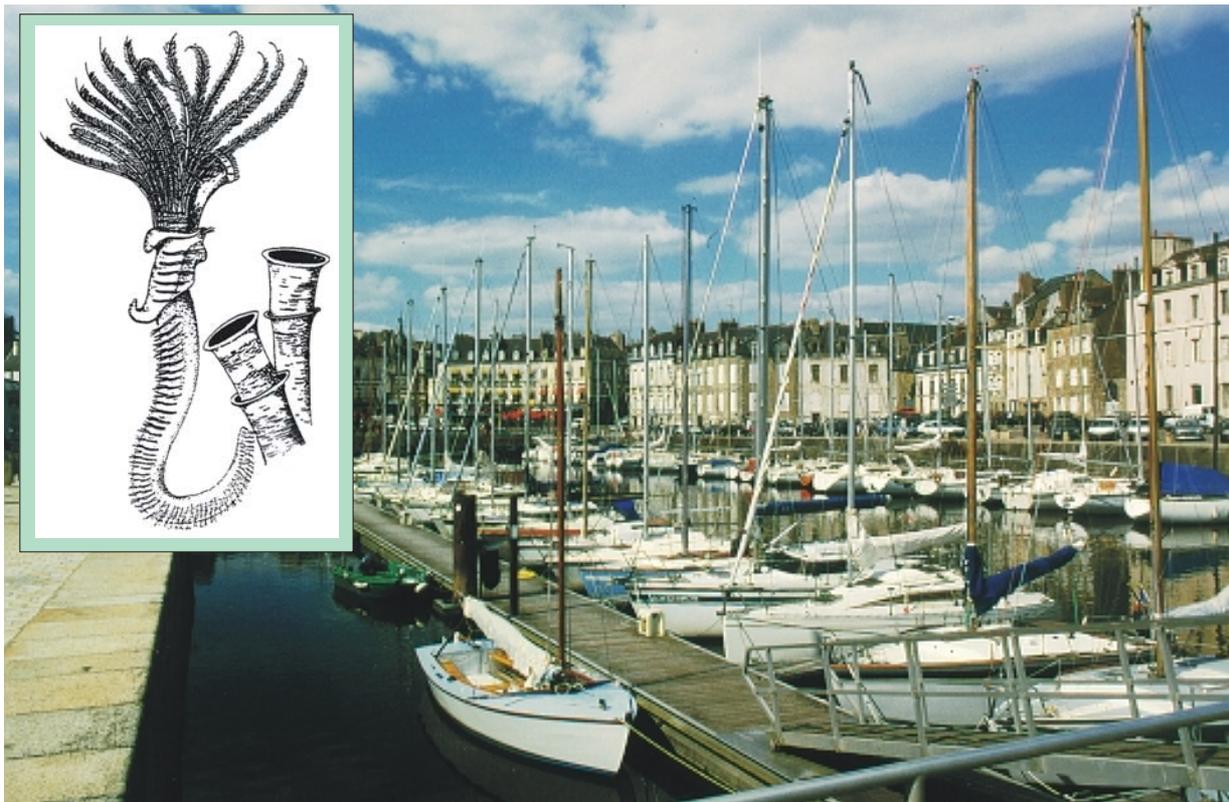


## *Ficopomatus enigmaticus*

Ecologie, répartition en Bretagne et en France,  
nuisances et moyens de lutte  
sur le *site atelier* du port de Vannes



le port de Vannes - Août 1999

## ***Préambule***

Cette étude a été réalisée grâce au partenariat suivant :

### **Ville de Vannes**

Direction des services industriels et commerciaux

- *Port de plaisance*



### **Conseil Général du Morbihan**

Direction Générale des Infrastructures



### **Association des plaisanciers du port de Vannes**



### **Ifremer**

Direction de l'Environnement et de l'aménagement Littoral

- *Laboratoire côtier de La Trinité sur mer*
- *Laboratoire Biodiversité Benthique de Brest*

Technologie Marine et Systèmes d'Information

- *Service Matériaux et Structures de Brest*



# SOMMAIRE

Préambule
-----------

A - <u>L'Ifremer</u> .....	8
B - <u>Le projet <i>Ficopomatus enigmaticus</i> et ses objectifs</u> .....	8
1 - Une étude faite à la demande de la Ville de Vannes et de l'APPV.....	8
2 - Pour y répondre, une étude pluri-disciplinaire mise en place par des partenaires multiples .....	9
a) Approfondir les connaissances sur la biologie de l'animal .....	9
b) Rechercher des moyens de lutte contre <i>F. enigmaticus</i> .....	9
b) Inventorier les sites colonisés par <i>F. enigmaticus</i> sur l'ensemble du littoral régional et national .....	10

I - Etude bibliographique
---------------------------

A - <u>Classification et description sommaire</u> .....	11
B - <u>Origine et répartition mondiale</u> .....	12
C - <u>Conditions de milieu</u> .....	14
D - <u>Biologie et particularités de la reproduction</u> .....	15
1 - Reproduction .....	15
2 - Fixation et croissance .....	15
3 - Les raisons de la prolifération de <i>Ficopomatus enigmaticus</i> .....	16

E - <u>Effets bénéfiques et inconvénients</u> .....	16
1 - Effets positifs sur la faune benthique et sur la qualité de l'eau.....	16
2- Des problèmes se posent cependant.....	17

II - Matériels et méthodes mis en oeuvre
--

A - <u>Etude du milieu et de la croissance de <i>F. enigmaticus</i></u> .....	18
1 - La salinité.....	18
2 - La turbidité.....	18
3 - La chlorophylle.....	19
4 - L'ammonium - NH <sub>4</sub> .....	19
B - <u>Enquêtes-diagnostic</u> .....	19
1 - L'enquête carénage.....	19
2 - L'enquête nationale de l'Ifremer.....	20
C - <u>Recherche de moyens de lutte contre <i>F.enigmaticus</i></u> .....	20
1 - Les tests de matériaux.....	20
2 - Les tests de revêtements.....	21

III - Résultats
-----------------

A - <u>Etude du milieu</u> .....	23
1 - Le port de Vannes.....	23
2 - La température.....	24
3 - La salinité.....	25
4 - Les profils de température et salinité.....	26
5 - La turbidité.....	27
6 - L'ammonium - NH <sub>4</sub> .....	28
7 - La chlorophylle.....	29

B - <u>Fixation et croissance de <i>F.enigmaticus</i></u> .....	30
1 - Les premières fixations.....	30
2 - Comptage des larves .....	31
3 - Observation de la croissance des juvéniles .....	32
a - Bref rappel historique.....	32
b - Suivi des capteurs à étages.....	33
c - Observation des ardoises.....	33
C - <u>Répartition régionale et nationale de <i>F. enigmaticus</i></u> .....	34
1 - Au niveau régional .....	34
2 - Au niveau national.....	35
D - <u>Résultats de l'enquête faite auprès des plaisanciers</u> .....	35
E - <u>Tests de colonisation sur différents matériaux</u> .....	36
1 - Mesures physico-chimiques .....	36
2 - Suivi de la colonisation .....	37
3 - Matériaux non revêtus .....	37
4 - Matériaux revêtus.....	38

IV - Discussion - Conclusions
-------------------------------

A - <u>Le milieu de <i>F. enigmaticus</i> dans le port de Vannes</u> .....	40
B - <u>Fixation et croissance de <i>F.enigmaticus</i></u> .....	44
C - <u>Les enquêtes régionales et nationales</u> .....	46
D - <u>Les tests de matériaux et de peintures</u> .....	46
1 - Discussion.....	46
2 - Conclusions .....	46
3 - Recommandations .....	47

## Bibliographie

## **Liste des tableaux figurants dans le texte**

- 1 Localisation et apparition de *F. enigmaticus* dans le monde
- 2 Conditions de vie favorable à *F. enigmaticus*
- 3 Nature des matériaux exposés dans le port de Vannes
- 4 Principaux composés actifs des revêtements exposés
- 5 Principaux composés actifs des vernis exposés
- 6 Température (°C) dans le port de Vannes et la baie de Quiberon (1999)
- 7 Salinité (g/l) dans le port de Vannes et la baie de Quiberon (1999)
- 8 Turbidité (NTU) dans le port de Vannes
- 9 Ammonium ( $\mu\text{moles/l}$ ) dans le port de Vannes
- 10 Chlorophylle ( $\mu\text{g/l}$ ) dans le port de Vannes
- 11 Revêtements présentant la plus grande efficacité anti-salissure

## Liste des figures présentées dans le texte

- Fig. 1 Localisation mondiale de *F. enigmaticus*
- Fig. 2 Emplacement des éprouvettes dans le port de Vannes
- Fig. 3 Vue générale des éprouvettes avant exposition
- Fig. 4 Evolution de la température – 1999
- Fig. 5 Evolution de la température de l'eau – 1998
- Fig. 6 Evolution de la salinité de l'eau – 1999
- Fig. 7 Ecart de valeurs entre surface et fond – 1999
- Fig. 8 Evolution de la turbidité
- Fig. 9 Evolution de la concentration en NH<sub>4</sub>
- Fig. 10 Evolution de la concentration en chlorophylle
- Fig. 11 Abondance des larves d'annélides dont *F. enigmaticus*
- Fig. 12 Abondance de copépodes
- Fig. 13 Evolution de la salinité, de la teneur en oxygène dissous, du pH et de la température de l'eau de surface du port dans la zone d'immersion des échantillons
- Fig. 14 Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* des éprouvettes métalliques
- Fig. 15 Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* sur des éprouvettes de caoutchouc, bois, PVC et gelcoat
- Fig. 16 Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* sur des éprouvettes revêtues de vernis antisalissures
- Fig. 17 Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* sur des éprouvettes revêtues de peintures antisalissures
- Fig. 18 Evolution des températures de l'eau et de l'air
- Fig. 19 Relation entre salinité et coefficients de marée
- Fig. 20 Relation entre salinité de surface et précipitations
- Fig. 21 Relation entre salinité au fond et précipitations décennales
- Fig. 22 Evolution des concentrations en NH<sub>4</sub> et en chlorophylle a
- Fig. 23 Abondance des larves d'Annélides et des copépodes dans le port de Vannes

## A - L'Ifremer

**Etablissement public à caractère industriel et commercial**, créé par décret du 5 juin 1984, l'Ifremer (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER) est le seul organisme français à vocation entièrement maritime. Il est placé sous tutelle conjointe des ministères de l'Education nationale, de la Recherche et de la Technologie, de l'Agriculture et de la Pêche, de l'Equipement, des Transports et du Logement.

### Quelques chiffres :

- un budget annuel d'un milliard de francs
- 1 700 cadres, chercheurs, ingénieurs, marins, techniciens et administratifs
- 72 laboratoires ou services de recherche, répartis dans 24 stations ou centres, sur tout le littoral métropolitain et dans les DOM TOM.

Selon son décret de création, en 1984, l'IFREMER est chargé de “ conduire et de promouvoir des **recherches fondamentales et appliquées** et des actions de développement **technologique et industriel** destinées à connaître, évaluer et mettre en valeur **les ressources des océans** et à rationaliser leur exploitation, à améliorer la connaissance et les méthodes de **protection** et de **mise en valeur de l'environnement marin** et à favoriser le développement **socio-économique** du monde maritime.

## B - Le projet *Ficopomatus enigmaticus*

### 1 - Une étude faite à la demande des usagers

Suite aux **nombreuses perturbations** constatées dans le port de Vannes (salissures inhabituelles des coques de navires, blocage d'hélices...) la Capitainerie relayant les inquiétudes de l'Association des Plaisanciers du Port de Vannes (APPV) a fait appel en **avril 1998** à l'Ifremer. Dans un premier temps, des échantillons ont été envoyés au laboratoire DEL de Brest, afin **d'identifier l'organisme responsable**. Puis un protocole exploratoire de suivi biologique a été mis en place sur le port de Vannes, pendant l'été 1998. Des capteurs vierges (tuiles romaines) ont été immergés afin d'évaluer l'importance de cette colonisation. Les techniciens du port ont relevé chaque jour la température et la salinité, pour compléter les données biologiques.

En **février 1999**, la Ville de Vannes a sollicité Ifremer afin de poursuivre et d'approfondir cette première étude et de rechercher **des solutions** efficaces pour lutter contre le *Ficopomatus enigmaticus*. Un nouveau projet a donc été mis en place en avril 1999, associant trois laboratoires de l'Ifremer : deux basés au Centre de Brest et un à la station de La Trinité sur mer.

## 2 - Pour y répondre, une étude pluridisciplinaire mise en place avec des partenaires multiples

Cette étude s'est déroulée sur 2 cycles biologiques (2 ans) et a été rendue nécessaire en raison du manque de connaissances précises sur cette espèce, ses perturbations associées et les moyens de lutte.

La Ville de Vannes est maître d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre est confiée à l'Ifremer.

Ce travail bénéficie de l'aide du Conseil Général du Morbihan.

**Les principaux objectifs**, visés par cette étude sont :

### a) Approfondir les connaissances sur la biologie de l'animal

**L'état actuel des connaissances** est l'objet d'une **synthèse bibliographique**. Il existe de nombreuses publications sur le sujet, mais il y a lieu de récapituler de manière aussi exhaustive que possible les conclusions importantes des travaux de recherche correspondants.

D'un point de vue plus pratique et expérimental, la nouvelle étude se déroule sur le " site atelier " du port de Vannes. Des plaques d'ardoise sont immergées dans le port de plaisance comme capteurs pour la colonisation. Elles servent aux **observations de terrain** tout au long de l'année. Les **paramètres physico-chimiques** de l'eau sont mesurés à chaque visite, pour compléter les observations.

### b) Rechercher des moyens de lutte contre *Ficopomatus enigmaticus*

Il s'agit dans cette partie de l'étude **d'identifier les matériaux et les peintures antisalissures les plus efficaces** pour empêcher la fixation de *Ficopomatus*. Ce travail est conduit par le Service Matériaux et Structures de TMSI du Centre de Brest.

Des producteurs de peintures antisalissures (antifouling) ont été sollicités, et des échantillons de peintures et vernis sont testés dans le port. Il est ainsi possible de pouvoir comparer l'efficacité des peintures, et voir quelles formulations (type de biocide) sont les plus adaptées à la lutte contre *Ficopomatus enigmaticus*.

Ces tests sont complétés par des **tests de colonisation sur différents matériaux** rencontrés le plus fréquemment dans les ports (acier, bronze, aluminium, composite, caoutchouc...).

Enfin, une **enquête est menée** auprès des usagers du port de Vannes, pour connaître selon les matériaux des coques les différents points colonisés, les peintures utilisées, la fréquence des applications, la nature des salissures observées et leur importance. L'exploitation du questionnaire est incluse dans cette étude. Ce travail est effectué en collaboration avec le laboratoire côtier de la Trinité sur Mer qui assure la coordination de l'ensemble du projet.

Le rapport final sur le suivi de la colonisation par *Ficopomatus enigmaticus* en fonction de la nature des matériaux, du temps et des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer reprend toutes ces étapes.

Cette étude doit permettre de proposer des recommandations techniques et pratiques quant aux méthodes actuellement disponibles pour remédier à la colonisation de *Ficopomatus enigmaticus*.

### c) Inventorier les sites colonisés par *Ficopomatus enigmaticus* sur l'ensemble du littoral national

Depuis que l'espèce a été répertoriée pour la première fois en 1921 dans un canal du nord de la France, elle a été identifiée en divers sites de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée. Mais on n'en connaît pas pour autant précisément sa distribution actuelle.

Si l'on en juge par les signalements de plus en plus fréquents de problèmes engendrés par cette espèce au cours des dernières années, on peut s'interroger sur la dynamique de son expansion sur le littoral français et breton en particulier. C'est la raison pour laquelle il est proposé dans une première phase de réaliser un inventaire de la répartition de *Ficopomatus enigmaticus*, qui s'appuie sur une enquête menée auprès des stations côtières d'Ifremer.

Les fiches enquêtes sont, par la suite envoyées à plus large échelle dans les ports et les stations marines situés dans des milieux a priori propices au développement de *Ficopomatus*. Il s'agit d'analyser les informations en retour et d'en restituer une synthèse.

Ce volet de l'étude est assuré par le département "écologie côtière" de la DEL de Brest.

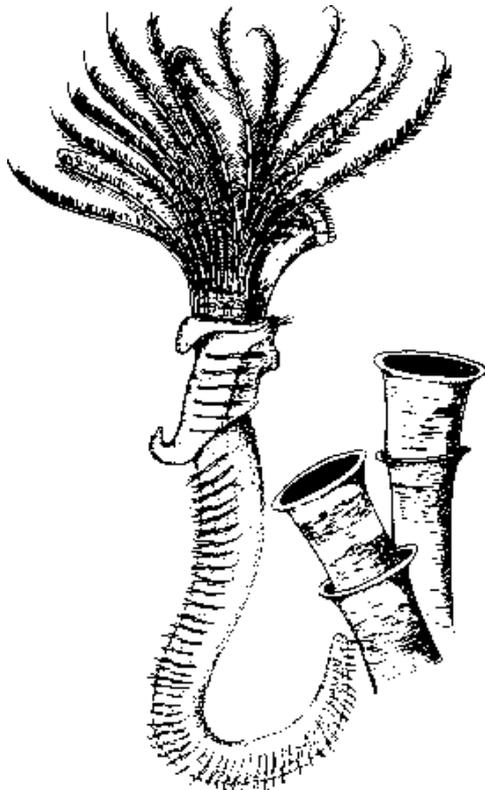
## I - Etude bibliographique

*N.B. : De nombreux articles ont été analysés, dans le but de réaliser cette synthèse des études qui ont été menées jusqu'à présent sur *Ficopomatus enigmaticus* et de faire un état des lieux aussi précis que possible des connaissances (S. Untersinger, 1999). La bibliographie est donnée à la fin du rapport.*

### A - Classification et description sommaire

*Ficopomatus enigmaticus*, connu initialement sous le nom de *Mercierella enigmatica* (Fauvel, 1923), est un **annélide polychète sédentaire marin**, de la famille des **serpulidés**, vivant dans un tube calcaire. Son nom lui a été donné en raison de son opercule en forme de figue (Fico = ficus = la figue) et de son tube (Pomatias = limaçon qui s'enferme dans sa coquille en la bouchant). Quant à "enigmaticus", il est probablement dû à la surprise de Fauvel, lorsqu'il découvrit pour la première fois en 1923 cette espèce exotique sur les côtes françaises de la Manche (Camus, 1999).

La longueur maximale du ver est de **2,5 cm**, celle de son tube ne dépasse guère, en moyenne, **10 cm**. *Ficopomatus enigmaticus* a un large panache branchial qui permet à ce ver **filtreur** d'exploiter de manière optimale les ressources nutritives environnantes. Animal grégaire et sédentaire, il vit en **colonies** et forme des sortes de **récifs** aux endroits où il se fixe.



*Mercierella enigmatica*, avec son tube  
(d'après F. Rullier in Grassé)



(photo IFREMER/ P. Camus)

Récif de *Ficopomatus enigmaticus*  
du port de Vannes.

## B - Origine et répartition mondiale

*Ficopomatus enigmaticus* est **répertorié dans les eaux saumâtres des zones tempérées tout autour du globe**. Il a, à l'origine, une distribution subtropicale. Sa **dispersion** est probablement liée à l'essaimage sous forme de salissures présentes sur les coques des bateaux (Dixon, 1981). Fauvel avait fait l'hypothèse d'une origine indienne ou Indonésienne, hypothèse qui a été infirmée par la suite. D'après les hypothèses de certains auteurs, l'espèce serait **originaire d'Australie** (Allen, 1953), (Martinez-Taberne, 1993) **ou d'une zone australe subtropicale** (Dixon, 1981).

### Europe

Sa présence est attestée par de nombreux auteurs en Europe. Il est **signalé pour la première fois en Angleterre en 1921**, dans les docks londoniens (Monro, 1924) *in*. Dixon, 1981. **Fauvel** le découvre, à son tour dans le nord de la France en 1921 et sur les **côtes normandes en 1923**.

Un peu plus tard, il est repéré aux **Iles Baléares**, où son arrivée est estimée entre 1954 et 1957 (Martinez-Taberner, 1993).

Dans le **delta du Pô, au nord de l'Adriatique**, on a trouvé des récifs de *Ficopomatus enigmaticus* d'un mètre d'épaisseur, et ce sur plusieurs mètres carrés (Bianchi, 1996).

L'espèce est aussi signalée dans les eaux des docks de **Cardiff**, au Pays de Galle, en 1974 (Mettam, 1999). Il est présent de manière générale à l'ouest du Pays de Galle, sur les côtes autour de Cardiff. Sa présence a également été notée dans le Sussex (Thorp, 1994), dans l'estuaire de la Tamise (Dixon, 1981) et en Irlande.

Quelques populations transitoires de *Ficopomatus enigmaticus* ont été trouvées dans les eaux du Danemark (Wesenburg-Lund, 1941), *in*. Thorp, 1994, mais il semble que *Ficopomatus enigmaticus* ne puisse pas vraiment vivre et se reproduire dans des zones plus septentrionales que les côtes britanniques.

### Afrique

Sa présence est signalée **en Tunisie** (Ben Charrada, 1995) notamment dans la lagune de Tunis et **en Afrique du Sud** près de Cape Town.

### Océanie

En **Nouvelle-Zélande**, il fait une apparition soudaine en 1967. Il est remarqué en raison de sa prédominance écologique dans les estuaires des ports de Wangarei et Auckland, comme espèce nuisible. Il était fixé sur des structures artificielles submergées : bateaux de plaisance et conduites d'alimentation de centrale électrique... (Read, 1991). L'arrivée de *Ficopomatus enigmaticus* au nord de la Nouvelle-Zélande n'est pas surprenante, étant donné son établissement antérieur aux mêmes latitudes à divers endroits du globe.

### Amérique du Nord

A la même époque, il est apparu en **baie de San Francisco** en Californie (Carlton, 1975) *in* Read, 1991.

### Amérique du Sud

On le retrouve encore en **Argentine**, dans un lagon côtier de l'Atlantique du sud-ouest, dès le début des années 70. Aujourd'hui, 80% de la surface de ce lagon est couverte de manière homogène par les récifs de *Ficopomatus enigmaticus* (Schwindt, 1998).

De manière globale, il est aujourd'hui répertorié **dans les eaux européennes, depuis le sud des Pays-Bas jusqu'à la Mer Noire, en passant par la Méditerranée et la Mer Caspienne**. Ailleurs, il a une distribution **répartie dans les 2 hémisphères**, incluant des sites au **Japon, en Afrique du Sud, en Amérique du Nord et du Sud, dans l'océan indien, à Hawaï et au sud de l'Australie** ((Hartmann-Schröder, 1971; Hove & Weerdenburg, 1978), *in* Read, 1991).

La figure 1 et le tableau 1 suivants résument les lieux et dates d'apparition connus de *Ficopomatus enigmaticus* dans le monde.

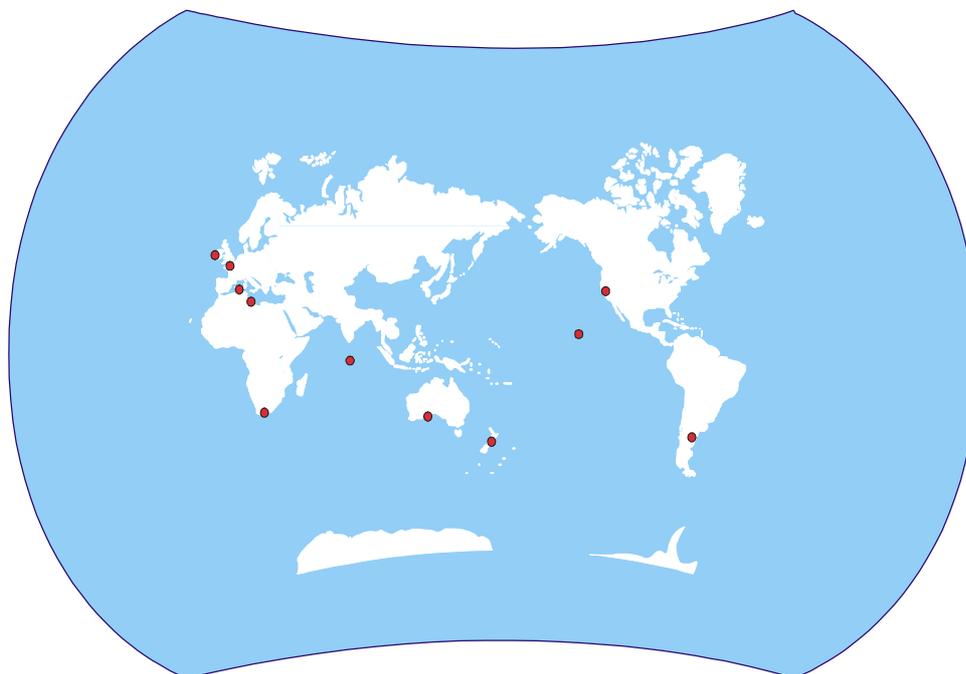


Fig. 1 : Localisation mondiale de *Ficopomatus enigmaticus*

LIEU	DATE d'APPARITION
Australie	Origine ? ?
Royaume-Uni (Angleterre)	1921
France (Normandie)	1923
Espagne (Baléares)	1954-1957
Nouvelle-Zélande	1967
Etats-Unis (Californie)	1967
Argentine	1970
Tunisie	1984

Tableau 1 : Localisation et apparition de *F. enigmaticus* dans le monde

### C - Conditions de milieu de vie

*Ficopomatus enigmaticus* se trouve préférentiellement dans des **milieux confinés semi-fermés** (estuaires, bassins à flot des ports, marais maritimes), exceptionnellement dans des milieux ouverts. Ce ver grégaire **forme des récifs en milieu saumâtre** : ports ou marais. Il constitue un véritable biotope de fentes et de microcavités où s'abrite toute une **faune associée**, des crevettes et des poissons (civelles notamment). Espèce de **milieu calme**, elle n'occupe en Manche et en Atlantique que des biotopes "lagunaires", c'est-à-dire de **faible marnage**, en arrière de vannes ou de portes (bassins à flot). *Ficopomatus enigmaticus* résiste très bien à la **dessalure hivernale**.

Vivant dans des eaux où les **variations de salinité sont importantes** (c'est un organisme **euryhalin**), *Ficopomatus enigmaticus* n'a **pas beaucoup de compétition** de la part des autres organismes. Dans le delta du Po, *Ficopomatus enigmaticus* vit dans une eau dont la salinité varie de 3 à 22‰ (Bianchi, 1996) ; à Zandvlei, un estuaire au sud de Cape Town (Afrique du sud) où il est présent, la gamme des salinités est comprise entre 1,5 et 50 g/L (Dixon, 1981). Vis à vis de la température, il tolère des gammes variées (de 5 à 25°C dans le Po, 12 à 28°C pour Zandvlei).

Le fait qu'il s'agisse d'un **animal filtreur** le favorise également : il peut vivre dans des **eaux particulièrement chargées** en matières en suspension.

Le tableau 2 suivant récapitule les conditions de milieu pour *Ficopomatus enigmaticus* :

<b>type de milieu :</b>	confiné, semi-fermé
<b>marnage :</b>	faible
<b>salinité :</b>	grandes variations (1,5 à 50 g/L)
<b>matières en suspension :</b>	taux élevé
<b>température :</b>	> 18°C pour la reproduction

Tableau 2 : Conditions de vie favorables à *F. enigmaticus*

## D - Biologie et particularités de la reproduction

### 1 - Reproduction

L'espèce est **gonochorique** (*sexes séparés*) avec un faible pourcentage (3% maximum) **d'hermaphrodites protandres**. La couleur de l'abdomen dépend de son état physiologique, pouvant varier du **vert chez les juvéniles** à **l'orange-rouge chez les individus matures**.

La **fécondation est externe**, les oeufs donnent une **larve de type trochophore** puis métatrochophore planctonique, ayant une durée de vie de 1 à 3,5 mois (Dixon, 1981).

Dans la zone Atlantique, une **température minimale de 18°C** est nécessaire pour que *Ficopomatus enigmaticus* arrive à **maturité sexuelle** (Dixon, 1981). Par conséquent, cette espèce a une saison de reproduction plus longue pour les populations tropicales que pour les populations des régions tempérées. En revanche, cette valeur peut varier en fonction des conditions du milieu : dans le cas d'une augmentation de la salinité ou de l'apparition d'un bloom phytoplanctonique, une eau à 10°C peut suffire à déclencher la reproduction (selon une étude menée au sud de l'Angleterre ; Thorp, 1987).

La maturité sexuelle est rapidement atteinte pour les colonies tropicales (en 8 semaines), permettant ainsi l'établissement de plusieurs générations (3-4 dans l'année), contrairement aux colonies des régions tempérées, où la maturité sexuelle est atteinte en 6 mois (cas de la majorité des vers dans l'estuaire de la Tamise ; Dixon, 1981). Dans ce cas, on n'observe qu'une génération par an.

### 2 - Fixation et croissance

Les larves nageuses de *Ficopomatus enigmaticus* se **fixent sur des supports variés** : roche, bois, végétaux voire même sur les tubes morts ou vivants de sa propre espèce et **sécrètent leur tube** calcaire par les glandes du collier. Le tube est formé de 2 couches : la **couche externe en calcaire** de 90 µm d'épaisseur et la **couche intérieure : membrane organique** très mince. Les tubes ont d'abord **une croissance horizontale** puis redressent leur extrémité libre, dont la section devient alors circulaire. Les tubes sont **très rapprochés** : leur densité varie de 70.000 à 180.000 vers par m<sup>2</sup>, et la distance moyenne entre les tubes est de 1,2 mm. (Aliani, 1995). Les petits tubes des individus nouvellement fixés s'incrustent entre les tubes adultes et contribuent à **consolider la charpente** du récif. Les récifs de *Ficopomatus enigmaticus* peuvent avoir jusqu'à **1 m d'épaisseur et couvrir plusieurs mètres carrés**.

Dans le delta du Pô, la **vitesse de croissance du tube est maximale en période estivale et diminue à l'automne** (en moyenne 30-35 mm en 3 mois) (Bianchi, 1996). Dans l'Albufera de Minorque, la production annuelle de *Ficopomatus enigmaticus* en poids sec atteint 21,3g/m<sup>2</sup>/an et la phase de croissance principale a lieu à la fin de l'été et à l'automne (Martinez-Taberner, 1993).

Le milieu confiné permet la **rétenion des larves** à proximité des colonies d'adultes, favorisant ainsi l'agrandissement des colonies qui peuvent atteindre plusieurs décimètres

d'épaisseur. Le récif varie en forme et en taille en fonction de l'espace, du type de substratum et du niveau de l'eau.

En section verticale, on peut rencontrer sur certains récifs **3 couches de tubes**, correspondant à **plusieurs générations**. La première contient des individus vivants et les 2 du dessous, de couleur plus ou moins noire, des individus morts (Bianchi, 1996). Un récif d'un mètre cube contient environ 700 kg de carbonate de calcium et 50 kg de sédiments (Aliani, 1995).

Les fluctuations du niveau d'eau entraînent la **mort des parties émergées** du récif, mais celles-ci sont facilement recolonisées quand les conditions redeviennent favorables. Ces **bioconstructions sont fragiles**, surtout la première année, mais elles tendent à gagner en solidité au cours des périodes successives de croissance. Cependant, il arrive que les récifs **s'effondrent**. Les causes sont diverses : cela peut être simplement dû au **poids excessif** des récifs (Bianchi, 1996), une autre cause a été déterminée, **l'âge important** de la population auquel s'ajoute alors un plus **faible recrutement** (Thorp, 1994). D'après ses observations, le même auteur suggère que les populations de serpulidés polychètes qui, comme *Ficopomatus enigmaticus*, ont une **croissance explosive**, sont probablement sujettes, de manière **cyclique**, à des "**crash**" (créés par les effondrements).

### 3 - Les raisons de la prolifération de *F. enigmaticus*

Celui-ci est dû en partie à la **croissance rapide** de *Ficopomatus enigmaticus* une fois qu'il est fixé, spécialement dans les eaux eutrophes ((Zuoaly et Baeten, 1983) in Martinez-Tarberner, 1993). De plus, sa stratégie de reproduction et son écologie allient une **grande fécondité** à la **rétenion des larves** dans les eaux semi-fermées, ce qui facilite l'augmentation rapide du nombre d'individus dans les colonies et contribue au succès de l'espèce.

*Ficopomatus enigmaticus* aurait aussi la capacité de pouvoir **changer de stratégie** de développement, en passant d'une **stratégie de type R** (émission de **gamètes en très grand nombre**, aux dépens du développement, pour assurer le renouvellement de l'espèce) à une **stratégie de type K** (**développement privilégié** aux dépens du nombre) au cours de son cycle annuel. En alternant ainsi des phases de colonisation grégaire avec des phases de croissance verticale rapide, l'espèce parvient à **maximiser l'exploitation des ressources** du milieu (Bianchi, 1996).

## E - Effets bénéfiques et inconvénients

### 1 - Effets positifs sur la faune benthique et sur la qualité de l'eau

Ses effets sur les espèces natives sont **vraisemblablement plus bénéfiques que problématiques**. En effet, cette espèce est favorisée dans des zones où la plupart des organismes de milieu ouvert ne peuvent survivre (eaux très eutrophes, salinité variable...). La **sélection naturelle** qui s'applique dans ce cas fait que *Ficopomatus enigmaticus* n'a que peu de concurrence avec la plupart des espèces indigènes.

D'autre part, les récifs de *Ficopomatus enigmaticus* **augmentent l'habitat disponible pour la faune benthique** (principalement constituée d'isopodes, d'amphipodes et de polychètes, et très diversifiée) en leur offrant un **abri protecteur** (Schwindt, 1998). Une autre étude menée sur

*Ficopomatus enigmaticus* dans une lagune d'eau saumâtre du sud de l'Angleterre a montré que les agrégats constitués par des animaux vivants étaient colonisés en abondance par des amphipodes (*Melita palmata*, *Leptocheirus pilosus*...), **dont le nombre décroissait dans les agrégats morts.** (Thomas, 1994)

Enfin, comme l'ont montré Keene (1980) et Davies (1989) (*in*. Thorp, 1994), la présence massive de *Ficopomatus enigmaticus* dans certains milieux fermés, a eu des **effets bénéfiques réels sur la qualité de l'eau en réduisant les quantités de particules en suspension**, ce qui a été positif pour de nombreuses espèces benthiques du milieu considéré.

A Zandvlei, une marina côtière de 32,6 ha située près de Cape Town (Afrique du sud), il a été montré que la seule activité de *Ficopomatus enigmaticus* permettait de filtrer la totalité du volume de la marina en 26 heures environ (ce qui représente  $2,47 \cdot 10^7$  L/h.). Pour une concentration moyenne en particules de 5,27 mg/L (valeur de l'eau de la marina), le taux de clearance était de 8,59 mL/mg de ver/heure, ce qui correspond à un taux d'ingestion de 45,27mg/mg de ver/heure. Cette même étude a par ailleurs mis en évidence que les **taux de clearance et d'ingestion de *Ficopomatus enigmaticus* augmentaient tous les 2 proportionnellement à la quantité de particules en suspension** (Davies, 1989).

## 2 - Des problèmes se posent cependant...

Son inconvénient majeur est d'être une **source de salissures** ( = "fouling" ) sur les **bateaux, les bouées et les structures portuaires** en général (**pontons, portes de marée, conduites sous-marines**...). Cependant, on peut noter que parmi les articles recensés, très peu signalaient *Ficopomatus enigmaticus* comme animal nuisible.

L'un des problèmes réside dans le fait qu'en se fixant sur les hélices des bateaux, il risque de **bloquer** celles-ci s'il prolifère trop, et oblige parfois les plaisanciers à faire remorquer leur bateau qu'ils ne peuvent plus diriger. Quand les conditions de milieu sont réunies (température, salinité...), *Ficopomatus enigmaticus* forme rapidement des concrétions de taille non négligeable et les bateaux doivent subir un **carénage fréquemment** si leurs propriétaires souhaitent éviter le remorquage.

***Ficopomatus enigmaticus* n'est donc pas un animal dangereux, que ce soit pour le milieu naturel où il vit, les autres espèces animales ou même les bateaux et autres structures artificielles d'origine humaine. Il n'en demeure pas moins que sa prolifération occasionne des désagréments auxquels certains veulent mettre fin, et c'est pourquoi cette étude trouve tout son sens.**

## II - Matériel et méthodes

Cette 2<sup>ème</sup> partie a pour objectif de présenter les **différents protocoles** mis en place pour le "projet" *Ficopomatus enigmaticus*.

### A - Etude du milieu et de la croissance de *Ficopomatus enigmaticus*

L'étude du milieu est réalisée à partir des mesures des **paramètres physico-chimiques** de l'eau. L'observation de la fixation et de la croissance se fait sur une série de **12 plaques d'ardoise immergées à une profondeur de 40 cm** dans le port, depuis le 9 avril 99.

Les mesures sont effectuées 2 fois par semaine, toujours le matin afin de pouvoir comparer les mesures. Les plaques d'ardoises sont examinées en détail puis la température et la salinité sont mesurées tous les 0,50 m de la surface au fond, à l'aide de la sonde E.I.L. En dernier lieu, nous prélevons 7 litres d'eau à 0,5 m sous la surface et au fond. Ces échantillons sont ramenés dans une glacière jusqu'à la station de La Trinité.

Une fois rentrée à la station (l'après-midi suivant les prélèvements), nous effectuons au laboratoire, pour chacune des 2 profondeurs, des mesures de :

- salinité
- turbidité
- chlorophylle
- NH<sub>4</sub>

Ces mesures se font sur 1 litre d'eau. Les 6 autres litres de chaque profondeur sont **concentrés** avec un filtre à 125 µm, et le volume récupéré (environ 25 mL) est **formolé**. Les eaux ainsi concentrées sont par la suite examinées à la loupe binoculaire, pour faire des **comptages de larves de *Ficopomatus enigmaticus* et des autres espèces prédominantes**. Pour faciliter les comptages, on utilise un colorant, le Rose Bengale, à raison de 4 ou 5 gouttes par échantillon concentré. Le zooplancton coloré en rose vif apparaît ainsi très nettement quand on pose la cuve sur fond noir. On pourra ainsi voir l'évolution du recrutement au cours de la saison.

#### 1 - La salinité

Cette mesure, exprimée en g/L, est effectuée à l'aide d'une sonde étalonnée de marque WTW.

#### 2 - La turbidité

Elle est mesurée par un turbidimètre de marque HACH et exprimée en NTU (unités néphélométriques de turbidité). La turbidité multipliée par 2 donne la quantité de MES (matières en suspension).

### 3 - La Chlorophylle

Cette mesure permet d'avoir une idée de la **teneur en phytoplancton** de l'eau, et donc de l'état des ressources nutritives pour *Ficopomatus enigmaticus*.

Dans un premier temps, une filtration sur membranes de 200 ml d'eau (filtres Whatman GF/C de 47 mm) est réalisée puis les filtres sont congelés.

La méthode consiste ensuite à mesurer la fluorescence avant ( $F_0$ ) et après l'acidification ( $F_a$ ) d'un extrait acétonique de pigments. La diminution de la fluorescence observée est en relation avec le pourcentage relatif de la chlorophylle a par rapport à la somme (chlorophylle a + phéophytine a).

### 4 - L'Ammonium - $NH_4$

Les mesures se font par spectrophotométrie. L'appareil donne directement la concentration en  $NH_4$  à partir de l'absorbance mesurée. On mesure au départ les 2 blancs des réactifs, et on soustrait à la mesure de chaque échantillon la valeur la plus faible des 2 blancs.

Les réactifs utilisés sont le phénol-nitroprussiate et une solution alcaline d'hypochlorite.

## B - Enquêtes-diagnostic

### 1 - L'enquête carénage

Cette première enquête a été conçue conjointement par la DEL de Brest, celle de La Trinité-sur-Mer, et TMSI de Brest, pour évaluer l'ampleur des dégâts commis par *Ficopomatus enigmaticus* sur les bateaux du port. Elle a été relue, avant d'être distribuée aux plaisanciers au mois de février 99, par le directeur du port de Vannes et le président de l'Association des Plaisanciers du Port de Vannes. Elle se compose globalement de 3 parties :

- une première partie qui donne **l'emplacement du bateau** dans le port, ses caractéristiques principales (**matériaux de la coque, du lest et de l'hélice**).

- une seconde partie relative aux **peintures** anti-salissures utilisées : la **date de pose** (en 1998 et en 1999), le **nom et la marque** de la peinture, la **fréquence de nettoyage** de la coque.

- une troisième partie permettant de **localiser les salissures et de les identifier** (*Ficopomatus*, balanes ou algues). On demande aux plaisanciers de **hachurer** sur un schéma de coque les endroits où il y a présence de *Ficopomatus* et d'indiquer la **taille moyenne** des concrétions.

*NB: la fiche-enquête est jointe en annexe.*

## 2 - L'enquête nationale de l'Ifremer

Cette 2<sup>ème</sup> enquête a été entièrement réalisée par la DEL de Brest. Elle est aussi composée en 3 parties :

- la première explique les **objectifs** de l'enquête (distribution géographique de l'espèce, ampleur des gênes occasionnées...)

- la deuxième est une **fiche signalétique** accompagnée de 2 **photos**. Elle donne les caractéristiques principales de *Ficopomatus enigmaticus* (taille, reproduction à 18°C, colonisation...) et décrit les milieux dans lesquels on peut le trouver.

- la troisième est constituée par le **questionnaire** (observation de *Ficopomatus enigmaticus*, type de **milieu**, **support**, **épaisseur** des concrétions...).

### C - Recherche de moyens de lutte contre *Ficopomatus enigmaticus*

#### 1 - Les tests de matériaux

Des plaques (22) de diverses natures ont été exposées dans le port de Vannes. Les matériaux choisis : acier doux, acier inoxydable, alliages de cupro-aluminium, alliages de cuivre, laiton, aluminium, bois, caoutchouc, PVC, composite gelcoat sont fréquemment rencontrés dans les ports. Pour chaque matériau, 2 plaques sont installées. La nature du matériau, la nuance, la composition chimique dans le cas des alliages métalliques et la date d'installation sont données dans le tableau 3.

Nature du matériau	Nuance	Composition chimique	Date d'installation
Acier doux	E24	<b>Cr ~ 16 %, Ni ~ 11 %, Mo ~ 2 %</b>	09/04/99
Acier inoxydable	AISI 316L		09/04/99
Aluminium	Aluminium- magnésium Série 5000		09/04/99
Cuivre		Cu 99,8 %	09/04/99
Laiton		Zn 40 %, Cu 60 %	09/04/99
Alliage de cupro- aluminium n° 1		Cu 95 %, Al 5 %	09/04/99
Alliage de cupro- aluminium n° 2		Cu 88 %, Zn 10%, Sn 2 %	09/04/99
Bois	Contre-plaqué marin		09/04/99
Caoutchouc			09/04/99
PVC			09/04/99
Gelcoat	Isophtalique		09/04/99

Tableau 3 : Nature des matériaux exposés dans le port de Vannes

## 2 - Les tests de revêtements.

26 plaques revêtues de peintures et 12 revêtues de vernis antisalissures ont été exposées dans le port de Vannes. Ces plaques peintes ont été approvisionnées par cinq fournisseurs différents (International, Boero, Oléronlac, Hempel et Métal Composite). Deux plaques par nuance sont immergées. Celles-ci sont répertoriées dans le Tableau 4 suivant la composition de leurs matières actives. Pour certaines d'entre-elles, la nature du biocide n'a pu être obtenue du fournisseur. De même, aucune indication n'est fournie sur l'épaisseur du revêtement et le nombre de couches de peinture appliquée. La date d'installation des diverses plaques revêtues est également mentionnée dans le Tableau 4 ci-dessous.

Numérotation des plaques	Matière active	Date d'installation
A1 et A2	Oxyde cuivreux + Diuron	09/04/99
B1 et B2	Oxyde cuivreux + Irgarol	09/04/99
C1 et C2	Oxyde cuivreux	09/04/99
D1 et D2	Oxyde cuivreux et dérivé organique de zinc	19/05/99
E1 et E2	Oxyde cuivreux et dérivé organique de zinc	09/04/99
F1 et F2	Oxyde cuivreux et dérivé organique de zinc	09/04/99
G1 et G2	Oxyde de cuivre	09/04/99
H1 et H2	Oxyde de cuivre	09/04/99
I1 et I2	Oxyde de cuivre + Diuron	19/05/99
J0 et J1	Composite Cuivre	09/04/99
J2	Composite Cuivre	09/04/99
K1 et K2	Thiocyanate de Cuivre et dérivé organique de zinc	09/04/99
L1 et L2	Dérivé organique de zinc	19/05/99
M1 et M2	Oxyde de zinc	09/04/99

Tableau 4 : Principaux composés actifs des revêtements exposés dans le port de Vannes

Numérotation des plaques	Matière active	Date d'installation
N1 et N2	?	19/05/99
O1 et O2	?	19/05/99
P1 et P2	?	19/05/99
Q1 et Q2	?	19/05/99
R1 et R2	?	19/05/99
S1 et S2	Thiocyanate de Cuivre	19/05/99

Tableau 5 : Principaux composés actifs des vernis exposés dans le port de Vannes

## Exposition

La figure 2 précise l'emplacement d'immersion dans le port de Vannes des plaques revêtues ou non. Elles sont fixées sur le ponton rive droite, côté orienté vers le quai. Une vue générale de l'ensemble des plaques avant exposition est fournie sur la figure 3. Les plaques sont immergées à 50 cm de profondeur et à une distance de 40 à 50 cm les unes des autres pour les matériaux non revêtus et de 100 cm pour chaque revêtement anti-salissure. La profondeur d'immersion des plaques avait été fixée suite à des observations initiales faites par la D.E.L de l'Ifremer.

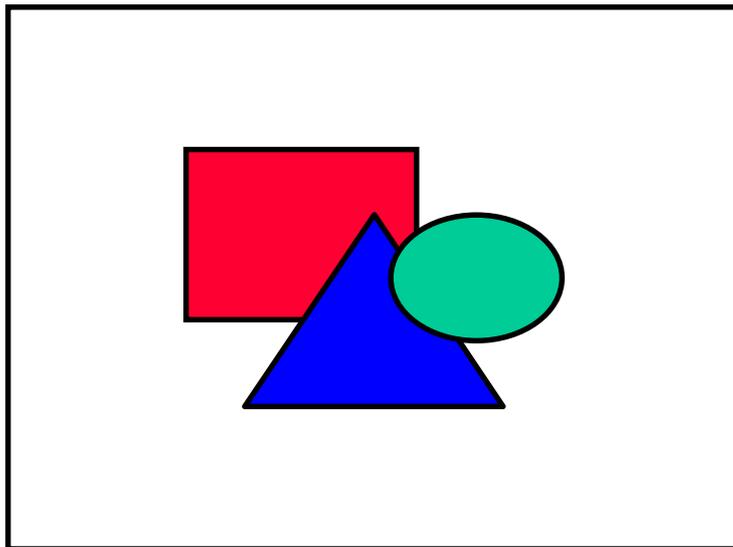


Fig. 2 : Emplacement des échantillons dans le port de Vannes

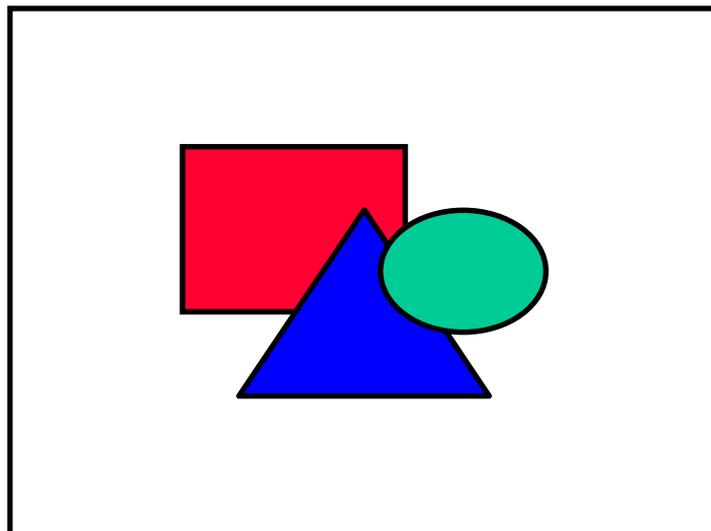


Fig. 3 : Vue générale des échantillons avant exposition

### *Mesures physico-chimiques*

Des mesures physico-chimiques de l'eau du port de Vannes sont réalisées environ tous les mois lors du suivi de colonisation des plaques et revêtements. Il s'agit de la mesure du pH, de la concentration d'oxygène dissous, de la salinité, de la température de l'eau et de la température de l'air. Les prélèvements sont effectués à la surface de l'eau et à la même période de la journée.

### *Méthodes de suivi de la colonisation*

Une fois par mois, des relevés de colonisation de salissures marines sont effectués sur l'ensemble des plaques. Le taux de recouvrement de la surface de la plaque est estimé en % et les différentes espèces colonisatrices identifiées : *Ficopomatus enigmaticus*, balanes, algues... L'ensemble de ces renseignements est consigné dans une feuille de suivi de colonisation. Chaque plaque est ensuite systématiquement photographiée et filmée à l'aide d'un caméscope numérique.

## **III - Résultats**

### **A - Etude du milieu**

#### **1 - Introduction : Le port de Vannes**

Le bassin à flot a été créé en 1976, il est géré par la Ville de Vannes.

Il a une capacité de 300 places. L'accueil est organisé en 3 filières en plus de la flotte résidente (240 bateaux) :

- l'escale, qui représente 4 000 à 5 000 nuitées/bateaux par an
- la flotte collective (stages de voile, locations...)
- le plateau technique (mécanique marine, accastillage, chantiers, voilerie...)

Les apports d'eau dans le port sont de deux sortes :

- **eau de mer**, par une porte à flot qui permet de maintenir une hauteur d'eau d'environ 2,20 m. Cette porte est ouverte 5 heures autour de la pleine mer, puis est refermée pour garantir le niveau 2,20 m. L'entrée d'eau de mer est donc conditionnée par les coefficients de marée, comme nous le verrons par la suite.
- **eau douce** : la Marle, rivière souterraine, se jette dans le fond du port.

Par ailleurs, le port est l'exutoire des eaux pluviales d'au moins 3 bassins versants<sup>1</sup> :

- le bassin du Rohan, d'une superficie de 2960 ha (760 ha en zone urbaine et péri-urbaine, 2200 ha en zone rurale).
- le bassin de la Rabine : 42 ha de zone urbaine
- le bassin du Pont-Vert : 26 ha de zone urbaine

---

<sup>1</sup> données : étude de SCE-Nantes pour la mairie de Vannes (1998) ; les bassins versants de la rive gauche du port n'ont pas été étudiés.

La qualité de l'eau du port est donc conditionnée par des apports d'eaux douces et d'eaux marines.

## 2 - La température

La figure 4 permet de constater que la différence de température entre les niveaux « surface » et « fond » est faible, voire nulle tout au long de la période d'observation (mai à novembre 99). Nous notons toutefois comme en 1998 (figure 5) des valeurs supérieures (+1° C à +2° C) au mois d'août au fond par rapport à la surface.

Au regard de la référence océanique pour la même période à savoir la baie de Quiberon les valeurs observées dans le port de Vannes sont toujours supérieures à celles de l'océan dans la période comprise entre les mois de juin et mi septembre.

Enfin nous observons que la température "seuil" de 18° C période favorable à la reproduction de *F. enigmaticus* est atteinte, voire dépassée entre le début juin et la fin septembre en 1998 comme en 1999. Cette valeur de 18° C peut être atteinte dès le mois de mai, mais de manière moins stable que sur la période décrite précédemment.

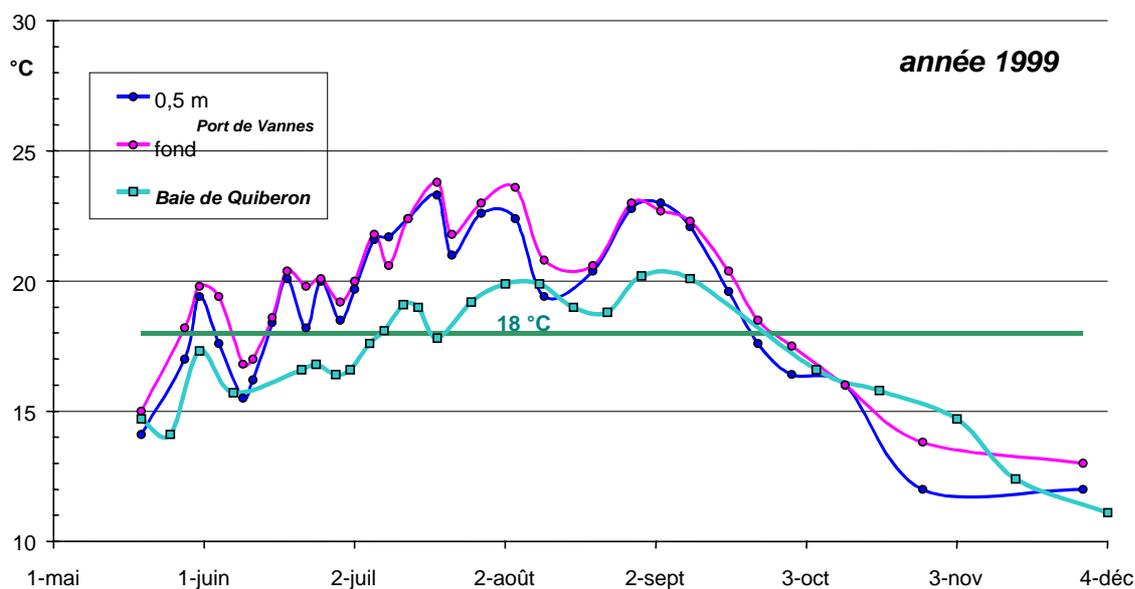


Fig. 4 : Evolution de la température de l'eau

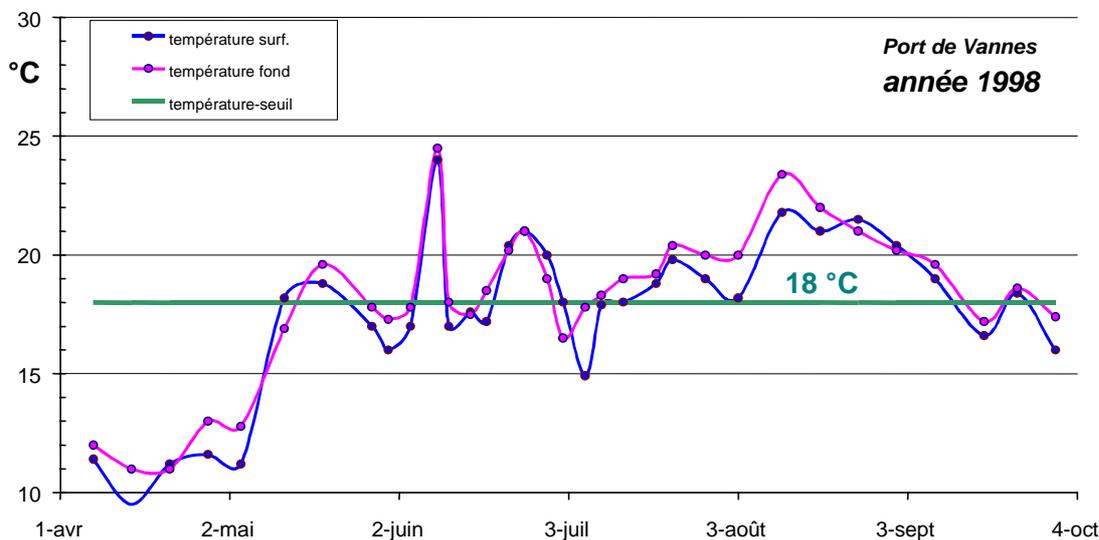


Fig. 5 : Evolution de la température de l'eau

Le tableau 6 ci-dessous donne quelques caractéristiques statistiques sur les données de température du port de Vannes et de la baie de Quiberon.

	Port de Vannes		Baie de Quiberon
	0,5 m	fond	5 m
<i>maximum</i>	23,3	23,8	20,2
<i>minimum</i>	13,0	12,0	11,1
<b>moyenne</b>	<b>19,0</b>	<b>19,7</b>	<b>16,9</b>
écart-type	3,1	2,8	2,5

Tableau 6 : température (°C) dans le port de Vannes et en Baie de Quiberon en 1999

### 3 - La salinité

La figure 6 présente les valeurs de salinité mesurées en surface et au fond du port de Vannes ainsi qu'en baie de Quiberon (-5 m) (Men er Roué) pendant la même période.

Nous constatons de très fortes fluctuations de la salinité dans le port de Vannes par rapport à l'océan. Cette première observation est bien sur à mettre en relation avec la double influence de la Marle en amont du port et des intrusions océaniques en aval au niveau des portes du bassin. De plus nous observons que les eaux de surface sont toujours plus dessalées que celle du fond. Les écarts de salinité sont plus importants en surface qu'au fond en raison des apports d'eau douce de la Marle. Ces fluctuations peuvent atteindre plus de 20g/l sur une période de 15 jours (septembre 1999).

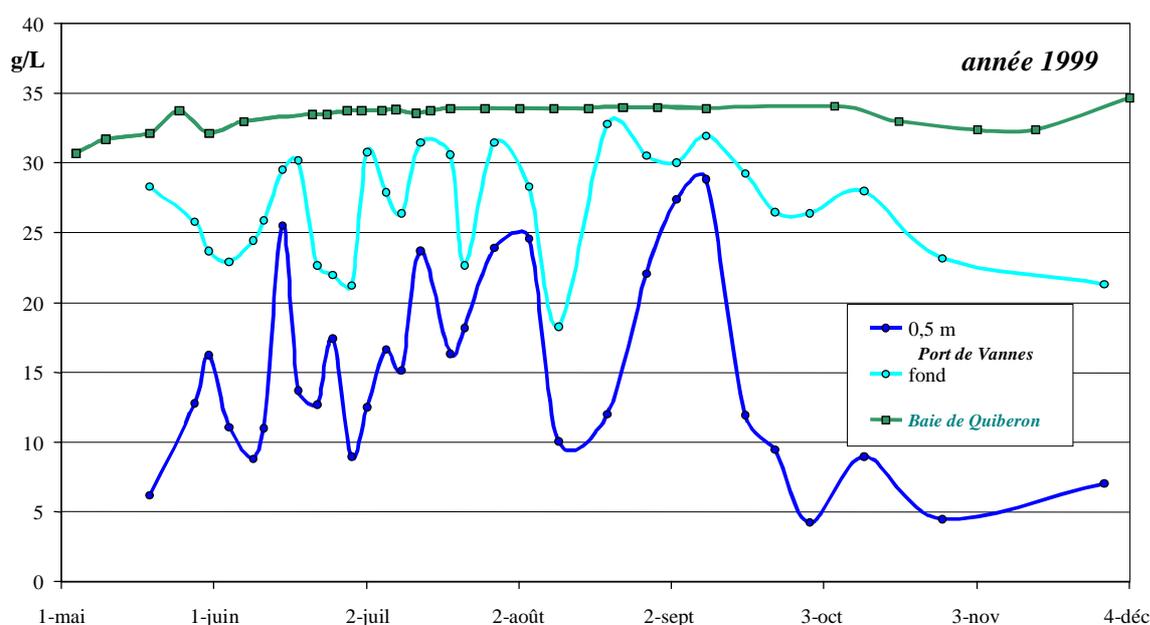


Fig. 6 : Evolution de la salinité

Le tableau 7 ci-dessous présente quelques caractéristiques statistiques des valeurs de salinités mesurées au cours des 30 campagnes de mesures dans le port de Vannes et en baie de Quiberon en 1999.

	port de Vannes		Baie de Quiberon
	0,5 m	Fond	- 5 m
<i>maximum</i>	28,8	32,8	34,7
<i>minimum</i>	4,2	18,3	30,7
<b>moyenne</b>	<b>15,1</b>	<b>26,8</b>	<b>33,4</b>
écart-type	6,6	3,9	0,8

Tableau 7 : salinité (g/l) dans le port de Vannes et en baie de Quiberon en 1999

#### 4 - Les profils de température et salinité

L'importance des écarts entre la surface et le fond pour chacun des 2 paramètres (température et salinité) est présentée dans la figure 7.

Nous remarquons que les variations de températures entre la surface et le fond sont faibles par rapport à la stratification haline déjà mentionnée précédemment entre la surface et le fond.

Nous pouvons donc en conclure que les variations verticales sont principalement définies par la salinité.

Le milieu est donc de salinité très variable sur la verticale et dans le temps ce qui lui confère des caractéristiques estuariennes.

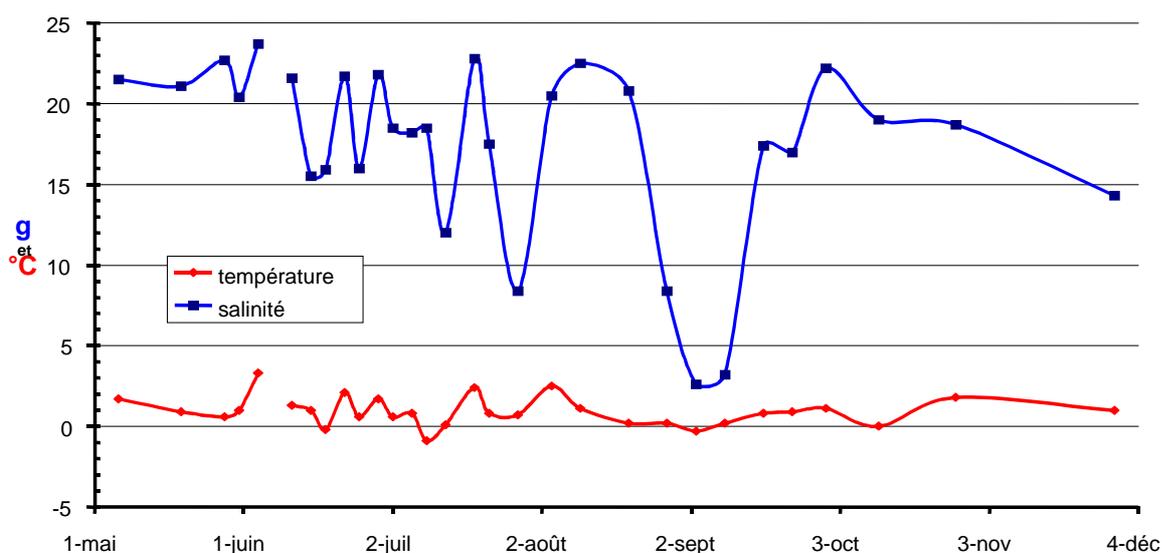


Fig. 7 : Ecarts de valeur entre surface et fond, port de Vannes - 1999

## 5 - La turbidité

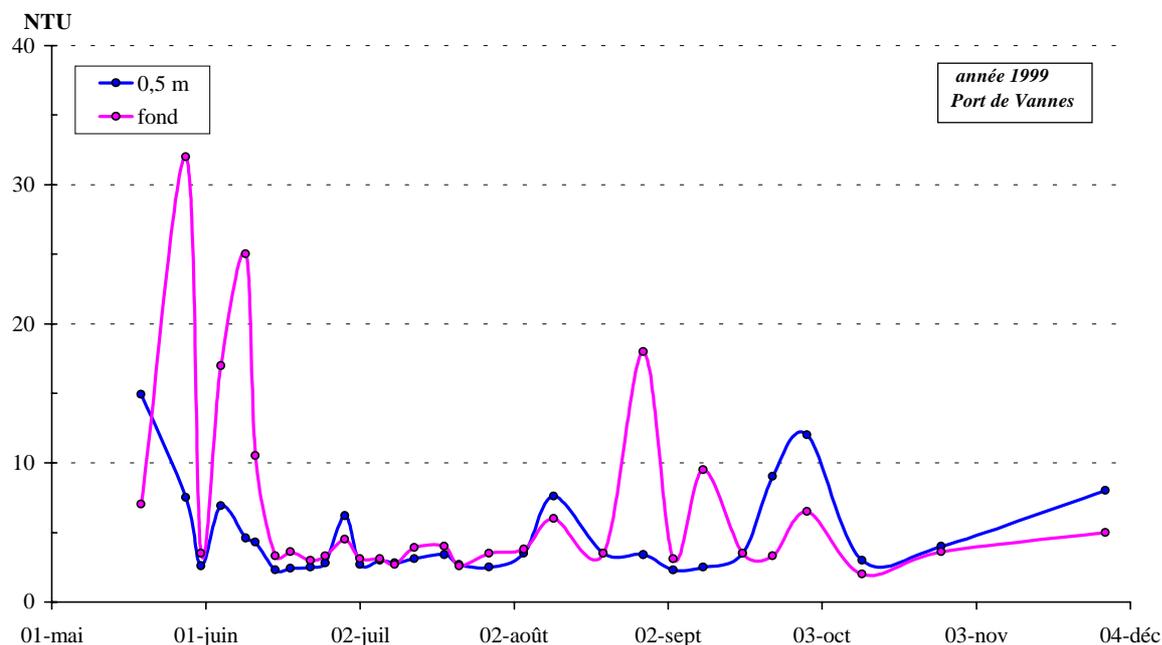


Fig. 8 : Evolution de la turbidité

Toutes les données de turbidité sont regroupées dans la figure 8 ci-dessus.

La turbidité traduit par sa valeur exprimée en unité NTU la teneur en matière en suspension de nature organique et minérale présente dans l'eau.

Les valeurs de surface et de fond restent très souvent voisines de 5. On note toutefois que les valeurs de fond sont plus fluctuantes que celles de surface. Cette dernière remarque est à mettre en relation avec la nature vaseuse des sédiments au fond du port.

En baie de Quiberon les valeurs sont, en moyenne, voisines de 0,5 à 1 NTU.

Le tableau 8 ci-dessous donne les principales caractéristiques statistiques des données recueillies dans le port de Vannes.

	<b>0,5 m</b>	<b>Fond</b>
<i>maximum</i>	14,9	32
<i>minimum</i>	2,9	2
<b>moyenne</b>	<b>4,7</b>	<b>6,8</b>
Ecart-type	3	7,1

*NB : les valeurs de turbidité sont exprimées en NTU*

Tableau 8 : turbidité dans le port de Vannes - 1999

## 6 - L' ammonium ( NH<sub>4</sub> )

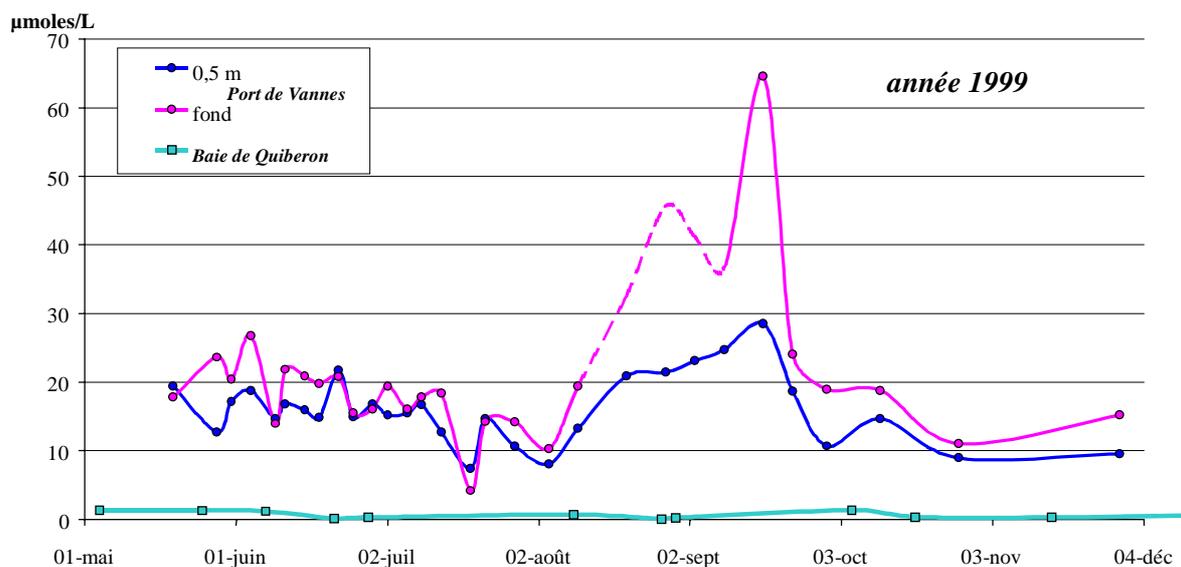


Fig. 9 : Evolution de la concentration en NH<sub>4</sub>

L'ammonium (NH<sub>4</sub>) est un composé azoté dont la concentration traduit l'influence des apports d'origine urbaine, agricole ou naturelle liés à la dégradation de la matière organique.

Les valeurs observées (figure 9) sont relativement stables entre les mois de mai et fin juillet et voisines de 10 à 20 µmoles par litre d'eau aussi bien en surface qu'au fond. Par contre on assiste pendant les mois d'août et septembre à de très fortes variations. Les concentrations peuvent atteindre 60 µmoles et traduisent une forte contamination des eaux. A titre de comparaison les valeurs moyennes en baie de Quiberon sont pendant la même période voisines de 0,6 µmoles par litre avec un maximum à 1,4.

Les pics d'août et septembre sont probablement aux précipitations de début août et surtout de fin septembre ainsi qu'au développement de l'activité biologique dans le port : l'eutrophisation.

Le tableau 9 ci-dessous présente quelques caractéristiques statistiques des valeurs de NH4 dans le port de Vannes.

	<b>0,5 m</b>	<b>Fond</b>
<i>maximum</i>	28,5	64,6
<i>minimum</i>	7,4	4,2
<b>moyenne</b>	<b>16,0</b>	<b>22,0</b>
écart-type	5,0	11,9

*NB: les valeurs de NH4 sont exprimées en  $\mu\text{moles/L}$*

Tableau 9 : Ammonium dans les eaux du port de Vannes - 1999

## 7- La chlorophylle

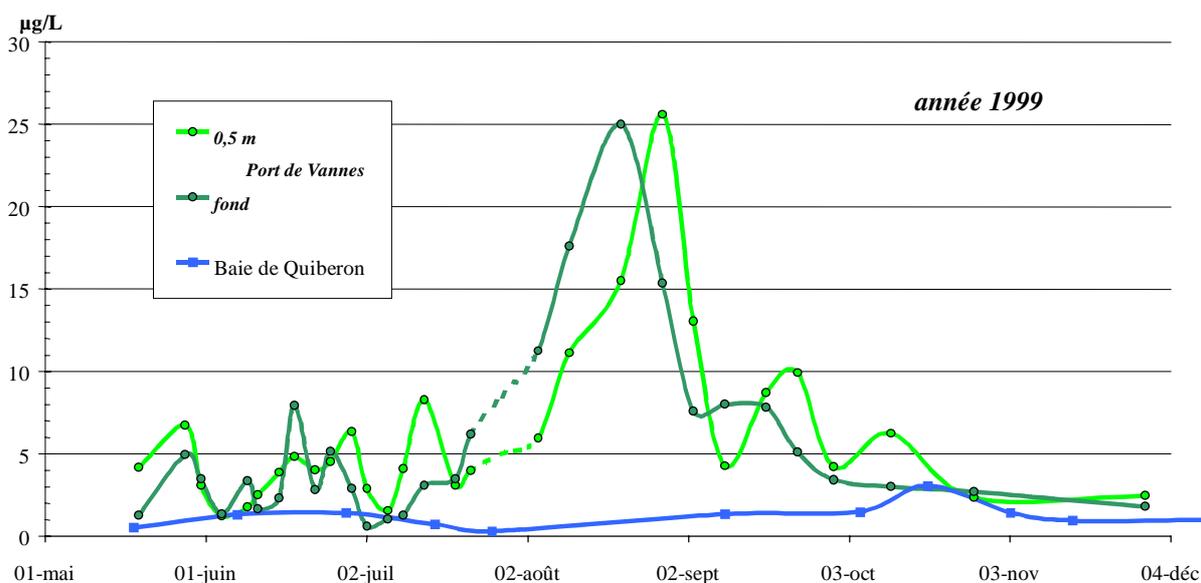


Fig. 10 : Evolution de la concentration en Chlorophylle

La figure 10 présente l'évolution des concentrations en chlorophylle a dans les eaux du port de Vannes et en baie de Quiberon (- 5 m).

Le paramètre chlorophylle permet d'apprécier l'importance de l'activité photosynthétique du phytoplancton. Il permet également d'appréhender le niveau d'eutrophisation des eaux douces comme marines.

Pendant le printemps et jusqu'à la mi juillet des valeurs restent comprises en 2 et 8  $\mu\text{g}$  par litre.

Il en est de même entre octobre et décembre. Par contre durant les mois d'août et septembre on assiste à une très forte activité photosynthétique atteignant des valeurs de 25 µg/l. Ces valeurs sont les signes d'une prolifération massive de micro algues traduisant une eutrophisation du milieu.

Durant l'ensemble de la période d'étude les valeurs en baie de Quiberon (- 5 m) restent assez stables et voisines de 2 à 3 µg par litre.

Enfin nous notons que les différences entre les valeurs de surface et de fond sont peu marquées pour ce paramètre dans le port de Vannes.

Le tableau 10 ci-dessous présente quelques caractéristiques statistiques des données de chlorophylle à Vannes.

	<b>0,5 m</b>	<b>fond</b>
<i>maximum</i>	25,6	25,0
<i>minimum</i>	1,3	0,6
<b>moyenne</b>	<b>6,1</b>	<b>5,7</b>
écart-type	5,0	5,1

*NB : les valeurs de chlorophylle a sont exprimées en µg/L*

Tableau 10 : Chlorophylle (µg/l) dans le port de Vannes – année 1999

## B - Fixation et croissance de *Ficopomatus enigmaticus*

### 1 - Les premières fixations

Examinons à présent le recrutement de *F. enigmaticus* dans le port de Vannes au moyen de capteurs. Ces ardoises immergées dans le port sont fixées sur le ponton rive droite, sur le côté orienté vers l'ouest. A cet endroit, la profondeur est plus faible qu'au centre du port. Lors des campagnes de prélèvements sur le terrain, nous avons noté qu'elle varie entre 1,5 m et 3 m, mais que la plupart du temps la profondeur maximale est de 1,5 m. Les **2 plus grandes profondeurs** relevées (3 m le 19/05 et 2,5 m le 15/06) correspondent à des jours de **forts coefficients** de marée (92 pour le 19/05, 104 pour le 15/06).

Les **premières fixations** de *Ficopomatus enigmaticus* n'ont été observées que le **8 juin**, sur le **bas des plaques essentiellement** et les étiquettes de plastique qui y étaient accrochées.

Les valeurs de température et de salinité à cette époque ne suffisent pas pour expliquer l'absence de fixation, **nous nous sommes d'abord demandés si la fixation n'était pas perturbée par l'épaisse couche d'algues qui recouvrait les ardoises**. C'est pourquoi nous avons décidé, le 11 juin, de **nettoyer 3 plaques sur 4**, en laissant les autres comme témoins. Un début de fixation avait été observé, mais sur des zones où les algues étaient très peu présentes voire absentes. Par la suite (**le 18 juin**), **nous avons observé des fixations sur la totalité de la surface des plaques nettoyées**. Sur les plaques non nettoyées, les fixations n'ont pas été aussi nombreuses, du fait de la concurrence des algues.

Nous nous sommes aussi demandés pourquoi *Ficopomatus enigmaticus* se fixait spécialement au bas des plaques, et si les ardoises n'étaient pas trop hautes par rapport à la zone optimale de fixation (celle-ci avait été déterminée à partir des observations d'A S Langhof, au cours de l'été 1998.). Afin de voir si la profondeur optimale de fixation était réellement plus basse, nous avons réalisé 2 capteurs multi-étages (avec une étiquette de fixation tous les 25 cm), qui ont été plongés à 2 endroits du port le 18 juin. Nous avons pu ainsi évaluer la profondeur des zones où la fixation est maximale.

## 2 - Comptage des larves

Pour la reconnaissance des larves *Ficopomatus enigmaticus*, ont été utilisé les planches iconographiques tirées de la thèse de S.Vuillemin 1965, qui présentent de nombreux stades du cycle de *Ficopomatus enigmaticus*. Compte tenue de la complexité de l'identification des stades larvaires de *F.enigmaticus* nous utilisons le terme plus général de larves d'Annélides.

La figure 11 montre que les larves d'annélides dont *Ficopomatus enigmaticus* sont en général plus nombreuses au fond qu'au niveau 0,5 m. Les 2 courbes ont connu un pic important début juin.(26 larves à 0,5m et de 52 larves au fond). Si l'on fait exception de ces valeurs, le nombre moyen de larves est de 2 à 0,5 m et de 4,4 au fond.

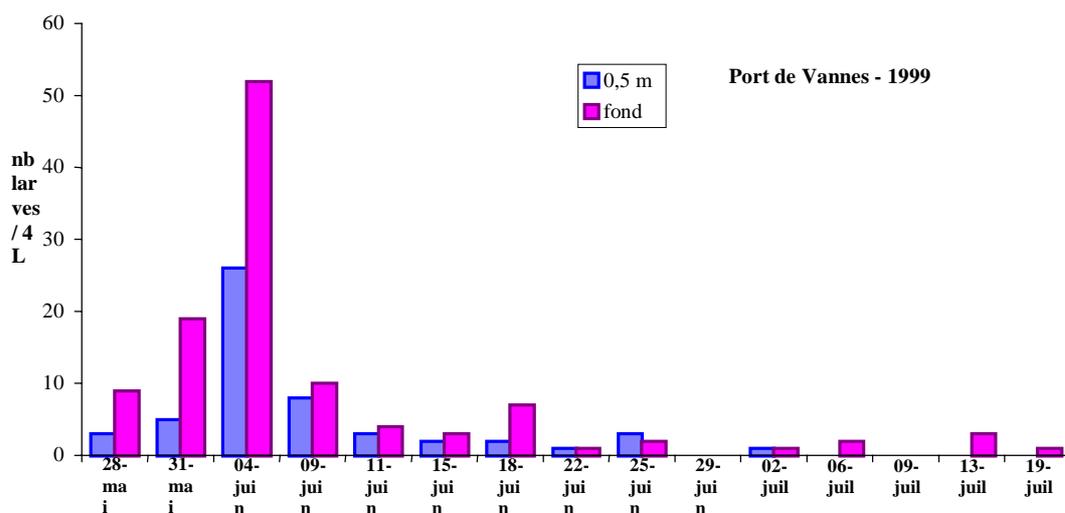


Fig. 11 : Abondance des larves d'annélides dont *F enigmaticus*

Au comptage des larves de *Ficopomatus enigmaticus*, on a ajouté celui des Copépodes. Ceux-ci constituent en effet un groupe dominant parmi les petits crustacés planctoniques et au sein même de l'ensemble du zooplancton. Ils sont de ce fait représentatifs de l'abondance du zooplancton dans l'eau. Leur taille varie, selon les espèces, de quelques dixièmes de millimètres à quelques millimètres de long.

La figure 12 montre que le nombre de Copépodes est plus important au fond par rapport à la profondeur 0,5 m.

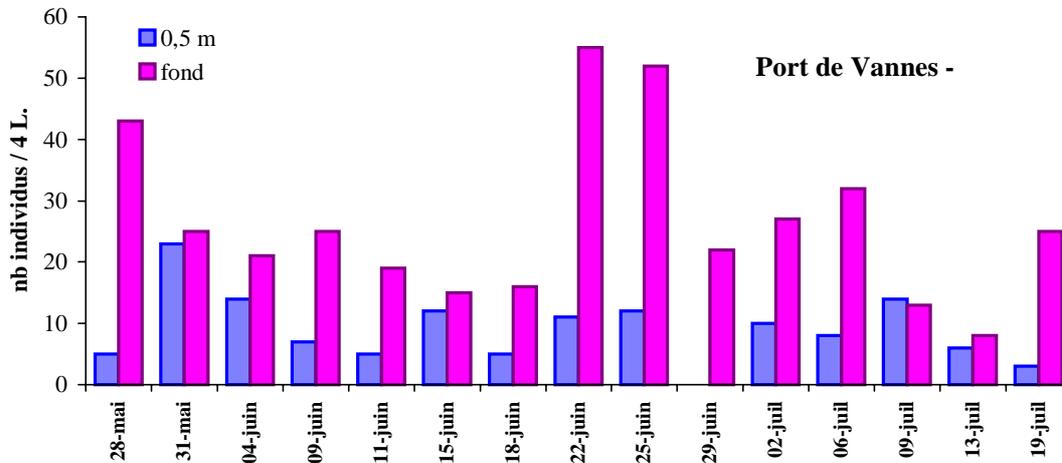


Fig. 12 : Abondance des copépodes

### 3 - Observation de la croissance des juvéniles de *F. enigmaticus*

#### a - Bref rappel historique :

- pose de 12 plaques dans le port le 9 avril
- première observation des plaques le 19 mai
- premières fixations de *Ficopomatus enigmaticus* observées le 8 juin
- plaques grattées le 11 juin (sauf n° 2-6-11)
- fixations importantes observées sur **toutes** les plaques le 18 juin
- 2 capteurs à étages posés le 18 juin à l'extrémité des catways n° 95-96 (capteur 1) et n° 113-114 (capteur 2) des pontons.
- plaque n° 5 enlevée, ramenée à la station et remplacée par une ardoise neuve le 29 juin ; opération répétée le 29 juillet.

## b - Suivi des capteurs à étages :

Les premières fixations ont été observées le 6 juillet :

capteur 1 : fixations à partir de 0,70 m et jusqu'au fond, surtout sur la chaîne et les liens en plastique qui retiennent les étiquettes

capteur 2 : fixations de 0,70 m à 2 m environ

- observation du 13 juillet :

capteur 1 : fixations de 0,70 à 1,50 m (chaîne)

capteur 2 : fixations de 0,60 m (environ) au fond

- observation du 19 juillet :

capteur 1 : fixations prépondérantes de 0,75 à 1,50 m

capteur 2 : fixations de 0,5 m à 1,5 m (éparses)

- observation du 22 juillet

capteur 1 : fixations nombreuses de 0,75 m à 1,25 m, plus rares de 1,25 m à 1,50 m

capteur 2 : fixations (moyennes) de 0,5 m au fond

Il semble que les fixations sur le **capteur 1** (fond du port) se fassent préférentiellement entre 0,70 m et 1,50 m. On retrouve des fixations à des profondeurs plus importantes mais en densité plus faible.

Pour le **capteur 2**, les fixations sont moins nombreuses que sur le capteur 1 mais débutent à une plus faible profondeur : à partir de 0,5 m et jusqu'au fond (1,5 m environ). Une relation semble s'établir entre le niveau de présence des larves de *F. enigmaticus* dans l'eau et l'importance de la fixation sur les capteurs.

## c - Observation des ardoises :

**Les ardoises présentent toutes un côté plus chargé que l'autre en vers** (densité nettement plus importante sur l'une des faces, pourcentage de recouvrement plus élevé). Nous nous sommes demandés **à quoi était due cette répartition sélective**. Une **hypothèse** envisagée est la suivante: les vers se fixeraient préférentiellement sur le côté à l'abri de la lumière.

Pour vérifier cela, nous avons noté à partir du 6 juillet lors de chaque observation quel est le côté le plus chargé : côté quai (Q) ou côté ponton (P). **Plusieurs problèmes sont soulevés :**

- les plaques ne sont pas toujours orientées parallèlement au ponton et au quai, elles sont parfois tournées, voire complètement perpendiculaires au ponton, ce qui rend impossible la détermination du côté le plus chargé. Cela est dû au fait que les plaques ne sont pas bloquées par le bout qui les attache, elles peuvent subir une rotation plus ou moins importante en fonction du courant de marée ou de crue.

- pour 3 des 12 plaques, le côté le plus chargé était tantôt Q, tantôt P. Cela impliquerait que les plaques peuvent faire facilement un demi-tour dans l'eau. Il est par conséquent difficile de savoir où ont eu lieu les fixations, à moins de considérer que le côté des fixations prépondérantes est celui noté lors de la première observation.

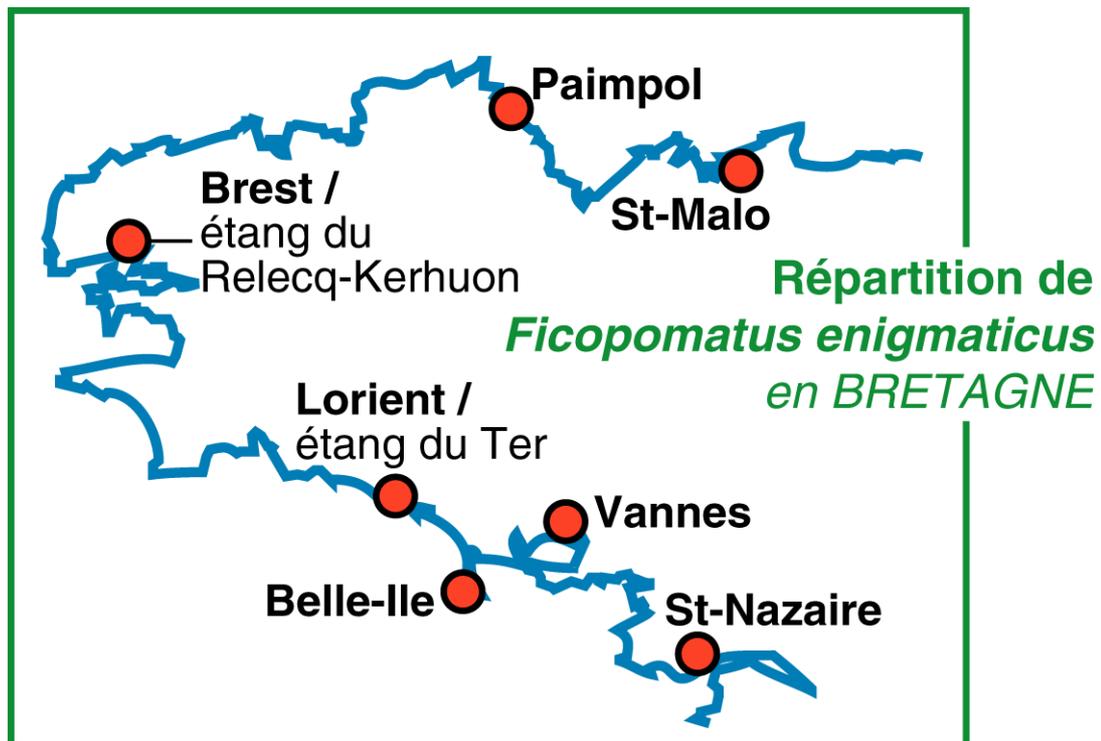
## C - Répartition régionale et nationale de *F. enigmaticus*

L'enquête régionale et nationale sur la prolifération de *F. enigmaticus* a été entreprise par le laboratoire "Biodiversité Benthique" de l'IFREMER/Brest. Le dossier d'enquête envoyé à plusieurs organismes scientifiques (laboratoires côtiers IFREMER, universités, Muséum National d'Histoire Naturelle... ) et ports de plaisance comporte une fiche signalétique de l'espèce et un questionnaire.

Des réponses, parfois très précises, nous sont parvenues, apportant une bonne source d'information. Elles permettent ainsi d'établir les deux premières cartes de la distribution géographique de ce ver et de réaliser une synthèse sur les dates de son apparition dans les différentes régions, les types de milieux et supports colonisés, enfin l'étendue et l'épaisseur des récifs.

### 1 - Au niveau régional

Sur la base des réponses positives et des prospections dans les départements du Finistère, Morbihan et Côte d'Armor nous avons pu réaliser la carte ci-dessous.



## 2 - Au niveau national



### D - Résultats de l'enquête faite auprès des plaisanciers

73 plaisanciers (soit près de 40 % des adhérents de l'APPV) ont répondu à l'enquête sur le *F. enigmaticus*. Sur l'ensemble des réponses fournies, seules 4 sont inexploitable. Parmi les 67 réponses exploitables, 55 indiquaient la colonisation d'une partie des bateaux par le *Ficopomatus enigmaticus* et parfois également les balanes et 12 uniquement la présence de balanes. Or, les premiers formulaires fournis ne présentaient pas de schémas du *Ficopomatus* et il semble que dans certains cas, il y ait eu confusion entre ce ver et les balanes.

D'après l'emplacement des bateaux et leur localisation dans le port de Vannes, il ne semble pas y avoir de zone spécialement plus affectée par le ver. Les parties les plus touchées sont les hélices (65%), hélices loch (59%), lests (59%), les embases sondeur (56%), les safrans (49%). Les prises d'eau (32%) apparaissent moins colonisés. Peu de coques (24%) sont touchées par le *F. enigmaticus*. L'apparition du *Ficopomatus* est surtout observée lors de séjour prolongé au ponton en été, ce qui était prévisible ; ainsi augmenter le nombre de sorties en mer durant cette période limite la prolifération des concrétions.

Dans la plupart des cas *Ficopomatus* apparaît dans les zones où la peinture antisalissure est insuffisante due à une difficulté d'application ou à une usure mécanique : la base du safran, la partie basse du lest, les rayures sur la coque ou inexistante : hélices, prises d'eau...

Quelques précisions concernant l'utilisation de vernis applicables sur les hélices confirment nos résultats expérimentaux indiquant une complète inefficacité de tels vernis sur l'espèce étudiée.

## E - Tests de colonisation sur différents matériaux

### 1 - Mesures physico-chimiques

L'ensemble des relevés de salinité, oxygène dissous, pH et température de l'eau est donné dans la Figure 13 suivante. Les valeurs d'oxygène dissous sont données non corrigées de la salinité. Le pH et la concentration en oxygène dissous ont relativement peu évolué durant le temps d'immersion. Par contre, la température (6,7 à 21,2 °C) et la salinité (1,5 à 12,5 ‰) sont fortement modifiées au cours de la période d'exposition. L'eau du port de Vannes très peu salée est fort propice au développement du *Ficopomatus enigmaticus*.

La reproduction du *Ficopomatus enigmaticus* n'intervient que pour une température supérieure à 18 °C dans la zone Atlantique, aussi dans le port de Vannes la colonisation n'est pas attendue avant juin.

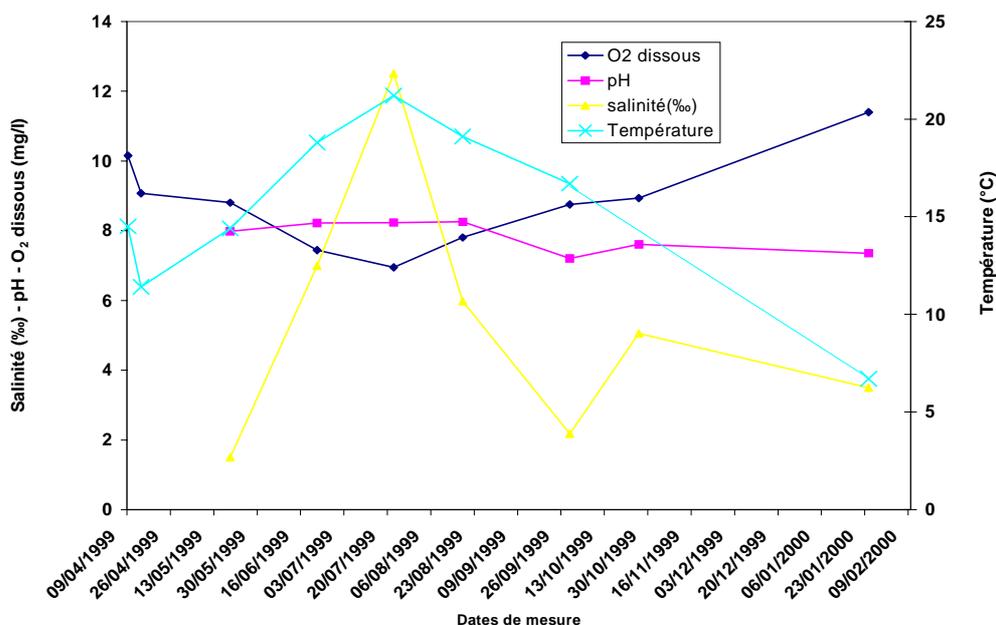


Fig. 13 : Evolution de la salinité, de la teneur en oxygène dissous, du pH et de la température de l'eau de surface du port dans la zone d'immersion des échantillons.

## 2 - Suivi de la colonisation

### Matériaux non revêtus

Les Figures 14 et 15 présentent l'évolution du taux de recouvrement de la surface (en %) par le *Ficopomatus enigmaticus* respectivement sur les alliages métalliques et les matériaux tels que bois, caoutchouc, PVC et gelcoat. Dès fin juin 1999, la colonisation par le ver a pu être observée sur la grande majorité des matériaux testés. La croissance fut importante durant toute la période estivale et atteint un pourcentage maximum de recouvrement fin septembre.

**Par contre, les alliages métalliques à base de cuivre (cupro-aluminium, laiton) ou les plaques de cuivre pur ne présentaient aucune colonisation pendant toute la durée de l'essai. Seul un voile bactériologique est observable sur les éprouvettes.**

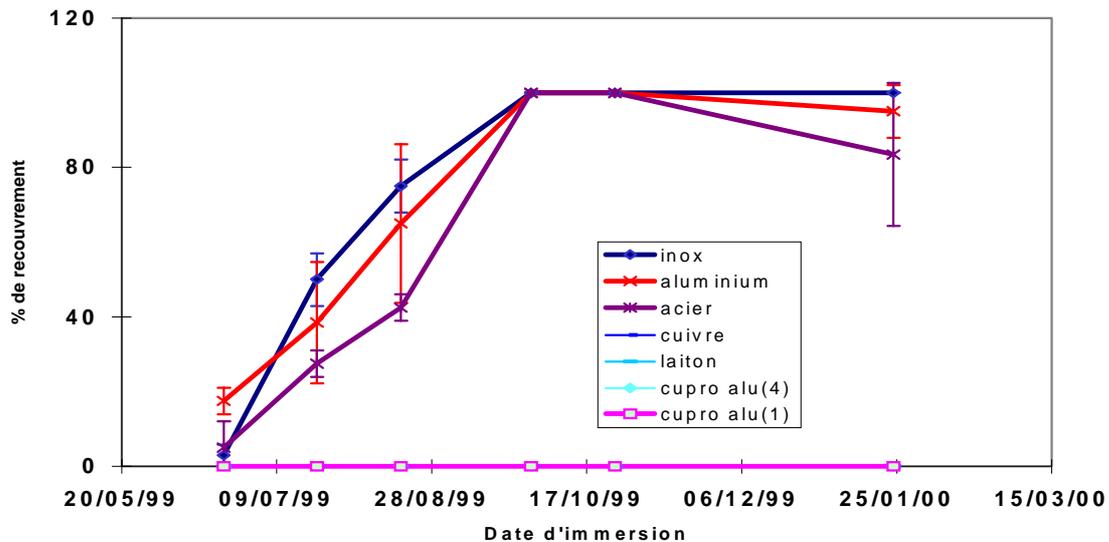


Fig. 14 : Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* des éprouvettes métalliques.

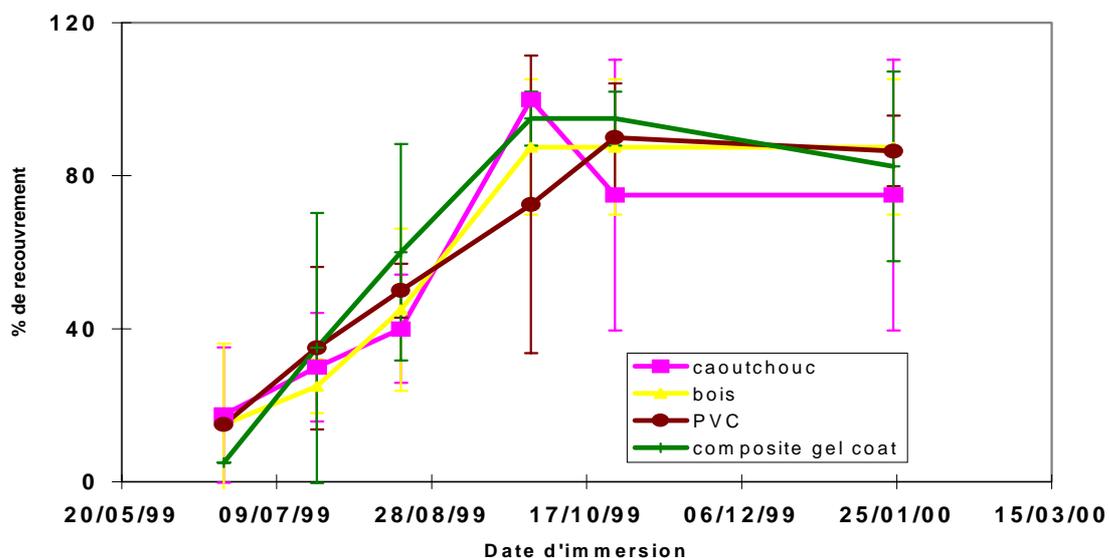


Fig. 15 : Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* sur des éprouvettes de caoutchouc, bois, PVC et gelcoat.

Les matériaux : bois, PVC, caoutchouc et gelcoat furent également rapidement colonisés par le ver. Une partie du *Ficopomatus enigmaticus* s'est détachée sur les éprouvettes de caoutchouc entre les mois de septembre et octobre 1999.

### 3 - Matériaux revêtus

Aucun vernis utilisé en application sur des hélices et des embases n'est efficace. En effet comme le montre la Figure 16 donnant le taux de recouvrement pour l'ensemble des vernis testés, de 80 à 100 % de la surface des plaques était couverte par ce ver grégaire en janvier 2000, après 9 mois d'exposition dans le port de Vannes.

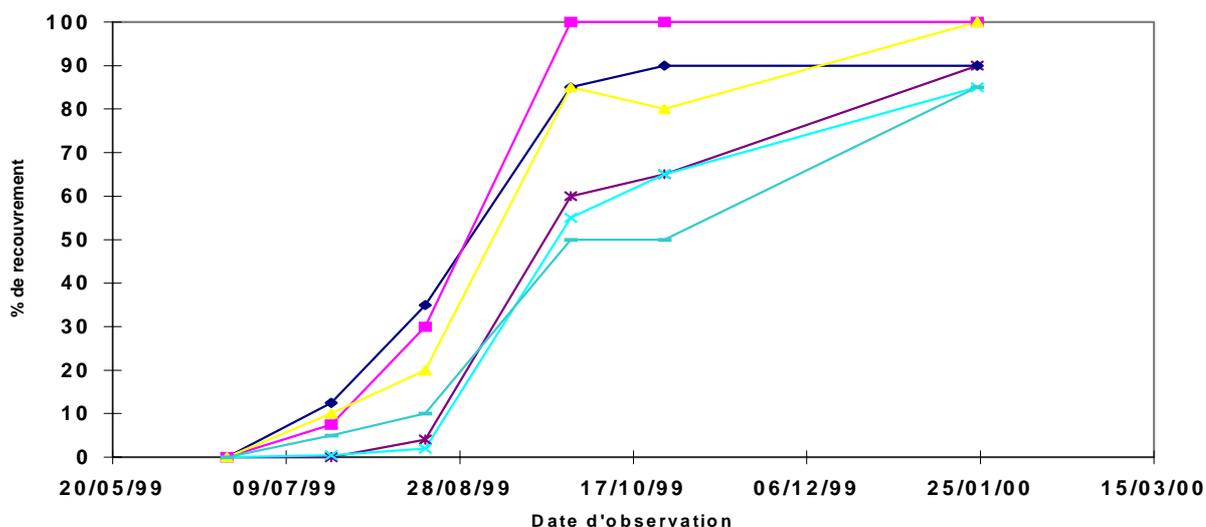


Fig. 16 : Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* sur des éprouvettes revêtues de vernis antisalissures.

Sur les 14 revêtements antisalissures testés, 6 d'entre-eux sont efficaces et donnés dans le tableau 11. Seul un voile biologique était observable sur la plupart des éprouvettes. Pour certaines d'entre-elles, par exemple : K1 et K2, le *Ficopomatus enigmaticus* colonisa assez rapidement les tranches des éprouvettes non protégées et même commença à recouvrir la face protégée du spécimen, sans toutefois qu'il y ait véritablement adhésion directe sur la plaque. La concrétion calcaire était construite par chevauchement des tubes calcaires les uns sur les autres à partir de la tranche. Cet édifice devait être assez fragile car entre les observations faites entre septembre et octobre 99, l'ensemble s'est brisé et en octobre 99, le taux de recouvrement sur la surface protégée est négligeable.

Numérotation des plaques	Matière active
A1 et A2	Oxyde cuivreux + Diuron
D1 et D2	Oxyde cuivreux et dérivé organique de zinc
E1 et E2	Oxyde cuivreux et dérivé organique de zinc
J2	Composite Cuivre
K1 et K2	Thiocyanate de Cuivre et dérivé organique de zinc
L1 et L2	Dérivé organique de zinc + composés organiques

Tableau 11 : Revêtements présentant la plus grande efficacité anti-salissure.

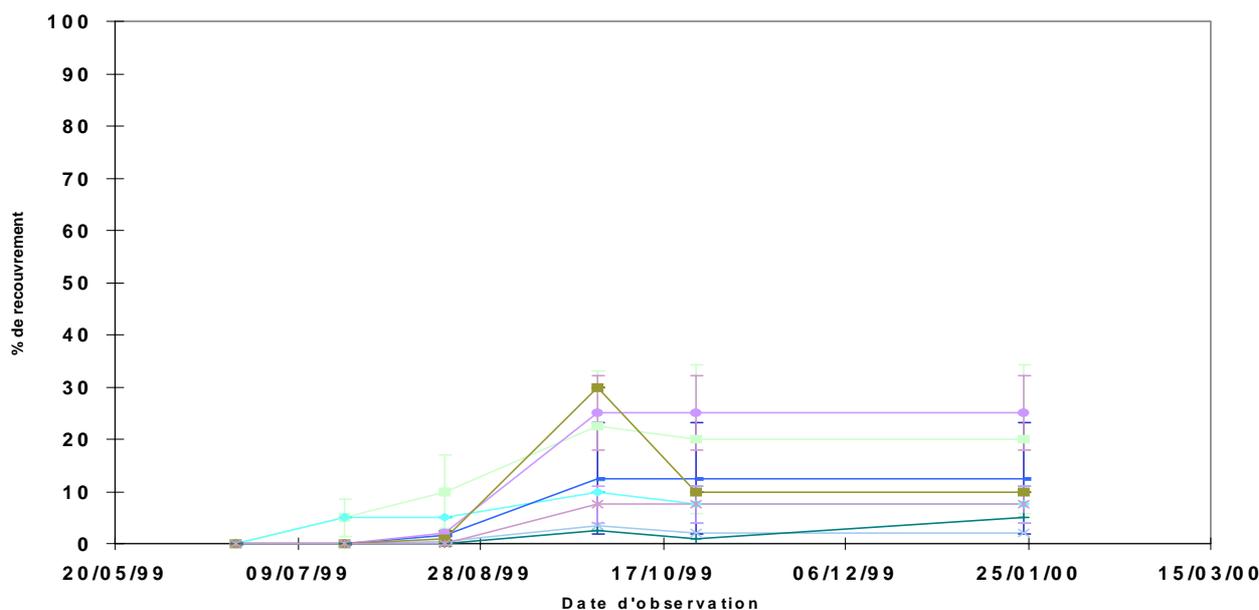


Fig. 17 : Taux de recouvrement par le *Ficopomatus enigmaticus* sur des éprouvettes revêtues de peintures antisalissures.

En ce qui concerne les 8 autres revêtements, le taux de recouvrement maximal par le *Ficopomatus enigmaticus* est de 30 % de la surface des éprouvettes après 5 mois d'immersion, Figure 17. L'épaisseur peut atteindre alors 5 cm.

L'efficacité des revêtements est croissante suivante l'ordre suivant :

H, C, G, I, F=M, J, B. Le taux de recouvrement maximal dans le cas des revêtements J et B n'excède pas 5%.

Comme pour les vernis, le ver a surtout colonisé la tranche des éprouvettes dans le cas de certaines peintures (F1 et F2, I1 et I2). Puis un récif se construit par chevauchement des tubes calcaires les uns sur les autres sans toutefois adhérer sur la surface de l'éprouvette peinte. L'édifice fragile peut alors se décoller (I1 et I2).

Un point important à noter est qu'une compétition dans la colonisation est observable entre le ver et les balanes. Ainsi, sur bon nombre d'éprouvettes, la place non occupée par le *Ficopomatus*, l'est par les balanes.

## IV - Discussion et conclusion

### A - Le milieu de *F. enigmaticus* dans le port de Vannes

#### - analyses de données du milieu de vie

L'augmentation globale de la température de l'eau pour les 2 niveaux s'explique essentiellement par **l'augmentation saisonnière de la température de l'air** : les données de Météo France sur les températures décadaires maximales de l'air (pour la période du 15 mai au 30 juin) montrent que les évolutions des 2 températures (air et eau) sont très parallèles. On explique de même la chute de température de l'eau au début du mois de juin par une chute similaire de la température de l'air (figure 18).

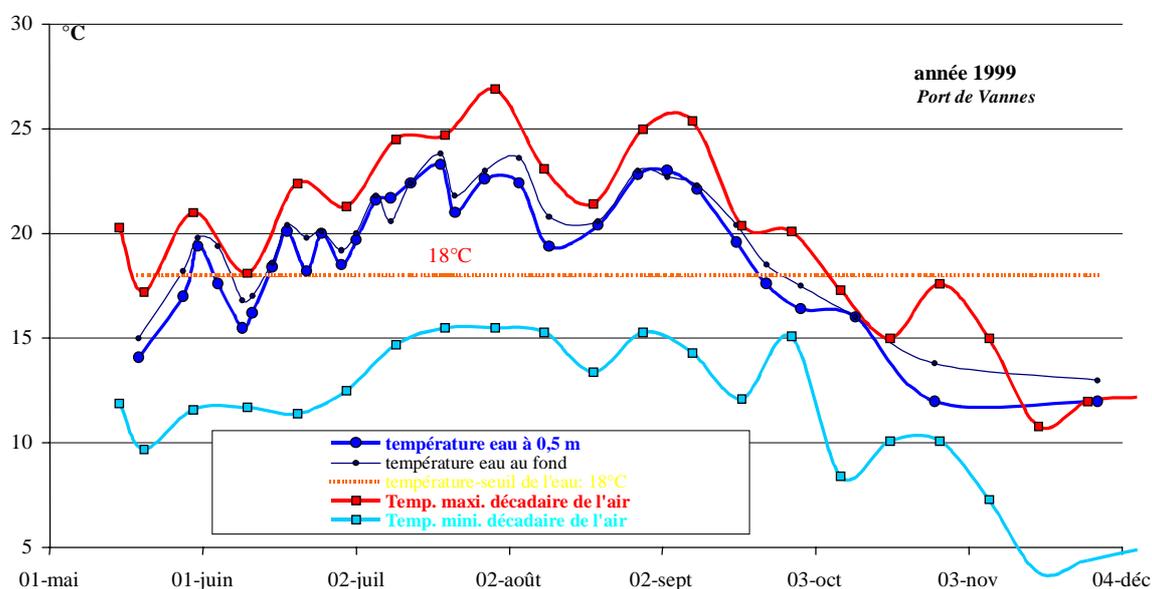


Fig. 18 : Evolution des températures de l'eau et de l'air

La figure 6, commentée précédemment, montre toujours **la présence d'une couche saumâtre** due à l'arrivée des eaux pluviales et de la Marle dans le port. Ensuite, plus la profondeur augmente et plus l'eau est salée, atteignant au fond des valeurs presque identiques à celles de l'eau de mer.

La figure 19 permet de constater que les **variations de la salinité**, pour les 2 niveaux mais encore plus spécialement pour le niveau 0,5 m, **suivent de manière presque parallèle les variations du coefficient de marée**. On peut donc expliquer les augmentations de salinité par un apport plus important d'eau de mer dans le port, causé par un plus grand coefficient de marée surtout en période estivale et printanière.

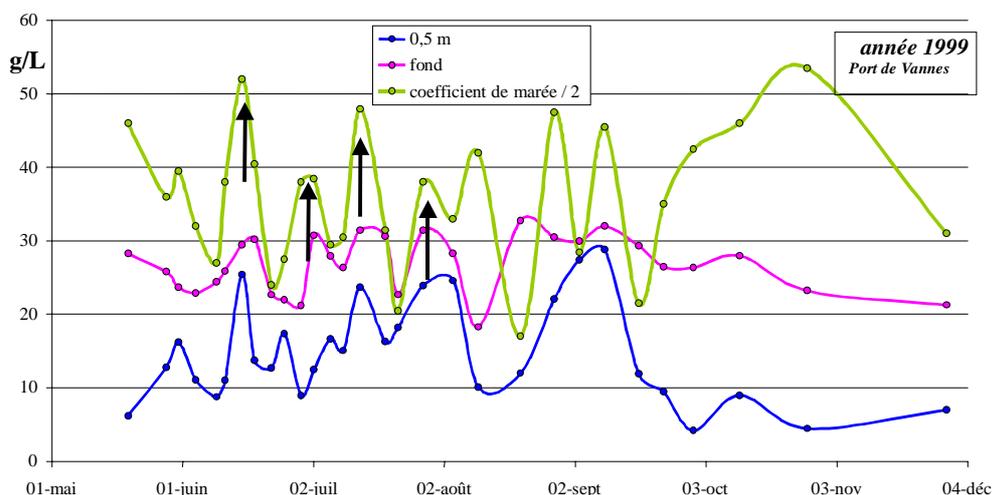


Fig. 19 : Relation entre salinité et coefficients de marée

L'influence des quantités des **précipitations** sur la salinité de surface (fig. 20) semble corrélée mais est par contre plus délicate à mettre en évidence avec la salinité de fond (fig. 21). Si on ajoute aux courbes de salinité, les données Météo France sur les précipitations décadaires (cf. figures 20 et 21), on voit que la 1<sup>ère</sup> décade de juin a été relativement bien arrosée (42,6 mm). Durant cette même période, la salinité a connu une baisse assez importante (à 0,5 m comme au fond). On observe un phénomène similaire pour la dernière décade de juin et pour le début du mois d'août : des précipitations plus importantes corrélées à une chute de la salinité. L'eau de pluie arrivant aurait ainsi entraîné la **dilution de l'eau du port et donc une baisse de la salinité**.

On peut noter d'ailleurs que la réponse de la salinité à l'arrivée d'eau de pluie dans le port est très rapide, ce qui est sans doute dû au fait que les surfaces des bassins versants concernés sont très imperméabilisées (zone urbaine et semi-urbaine, sous-sol granitique...).

La "structure" de l'eau dans le port de Vannes s'explique donc par les apports marins et terrestres : de manière globale, les grandes marées font augmenter la salinité, alors que de fortes pluies la font baisser.

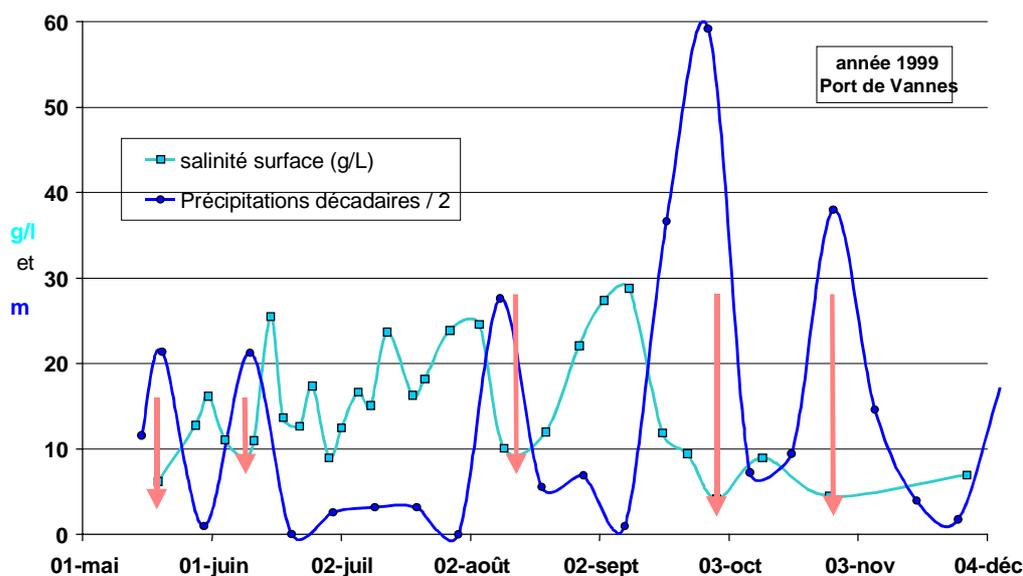


Fig. 20 - Relation entre salinité de surface et précipitations

**La turbidité semble augmenter quand il y a d'importantes précipitations**, ce qui est logique car la principale caractéristique de la pollution des eaux pluviales est d'être essentiellement de nature particulaire (Valiron et Tabuchi, *Maîtrise des eaux pluviales*, Etat de l'Art, 1992). De plus, le temps de réponse des bassins versants vannetais aux pluies est relativement court (de l'ordre de quelques heures). Cela signifie que les eaux pluviales arrivent rapidement et déversent toute leur charge particulaire dans le port, qui leur sert d'exutoire.

L'azote ammoniacal provient des déjections animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes. En eaux non polluées et en milieu océanique, les concentrations sont généralement inférieures à 1  $\mu\text{mol/L}$ . Dans les estuaires, les concentrations augmentent, traduisant ainsi l'influence des rejets urbains ou agricoles. Lorsqu'on se rapproche des émissaires urbains, les concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines voire centaines de  $\mu\text{mol/L}$ . Ce paramètre devient alors un bon **traceur de la pollution urbaine**. Dans le cas du port de Vannes, les teneurs importantes en ammonium de l'eau sont dues notamment au fait que le port est l'exutoire d'un certain nombre de bassins versants recueillant l'eau pluviale. Les eaux qui arrivent dans le port ont lessivé les rues et les trottoirs de la ville, ce qui leur confère une forte charge polluante.  $\text{NH}_4$  est un bon indicateur de la contamination anthropique de l'eau du port.

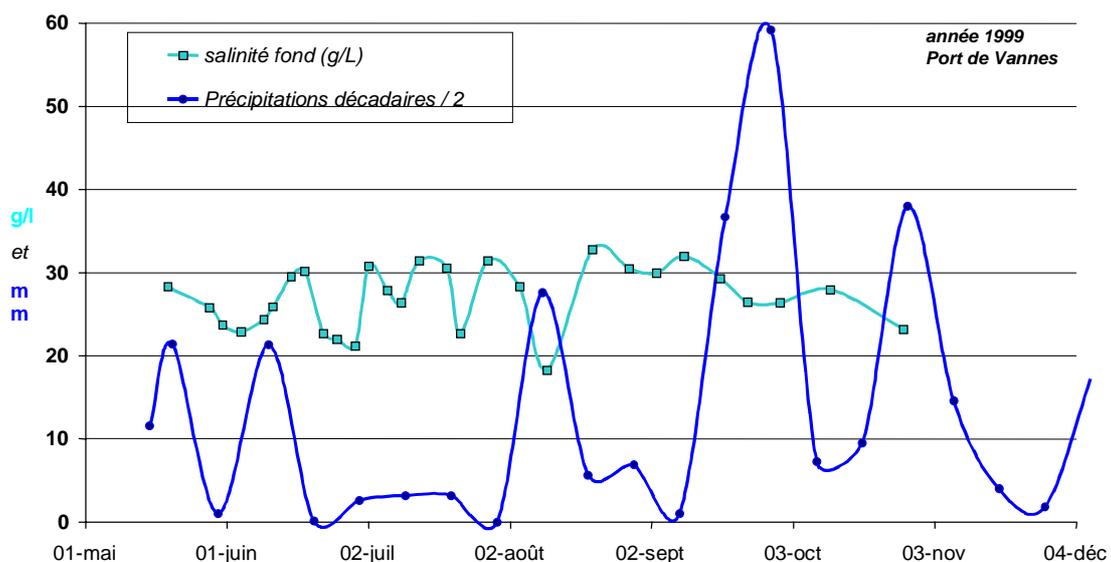


Fig. 21 : Relation entre salinité au fond et précipitations décennales

Par ailleurs, la figure 22 montre qu'à une augmentation de la teneur en chlorophylle correspond la plupart du temps une baisse de la teneur en  $\text{NH}_4$ , surtout en période printano-estivale. Le  $\text{NH}_4$  est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote.

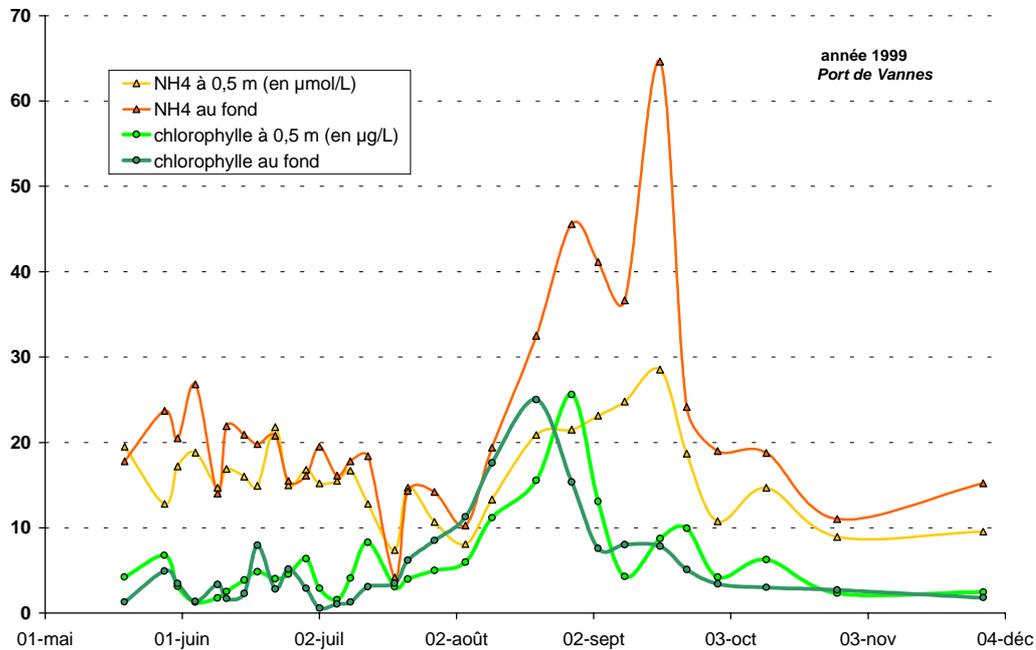


fig. 22 : Evolution des concentrations en  $\text{NH}_4$  et en chlorophylle a

Les concentrations en chlorophylle semblent indiquer que le port n'est pas un milieu favorisant le développement du phytoplancton à des teneurs plus élevées que dans l'eau de mer au niveau de la Pointe des Emigrés. Cela s'explique sans doute par le fait que les **eaux du port sont plus turbides que celles du golfe**, elles laissent donc moins bien passer la lumière dont le phytoplancton a besoin. Les eaux du port sont plus chargées en matières en suspension (MES) de salinité plus variables que celles du golfe, ce qui paraît normal, étant donnée leur nature et leur mode de renouvellement. Le port accueille une grande partie des eaux du réseau pluvial, qui sont **particulièrement chargées en MES**. Le milieu n'étant pas ouvert comme à la Pointe des Emigrés, les eaux du port sont donc beaucoup plus concentrées en pollution particulaire. De même, il est normal de trouver des concentrations en  $\text{NH}_4$  supérieures dans le port : la contamination anthropique apparaît plus nettement dans des endroits confinés qu'en pleine mer, où il faut tenir compte du facteur dilution.

## B - Fixation et croissance de *F. enigmaticus*

D'après l'observation des capteurs à étages, il semble que les fixations sur le capteur 1 se fassent préférentiellement entre **0,70 m et 1,50 m** et que celles sur le capteur 2 débutent à une plus faible profondeur : **à partir de 0,5 m et jusqu'au fond** (1,5 m environ).

Par conséquent, on peut penser que **les plaques immergées à 40 cm de profondeur étaient peut-être un peu trop hautes par rapport à la profondeur optimale de fixation**. Cela pourrait expliquer en partie pourquoi les premières fixations observées étaient situées sur le bas des plaques et surtout sur les étiquettes qui y sont accrochées. Une fois les premiers vers fixés, les autres se seraient ajoutés pour agrandir la colonie, ce qui fait qu'aujourd'hui, les plaques sont presque totalement recouvertes par les vers.

Les comptages semblent indiquer que les larves de *Ficopomatus enigmaticus* **s'éloignent de la surface de l'eau** pendant leur période pélagique par phototropisme négatif (leur nombre étant plus élevé au fond). Les pics observés pour les 2 courbes vers le 4/06 concordent parfaitement avec la date des premières fixations observées, qui était le 8/06. Les conditions de milieu étaient sans doute réunies à cette période pour la reproduction de l'espèce, qui a émis des larves en grand nombre. En dehors de ces pics, **le nombre moyen de larves reste assez faible** étant donné le volume de départ concentré et si on le compare au nombre moyen de Copépodes. Pour avoir des comptages vraiment significatifs, il aurait sans doute fallu concentrer des volumes beaucoup plus importants.

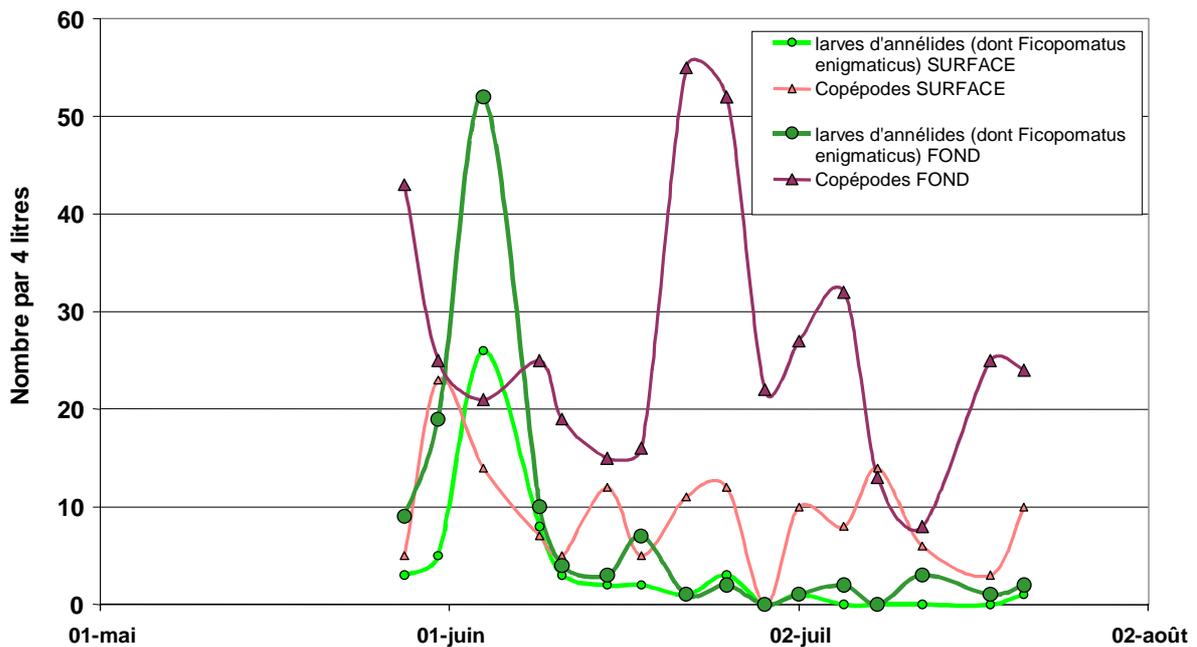


Fig. 23 - Abondance des larves d'Annélides et des copépodes dans le port de Vannes

On n'observe pas de réelle corrélation entre le nombre de Copépodes et celui de larves de *Ficopomatus enigmaticus* (fig. 23), si ce n'est que les Copépodes sont toujours en nombre beaucoup plus important que les larves de *Ficopomatus enigmaticus*. On peut cependant remarquer qu'à la forte augmentation du nombre de larves de *Ficopomatus enigmaticus* le 04/06 correspond une relative baisse du nombre de Copépodes (aux 2 niveaux).

En ce qui concerne la fixation prédominante des vers sur un côté de chaque ardoise, **les résultats** respectifs pour le côté P (ponton) et le côté Q (quai) ne sont **pas significativement différents** (étant donné le nombre de plaques) pour que l'on puisse affirmer que les fixations de *Ficopomatus enigmaticus* ont lieu préférentiellement sur un côté ou sur l'autre.

De plus, l'incertitude pour 3 plaques sur 12 empêche a fortiori de tirer des conclusions fondées. Par ailleurs, ni les spécialistes contactés ni la bibliographie existante n'ont permis de confirmer ou d'infirmer notre hypothèse de départ.

### - Synthèse des observations réalisées dans le port de Vannes

Cette étude du milieu de vie de *F. enigmaticus* dans le port de Vannes confirme les données bibliographiques sur les conditions de vie qu'affectionnent cette espèce :

- niveau d'eau stable (contrôle par les portes du bassin)
- tolérance à des fortes variations de salinité et de turbidité.
- milieu riche en matière organique par les apports du bassin versant et des exutoires d'eaux pluviales.

Les variations physicochimiques du milieu sont régulées :

- pour la température de l'eau par celle de l'air en raison de la faible profondeur du bassin et du confinement géographique du port.
- pour la salinité par les apports antagonistes des eaux douces de la Marle, des exutoires d'eaux pluviales et les apports océaniques lors des ouvertures des portes du bassin à flot.

La mise en place de capteurs sous les pontons a permis de préciser quelques éléments de la biologie de la reproduction de *F. enigmaticus*.

Les premiers captages sont observés dès le début juin et se succèdent jusqu'en octobre lorsque la température de l'eau est supérieure à 18° C.

Nous avons constaté que le captage est meilleur entre 0,7 et 1,5 m sous la surface, niveaux où l'on trouve le maximum de larves dans l'eau.

Cette étude écologique ne permet toutefois pas de proposer des pistes pour envisager l'éradication naturelle de *F. enigmaticus*. Il paraît en effet très difficile de réduire les apports nutritifs du pluvial ou le détournement de la Marle dans le but de limiter la source de nourriture des géniteurs.

Seule une exondation périodique ou un à sec prolongé sont susceptibles de détruire cette espèce mais cette hypothèse n'est techniquement pas envisageable.

Le curage du port, prévu prochainement, apportera une réduction notable de la capacité trophique des eaux favorisant le développement de *F. enigmaticus*. Cette amélioration ne sera sûrement pas suffisante pour le faire disparaître en raison de la formidable capacité de cet intrus à résister à des conditions d'hyper, comme d'hypo nutrition. En effet des études complémentaires au laboratoire IFREMER de La Trinité sur mer ont permis de démontrer que l'espèce est capable de résister une année sans apport de nourriture

Il y a donc lieu d'examiner toutes solutions alternatives visant à empêcher la fixation des larves de *F. enigmaticus*.

## C - Les enquêtes régionales et nationales

D'après les premiers résultats *F. enigmaticus* semble bien répandu sur l'ensemble du littoral métropolitain colonisant des bassins à flot, des étangs, des estuaires (milieux confinés à salinité variable) sur divers substrats (métal, bois, plastique, pierre...). Dans l'immédiat, l'insuffisance des réponses de la part des capitaineries de port ne permet pas de mesurer l'ampleur des gênes causées par cette espèce sur les bateaux de plaisance ou les ouvrages portuaires.

## D - Les tests de matériaux et de peintures

### *1 - Discussion*

Lors de l'enquête auprès des plaisanciers, il est apparu que les hélices ou parties métalliques sont très sujettes à la colonisation du *Ficopomatus*, celles-ci sont généralement en bronze (65%), aluminium (12%), laiton (8%). Or les observations faites lors des essais menés sur des éprouvettes d'alliage de cuivre indiquaient un comportement antisalissure très efficace de ces matériaux.

Deux explications peuvent être fournies :

- l'utilisation d'un vernis pour hélice est totalement inefficace,
- l'application d'une protection cathodique permettant de réduire les risques de couplage galvanique et donc de corrosion sur le bateau élimine tout pouvoir antisalissure des alliages de cuivre.

### *2 - Conclusion*

Les principales conclusions déduites de cette étude sont :

- **Les matériaux à forte teneur en cuivre ne présentèrent aucune colonisation par le *F. enigmaticus* durant toute la période d'étude (avril 1999-avril 2000),**
- **aucun vernis testé dans nos conditions d'essais et destiné aux hélices et embases de bateau n'est efficace,**
- **parmi les 14 peintures antisalissures testées, six d'entre-elles sont très efficaces. Le biocide incorporé est alors généralement un composé du cuivre (oxyde cuivreux, thiocyanate de cuivre) en association avec un dérivé organique de zinc. Les pourcentages de ces éléments n'ont pu être obtenus des fournisseurs.**

### *3 - Recommandations*

**Les peintures antisalissures testées à forte teneur en cuivre sont très efficaces et peuvent être recommander. Le biocide incorporé est alors généralement un composé du cuivre (oxyde cuivreux, thiocyanate de cuivre) en association avec un dérivé organique de zinc.**

**Il est souhaitable d'éviter de revêtir les hélices avec un vernis antisalissure, aucun produit actuellement commercialisé ne semble efficace et les vernis testés présentent même un effet négatif.**

**Les alliages cuivreux présentent un très bon comportement antisalissure face à ce ver. Cependant, l'application d'une protection cathodique sur ces pièces métalliques élimine complètement cet effet antisalissure.**

**Les carénages printaniers précoces sont à privilégier par rapport aux carénages de fin de saison afin d'améliorer l'efficacité de l'application des peintures au moment de l'année où la colonisation est maximale.**

**De manière plus générale les conseils d'entretien régulier des carènes doivent être maintenus ainsi qu'une bonne régularité des sorties en mer.**

## Liste des références bibliographiques (articles utilisés pour la synthèse) :

Aliani, S. et al. 1995 : Scanning electron microscope observations on the tube of the reef-forming serpulid *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) (Annelida, Polychaeta). *Boil. Zool.* 62 : 363-367.

Balkema, A.A. 1997 : Fouling organisms of the Indian Ocean. Rotterdam, R. Nagabhushnam and M.-F. Thompson, 538p.

Ben Charrada, R. 1995 : Impact des aménagements de restauration sur la qualité des eaux et des peuplements benthiques du lac de Tunis. *Mar. Life*, 5 : 51-64.

Bianchi, C.N., & Morri, C. 1996 : *Ficopomatus* 'Reefs' in the Po River Delta (Northern Adriatic): their constructional dynamics, biology and influences on the brakish-water Biota. *P.S.Z.N. I : Marine Ecology*, 17 : 51-66.

Bizzaro, S. 1987 : L'Etang du Ter, eau et environnement. *Mémoire de D.U.T de Biologie appliquée*, I.U.T. de Brest.

Brown, C.J. et al. 1998 : Settlement of *Ficopomatus enigmaticus* (Polychaeta, Serpulidae) on preservative-treated wood. *6th International Polychaete Conference*, Brazil, August 1998.

Campell, A.C. & Nicholls, J. : Guide de la faune et de la flore littorales des mers d'Europe. *Delachaux et Niestlé*.

Dauvin, J.-C. 1997 : Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord - Synthèse, menaces et perspectives. Paris, *Museum d' Histoire Naturelle*, 246-247

Davies, B.R. et al. 1989 : The filtration activity of a serpulid polychaete population (*Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel)) and its effects on the water quality in a coastal marina. *Estuarine, Coastal and shelf science*, 29 : 613-620.

Dixon, D.R. 1981 : Reproductive biology of the Serpulid *Ficopomatus* (*Mercierella*) *enigmaticus* in the Thames estuary, S.E. England. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 61 : 805-815.

Fauvel, P. 1927 : Faune de France : 16 Polychètes sédentaires. *Office central de Faunistique*, Paris, *Librairie de la Faculté des Sciences* , 359-361

Grassé, P.-P. 1959 : *Traité de Zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie - Tome V*. Paris, *Masson et Cie éditeurs*.

Martinez-Taberner, A. et al. 1993 : Colonization, structure and growth of *Ficopomatus enigmaticus* cf. TEN HOVE & WEERDENBURG (polychaeta, Serpulidae) in the Albufera of Menorca, Balearic Islands. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25 : 1031-1034.

Mettam, C. 1999 : Aliens in the docks. *The newsletter of the Cardiff School of Biosciences, Cardiff University*. Published in BioLine, ISBN 1358-0795.

Probert, P.K. 1993 : First record of the introduced fouling tubeworm *Ficopomatus enigmaticus* (Polychaeta : Serpulidae) in Hawke Bay, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*, 20 : 35-36.

Read, G.B. & Gordon, D.P. 1991 : Adventive occurrence of the fouling serpulid *Ficopomatus enigmaticus* (Polychaeta) in New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and freshwater research*, 25 : 269-273.

Schwindt, E. & Iribane, O. 1998 : The effect of the introduced reef-building Polychaete *Ficopomatus enigmaticus* on the benthic species of a SW Atlantic coastal lagoon. *6th International Polychaete Conference, Brazil, August 1998*.

Thomas, N.S. & Thorp, C.H. 1994 : Cyclical changes in the fauna associated with tube aggregates of *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel). In : J.-C. Dauvin, L. Laubier & D.J. Reish (Eds), *Actes de la 4ème conférence internationale des Polychètes. Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, 162 : 575-584. Paris ISBN 2-564783-165-2

Thorp, C.H. 1994 : Population variation in *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) (Polychaeta, Serpulidae) in a brackish water millpond at Emsworth, West Sussex, U.K. In : J.-C. Dauvin, L. Laubier & D.J. Reish (Eds), *Actes de la Conférence internationale des Polychètes. Mém. Mus. natn. Hist. nat.*, 162 : 585-591. Paris ISBN 2-85653-214-4

Untersinger, S. 1999 : *Ficopomatus enigmaticus* : inter-relations écologie, nuisances et moyens de lutte sur le site du port de Vannes. Rapport de stage de 2<sup>ème</sup> année Agro-Montpellier. 38 pages.

Vuillemin, S., 1965 : Contribution à l'étude écologique du lac de Tunis, biologie de *Mercierella Enigmatica* (Fauvel). Thèse de doctorat, faculté des Sciences de l'Université de Paris.

**AUTEURS :** *CAMUS Patrick, COMPERE Chantal, BLANCHET Aline, DIMEET Joël  
HAMON Dominique, LACOTTE Nicolas, PELEAU Michel et LASSALLE Elisabeth*

**TITRE :** *Ficopomatus enigmaticus* : écologie, répartition en France et Bretagne, nuisances et moyens de lutte sur le *site atelier* du port de Vannes

**RESUME :**

Cette étude, à caractère partenarial, a permis d'associer la Ville de Vannes, l'Association des plaisanciers du port de Vannes (APPV), des producteurs de peinture antisalissures, le Conseil Général du Morbihan et l'Ifremer, représenté par trois laboratoires différents.

Elle a été réalisée de juin 1998 à janvier 2000 et a permis de faire le point sur l'état des connaissances scientifiques relatives à la biologie, l'écologie et la distribution de l'annélide polychète sédentaire : *Ficopomatus enigmaticus*. Cette espèce, d'origine australe, a été décrite en Europe dès 1921. Elle est aujourd'hui présente dans les deux hémisphères dans des milieux à fortes variations de salinité et à faible marnage.

Une enquête en Bretagne et sur l'ensemble du littoral métropolitain a permis d'actualiser et de préciser la répartition géographique de l'espèce.

Afin de mieux cerner les caractéristiques du milieu de vie et du cycle de développement de l'espèce une étude a été réalisée sur le port de plaisance de Vannes, en tant que *site atelier*. Cette étude, à dominance biologique, a été complétée par une étude technologique sur les moyens de lutte (peintures antisalissures) contre les nuisances occasionnées par ce ver sur les carènes des bateaux.

Ce document présente, en dernier lieu, des recommandations pour limiter, voire empêcher le développement de cette nuisance portuaire.

**MOTS-CLES :** *Ficopomatus enigmaticus* : distribution géographique, écologie, port de plaisance, traitements antisalissures.

**KEY WORDS :** *Ficopomatus enigmaticus* : geographical distribution, ecology, marina, antifouling.

