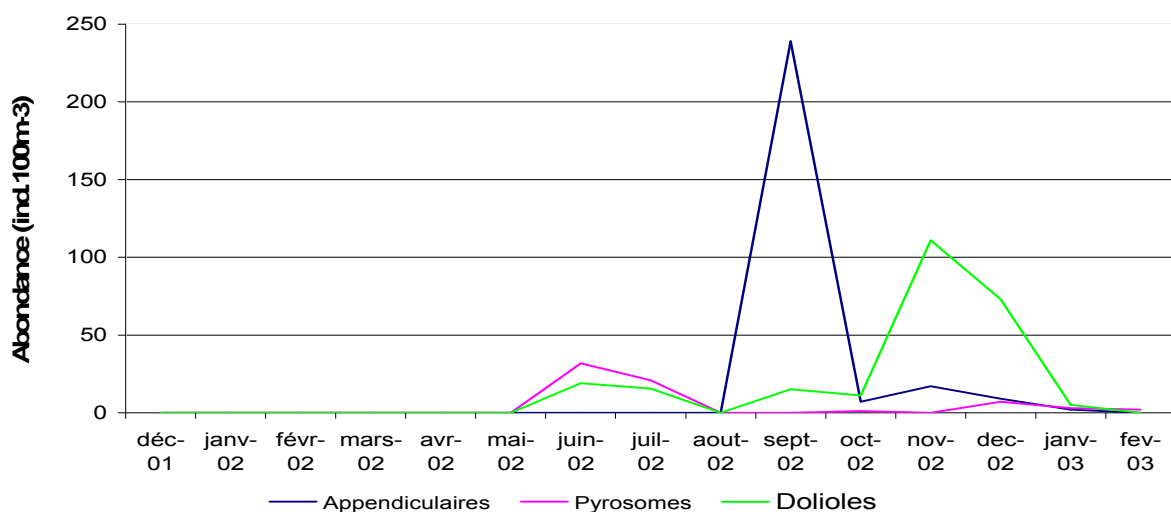
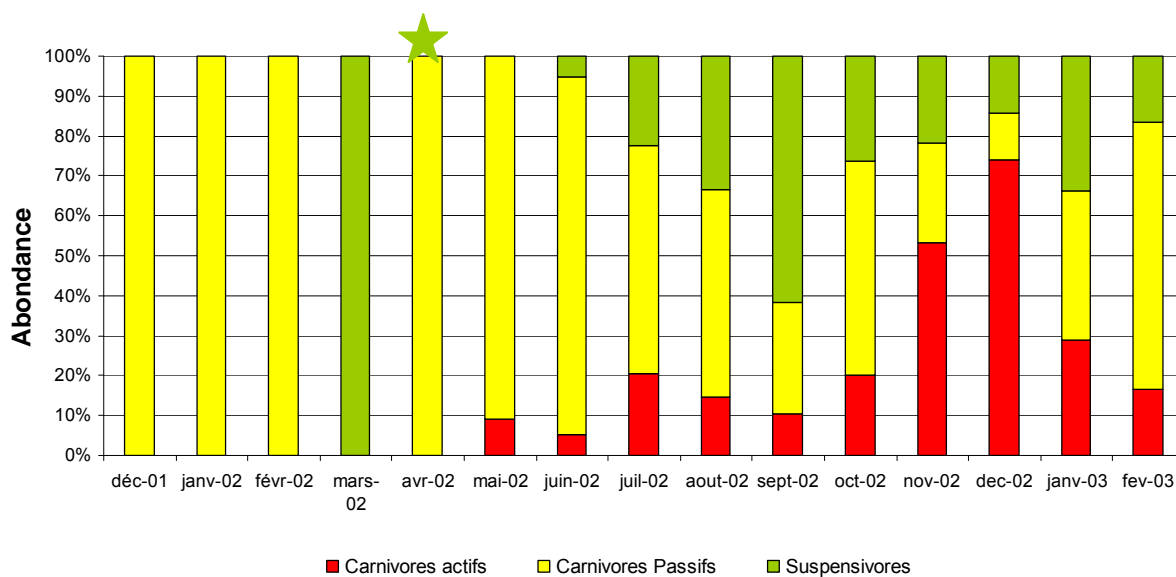


Figure 11 : Evolution des doliolles, appendiculaires et pyrosomes au cours de la période d'échantillonnage

### III.5 – Les types trophiques au cours de l'année

Les carnivores à stratégie de pêche sont présents tout au long de l'année, et présentent un maximum d'abondance relative en fin de printemps 2002 (Figure 12). Les carnivores chasseurs sont retrouvés sur la quasi totalité de l'année, avec un maximum d'abondance relative en automne. Les suspensivores sont principalement observés au printemps, et en début d'automne.



Présence de suspensivores en très grande quantité mais non chiffrée

Figure 12: Répartition des différents types trophiques au cours de l'année.

Carnivores chasseurs : chaetognathes ;  
carnivores à stratégie de pêche : siphonophores ;  
suspensivores : Tuniciers

## IV - Discussion

Les débuts d'année 2002 et 2003 sont très différents, aussi bien en terme de groupes taxonomiques observés, qu'en abondance totale des individus. Les conditions météorologiques des deux années sont assez différentes, avec un mois de janvier 2002 très froid, alors que 2003 est simplement frais (données Météo France) . Des vents violents ont été observés en février 2002, ce qui peut empêcher les gélatineux d'être dans la rade.

### IV.1 - Abondance totale sur l'année

Deux périodes d'abondance maximale des individus de la communauté macrozooplanctonique sont observées dans la rade : juin et novembre. La forte abondance de juin est due à la présence en grande quantité de siphonophores, tandis que celle de novembre, est plutôt liée à celle des chaetognathes. Il se pourrait que les conditions thermiques soient favorables à ces développements. En effet, au mois de juin, il y a établissement de la stratification thermique et hyaline. En revanche, le mois de novembre montre la fin de la stratification thermique. Les carnivores gélatineux seraient présents dans la rade au moment de la mise en place et de la disparition de la stratification thermique. Ces résultats étaient déjà observés lors du suivi à long terme des carnivores gélatineux dans les années 90 (Buecher (1996)). De plus, Fénaux et Quélard (1977) trouvaient que les biomasses augmentaient de fin mars à fin juin dans la rade, puis diminuaient pour être plus ou moins stables jusqu'en décembre. Des changements de communautés, avec des espèces apparaissant à des moments différents, sont observés par rapport à plusieurs années auparavant. Les études précédentes considèrent que leur présence est due aux conditions hydrologiques, mais nous allons voir une relation plus directe avec le réseau trophique.

### IV.2 - Types trophiques

La biomasse phytoplanctonique augmente au mois de février, avec un maximum dans la couche 0-30m, grâce à des conditions environnementales favorables. Aux mois d'avril et de mai, les salpes représentent quasiment 100% du zooplancton gélatineux total. En mars, la seule espèce présente est *Pegea confoederata*, tandis que les espèces présentes au mois d'avril ne sont pas connues. Cependant, Buecher (1996) observait *Salpa fusiformis* dans la rade de février à mai. Les mêmes tendances sur les données hydrologiques sont observées entre la période d'étude de Buecher et celle-ci. Ainsi, il est possible de

penser que les mêmes espèces sont présentes. De plus, *T. democratica* a été observée sur tout le reste de l'année, mis à part fin 2001 et début 2002. A cette période, les valeurs de salinité sont aux alentours de 38. Dans Buecher (1996), *T. democratica* n'était également observée qu'à des salinités inférieures à 38. *T. democratica* pourrait ainsi être une espèce pouvant supporter de grandes variations de température (de 14°C à 23°C), mais ne pouvant pas se développer dans des eaux de salinité supérieure à 38.

L'abondance des copépodes augmente dès le mois de février et est maximale au mois d'avril, tandis que l'augmentation de l'abondance des tintinnidés, au mois de février, est couplée à celle du phytoplancton (Gasparini *et al.*, 2004). Tintinnidés et phytoplancton fournissent des proies aux copépodes (Gifford et Dagg, 1991) ainsi qu'aux thaliacés (Huskin, 2003). Il sera considéré un effet retard d'un mois, entre le moment d'apparition de la proie et le moment de présence du prédateur (Buecher, 1996), pour les copépodes et les carnivores gélatineux et aucun pour les thaliacés (Fortier *et al.*, 1994 ; Zeldis J.R., 1995).

Les salpes sont capables de filtrer un plus grand volume d'eau que quasiment n'importe quel autre brouteur, leur taux de filtration pouvant être de plusieurs litres par individu et par heure (Bone, 1998). Ainsi, une forte présence de salpes devrait appauvrir la colonne d'eau en phytoplancton. Les copépodes herbivores, qui répondent plus tard aux conditions environnementales favorables, ne devraient pas pouvoir se développer. Cependant, les salpes et les copépodes sont présents en grande quantité au mois d'avril. Les traits verticaux de filets (intégration de la colonne d'eau) effectués ne permettent pas de savoir si les tuniciers et les copépodes se trouvent à la même profondeur. Les tuniciers et les copépodes pourraient alors être à des profondeurs différentes. Des copépodes sont observés en mai tandis que les salpes sont absentes. De plus, dès mai, il commence à y avoir de moins en moins de phytoplancton dans la couche 0-30 m. Ainsi, il est possible que les salpes ne se trouvent pas à cette profondeur au mois de mai, et ne pourraient pas se développer, à cause de l'absence de nourriture. Les copépodes, quant à eux, s'ils se trouvent plus profond peuvent continuer à profiter de la présence de phytoplancton.

La majorité des carnivores sont présents les deux mois qui suivent les périodes de plus grande abondance d'herbivores, soit mai et juin. En mai, 100% du zooplancton gélatineux est carnivore. Ce zooplancton répond probablement à la grande quantité de copépodes présente en avril et mai. Pendant ces mois, la plupart des organismes carnivores sont à stratégie de pêche, tandis qu'en hiver quand il y a le moins de proies, ce sont des individus chasseurs qui sont le plus retrouvés. Rappelons que les carnivores à stratégie de pêche sont les siphonophores tandis que les chasseurs sont les chaetognathes. La stratégie de pêche des siphonophores est donc bien plus efficace que les chaetognathes quand les proies sont en grand abondance.

*Abylopsis tetragona* et *Chelophyes appendiculata* sont les 2 espèces principales observées au cours de l'année 2002. Tout comme dans les années 90, un maximum d'abondance des siphonophores au printemps et en automne est observé, et un minimum en hiver. Les genres *Lensia* et *Muggiaea* ont également été étudiés mais en Adriatique. Ce bassin est situé au Nord de la méditerranée et, tout comme la mer Ligure, est une zone qui peut être le siège de remontée d'eaux profondes en hiver. Leur période de présence se distingue quelque peu de celle dans la rade de Villefranche. En effet, Batistić (2004) observe, dans la couche 0-100 m, que *Lensia subtilis* et *Muggiaea kochi* sont les deux espèces les plus abondantes, suivies par *Lensia conoidea*, *L. subtilis* et *L. conoidea* étant présentes à toutes les saisons. Dans la rade, ces dernières ne sont pas observées au printemps. De plus, *L. conoidea* est également trouvée en très forte abondance en mer Ligure et Tyrrhénienne en avril 1994 (Andersen, 1998). On peut émettre l'hypothèse que les conditions hydrologiques entre les deux années sont différentes. Cependant, la distribution du macrozooplancton étant typiquement en tâche (Bees, 1998 ; Andersen, 1999 ; Huskin, 2003), l'échantillonnage au point B, une fois dans la semaine, ne peut évidemment pas rendre compte de résultats sur une échelle spatiale. Il est donc plausible que l'échantillonnage ne représente pas, adéquatement, la plus forte abondance des tuniciers possible.

*Sagitta enflata*, l'espèce carnivore la plus abondante en novembre et décembre, a également été observée en Adriatique, en octobre et novembre, avec des abondances bien plus élevées ( $\sim 5000 \text{ ind.}100\text{m}^{-3}$ ) (Batistić, 2003). La température de cette étude est de  $\sim 19^\circ\text{C}$  jusqu'à 20m, décroît très rapidement pour atteindre  $15,5^\circ\text{C}$ , de 30 à 75m. Batistić, 2004, observait *S. enflata* principalement dans la couche 0-50m. En novembre et décembre, la température de la colonne d'eau est quasiment homogène dans la rade, et égale à  $17,5^\circ\text{C}$ . Ainsi, *S. enflata* serait une espèce qui préférerait les températures supérieures à  $15,5^\circ\text{C}$ .

La période de reproduction des siphonophores semble être le mois de juin. En effet, très peu d'individus coloniaux sont observés, par rapport aux reproducteurs. Le maximum d'abondance des individus polygastriques est en novembre et décembre. Il est possible que les individus soient trop jeunes, et que le filet ait un trop grand vide de maille, pour les échantillonner convenablement. Ces résultats suivent la même tendance que lors des échantillonnages à long terme (Buecher (1996)).

Le printemps 2002 a été une saison de faible diversité, que ce soit pour le phytoplancton, le mésozooplancton brouteur, le macrozooplancton gélatineux suspensivore et carnivore. Les périodes de forte diversité, en revanche, ne regroupent jamais tous les groupes. L'hiver est une saison de forte diversité sauf pour les carnivores gélatineux. En été, seul le macrozooplancton gélatineux suspensivore présente une faible diversité tandis

qu'en automne c'est le phytoplancton. Le printemps semble favorable à la présence d'un faible nombre d'espèces dominantes, quelque soit le groupe taxonomique considéré. Les carnivores tendraient à avoir un nombre minimal d'espèces en hiver, au moment où les autres groupes manquent de nourriture.

## V - Conclusion

Le suivi de l'évolution saisonnière au Point B des différents groupes du macrozooplancton gélatineux a permis de montrer qu'il existe une succession des différents groupes zooplanctoniques pélagiques. Nous avons ensuite essayé de déterminer le rôle de chacun de ces groupes dans le réseau trophique pélagique.

Le *bloom* phytoplanctonique supporte le développement des suspensivores gélatineux et du mésozooplancton herbivore, ce dernier permettant l'expansion des carnivores gélatineux. L'étude ne permet pas de mettre en évidence une éventuelle compétition entre le mésozooplancton herbivore et les suspensivores, peut-être à cause d'une différence de répartition sur la verticale. La diversité des différents groupes est minimale au printemps mais pas maximale en hiver pour tous les groupes comme il est possible de penser.

Une étude de la distribution verticale des principaux groupes zooplanctoniques permettrait de compléter les données et de comprendre encore mieux les relations intergénériques existantes. De plus, *Thalia democratica* semble avoir un *preferendum* de salinité et une telle étude permettrait de vérifier cette hypothèse. Il serait également intéressant de prélever les individus de l'ichtyofaune afin d'évaluer leur pression de prédation et l'intensité de leur compétition avec le macrozooplancton.

Le suivi à long terme des différents groupes taxonomiques étudiés permettrait de limiter les problèmes d'échantillonnage. En effet, les salpes réagissant très vite aux variations environnementales, un prélèvement hebdomadaire peut ne pas voir la présence de certaines espèces. De plus, certaines années sont exceptionnelles au point de vue météorologique et hydrologique. Ainsi, le suivi sur plusieurs années permet de limiter ce genre de biais. Les résultats peuvent ensuite être comparés décennies par décennies, pour voir si une évolution spécifique s'opère en mer Ligure comme il a été observé en Adriatique (Batistić, 2004)). Des changements de composition spécifique liés aux changements de température sur le long terme ont ainsi été mis en évidence dans la rade.

## VI - Références

- Aldredge A.L., 1984. The quantitative significance of gelatinous zooplankton as pelagic consumers. *In* Fasham M.J.R. (ed.), *Flows of energy and materials in marine ecosystems*, Plenum Publishing Corporation, 407-433.
- Andersen V., Francois F., Sardou J., Picheral L., Scotto M., Nival P., 1999, Vertical distributions of macroplankton and micronekton in the Ligurian and Tyrrhenian Seas (northwestern Mediterranean). *Oceanologica Acta* 21, 655-676.
- Batistić M., 2003. Abundance, Biomass, C- and N- content *Flaccisagitta enflata* and *Mesosagitta minima* (Chaetognatha). *Marine Ecology* 24, 1-13.
- Batistić M., Kršinić F., Jasprica N., Carić M., Viličić D., D Lučić D., 2004. Gelatinous invertebrate zooplankton of the South Adriatic: species composition and vertical distribution. *Journal of Plankton Research* 26, 459-474.
- Bees M.A., Mezic I. et McGlade J., 1998. Planktonic interactions and chaotic advection in Langmuir circulation. *Mathematics and Computers in Simulation* 44, 527-544
- Braconnot J.C. et Carré C.. Clé des chaetognathes et des siphonophores de Villefranche.
- Buecher E., 1996. Etude écologique des carnivores gélatineux - Hydroméduses, Siphonophores, Scyphoméduses et Cténaires - dans la rade de Villefrance-sur-mer. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie.
- Buecher E., 1999. Appearance of *Chelophyes appendiculata* and *Abylopsis tetragona* (Cnidaria, Siphonophora) in the Bay of Villefranche, northwestern Mediterranean. *Journal of Sea Research* 41, 295-307.
- Bouillon J., Medel M.D. Pagès F., Gili J.M., Boero F., Gravili C., 2004. Fauna of the Mediterranean Hydrozoa. *Scientia Marina* 68, 405-438.
- Clarke A., Holmes L.J. et Gore D.J., 1992. Proximate and elemental composition of gelatinous zooplankton from the Southern Ocean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 155, 55-68
- Feigenbaum D., et Kelly M., 1984. Changes in the lower Chesapeake Bay food chain in presence of the sea nettle *Chrysaora quinquecirrha* (Scyphomedusa). *Marine Ecology Progress Series* 19, 39-47
- Fénaux R. et Quélart G., 1977. Evolution de la biomasse zooplanctonique dans les eaux superficielles de la Baie de Villefranche-sur-mer en 1972. *Rapport des Commissions Internationales pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranéenne* 24, 159-162.
- Fortier, L., Le Fèvre J. et Legendre L., 1994. Export of biogenic carbon to fish and to the deep ocean: The role of large planktonic microphages. *Journal of Plankton Research* 16, 809-839.
- Fraser J.H., 1947. Zooplankton sheet 9 - Thaliacea-I. *In* Conseil international pour l'exploration de la mer.



- Gasparini S., Dolan J., Lemée R. , Mousseau L. et Heyndrickz C., 2004. Relationship Between Planktonic Diversity and Productivity in a Mediterranean Coastal Zone. Geophysical Research Abstracts 6.
- Gifford D.J., Dagg M.J., 1991. The microzooplankton-mesozooplankton link: consumption of planktonic protozoa by the calanoid copepods *Acartia tonsa* Dana and *Neocalanus plumchrus* Murukawa. Marine Microbial Food Webs 5, 161–177
- Huskin I, Elices M.J., Anadón R., 2003. Salp distribution and grazing in a saline intrusion off NW Spain. Journal of Marine Systems 42, 1 –11
- Madin L.P. et Deibel D., 1998. Feeding and Energetics of Thaliacea. In Bone Q. (ed.), The Biology of Pelagic Tunicates, Oxford University Press, 81-104.
- Mills, C.E., 1995. Medusae, siphonophores, and ctenophores as planktivorous predators in changing global ecosystems. Journal of Marine Science 52, 575-581.
- Olesen N.J., Frandsen K. et Riisgard H.U., 1994. Population dynamics, growth and energetics of jellyfish *Aurelia aurita* in a shallow fjord. Marine Ecology Progress Series 105, 9-18.
- Pugh P.R., 1989. Gelatinous zooplankton - The forgotten fauna. Progress in underwater Science 14, 67-78.
- Tregouboff G. et Rose M., 1957. Manuel de planctonologie méditerranéenne. I et II. CNRS, Paris, 587p (207 pl.)
- Zeldis J.R., Davis C.S., James M.R., Ballara S.L., Booth W.E., Chang F.H., 1995. Salp grazing: Effects on phytoplankton abundance, vertical distribution and taxonomic composition in a coastal habitat. Marine Ecology Progress Series 126, 267-283.

## RÉSUMÉ

Suivi saisonnier du zooplancton gélatineux au Point B de la rade de Villefranche-sur-mer et son impact sur le réseau trophique pélagique de décembre 2001 à février 2003

Mots-clés : zooplancton gélatineux, variations saisonnière, réseau trophique, diversité, interactions

Les variations saisonnières des populations de siphonophores, chaetognathes, salpes, doliolles, pyrosomes et appendiculaires ont été étudiées entre décembre 2001 et février 2003 dans la rade de Villefranche-sur-mer (Méditerranée nord-occidentale). Les différents taxons ont été regroupés selon leur type trophique. Ainsi, les siphonophores et les chaetognathes appartiennent aux carnivores gélatineux tandis que les autres groupes sont les suspensivores.

Deux espèces et un genre de siphonophores sont dominants durant la période d'échantillonnage. Quatre espèces de chaetognathes se succèdent au cours des saisons tandis qu'une seule espèce de salpes est présente durant la totalité de l'étude. Les carnivores gélatineux seraient présents dans la rade au moment de la mise en place et de la disparition de la stratification thermique.

Le *bloom* phytoplanctonique supporte le développement des suspensivores gélatineux et du mésozooplancton herbivore, ce dernier permettant l'expansion des carnivores gélatineux. La diversité spécifique ou générique, selon les groupes taxonomiques, est minimale au printemps pour tous les groupes.

## ABSTRACT

Seasonal study of gelatinous zooplankton at Point B of the Bay of Villefranche-sur-mer and its impact on pelagic food web from 2001 december to 2003 february

Key words : gelatinous zooplankton, seasonal variations, food web, diversity, interaction

Seasonal variations of siphonophora, chaetognaths, salps, doliolids, pyrosomids and appendicularians were studied between 2001 December and 2003 February in the Bay of Villefranche-sur-mer (North Western Mediterranean Sea). All different taxa were grouped together according to their diets. Thus, siphonophora and chaetognaths belong to gelatinous carnivorous, whereas other groups belong to filter feeders.

Two main species and one genus were found for siphonophora during the sample period. Four chaetognaths species follow one another during the period whereas only one salps main specie was observed. Carnivorous gelatinous would be present in the Bay during the temperature stratification set up.

Phytoplanktonic bloom helps gelatinous filter feeders and herbivorous mesoplankton development, the last one permitting gelatinous zooplankton to spread. The diversity index, species or genus according to the groups, is minimal in spring, whatever the group.