

## RECYCLAGE DE DECHETS D'AQUACULTURE MARINE

Caractéristique d'un effluent de pisciculture : l'écume

par

P. DIVANACH et J. SUBE

Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Station de Biologie Marine  
et Lagunaire, 1 quai de Bosc prolongé - 34200 - SETE

### R E S U M E

Préalablement à son utilisation comme milieu de culture algale, nous avons étudié les diverses caractéristiques de l'effluent extrait de bassins d'élevage de poissons marins, par le système d'épuration nommé "écumeur".

Sur le plan qualitatif, cet effluent diffère de l'eau de mer de laquelle il provient sur plusieurs points : il est plus riche que cette dernière en Carbone organique, Azote organique, ammoniacque, matières en suspension, Phosphore et divers métaux. Cependant les facteurs de concentration ne sont pas constants et évoluent dans le temps.

Il est toxique pour certains groupes d'animaux et cette toxicité est fonction de la concentration mais aussi de l'âge du produit. Enfin, il est eutrophisant et cette richesse permet de maintenir des cultures algales en croissance pendant des périodes importantes mais la limite entre toxicité et eutrophie est étroite.

### A B S T R A C T

Previously to its use as culturing medium for algae, we have studied the various characteristics of the sewage extracted from marine fish rearing ponds, through a purificating system called "foamer".

Qualitatively, this sewage differs from the sea water which produced it on various points : It is richer than the water in Organic Carbon, Organic Nitrogen, Ammonia, particulate matters, phosphorus and varied metals.

However the concentration factors are not constant and they change in time. This sewage is toxic for some group of animals and this toxicity varies with the concentration but also the age of the product. Finally, it is eutrophic and this richness enables to the growth of algae for long periods but the boundary between toxicity and eutrophy is narrow.

M O T S - C L E S : Aquaculture, recyclage, déchets, écume.

K E Y - W O R D S : Aquaculture, Recycling, Wastes, Foams.

## 1. INTRODUCTION

Jusqu'à-là les essais de recyclage de matière ont été principalement effectués avec des effluents urbains ou agricoles qui servent d'engrais à des cultures phytoplanctoniques (DUNSTAN et Coll. 1971, RYTHÉ et Coll. 1972, GOLDMAN et Coll. 1974, DE PAUW et LEENHER, 1977). Pourtant, d'autres déchets que ceux précités pourraient être mis en valeur par cette technique. Les résultats déjà obtenus pourraient servir de thème de recherche afin de réaliser d'autres pyramides trophiques.

Le but de notre étude est de déterminer les conditions de recyclage de l'effluent de pisciculture marine qui provient du système d'épuration appelé "écumeur". Pour ce faire, un préliminaire expérimental a été élaboré afin de définir les caractéristiques et les propriétés de ce milieu particulier.

## 2. MATERIEL ET METHODE

### 2.1. Matériel

L'effluent testé : "l'écume", résulte de la fonte de mousses produites par deux types de dispositifs servant à épurer l'eau des bassins d'élevage de la Station de Biologie Marine et Lagunaire de Sète.

Dans le premier -écumeur à Venturi (BARNABE et DIVANACH, 1976)- les bulles sont produites au niveau d'un système déprimogène puis sont injectées tangentielllement dans un cylindre où s'opère alors la séparation eau-air. Dans le second -écumeur à recyclage de mousses- les bulles sont engendrées dans une colonne verticale, par impact d'un jet liquide sur la surface de l'eau. Le volume de la colonne et l'intensité du brassage sont calculés de façon à ce que les bulles ne soient injectées dans la chambre de séparation qu'au bout d'un certain temps de séjour, et après avoir été brisées en unités plus petites.

Dans les deux cas, après séparation de l'eau et de l'air, les bulles s'accumulent à la partie supérieure de l'appareil. Elles y subissent un enrichissement, par drainage de l'eau interstitielle (LEMLICH 1972), puis elles sont évacuées et récupérées dans un récipient de stockage.

### 2.2. Méthode

Les propriétés caractéristiques de l'écume ont été appréciées de plusieurs manières :

- par des observations macroscopiques et microscopiques régulières ;
- par des mesures physiques et chimiques dont le détail ainsi que les techniques d'analyse sont rapportés ci-après. Une partie de ces dosages a été effectuée par la Compagnie Nationale du Bas-Rhône-Languedoc (Nîmes).

#### Paramètres mesurés et techniques d'analyses

Température : thermomètre au 1/10° de degré

Salinité : Salinomètre BECKMAN RS 5-3

Oxygène dissous : Méthode polarographique YSI 5700

pH : pHmètre électrométrique MINISIS 5000; électrode de verre

Transmittance (pourcentage de transmission de la lumière) : Trousse HACH

Matières en suspension : Pesée après filtration sur membrane en fibre de verre Whatman GF/C

Carbone organique : Oxydation catalytique à 950°C des éléments carbonés et dosage de l'anhydride carbonique dans un analyseur à Infrarouges (BECKMAN) après décarbonatation

Azote kjeldahl : Minéralisation de l'azote organique puis dosage colorimétrique de l'ammoniaque

Azote ammoniacal : Méthode au bleu d'indophénol

Azote nitrique : Réduction à travers une colonne de Cadmium de l'azote nitrique en azote nitreux puis dosage colorimétrique de ce dernier

Azote nitreux : Dosage colorimétrique du complexe coloré obtenu après diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et copulation avec la N (1 naphtyléthylène diamine)

Phosphore total : Minéralisation du phosphore en milieu perchlorique puis dosage colorimétrique du complexe phosphomolybdique obtenu en présence de molybdate d'ammonium après réduction par l'acide ascorbique

Calcium : Absorption atomique

Magnésium : Absorption atomique

Potassium : Spectrométrie de flamme

Sodium : Spectrométrie de flamme

Oligo-éléments (Fe, Cu, Zn, Cr, Pb, Hg) : Spectrométrie de flamme après extraction à la méthyl-isobutyl-cétone

Détergents : Association des surfactifs anioniques avec l'orthophénantroline cuivrée, extractible à la méthyl-isobutyl-cétone dans laquelle le cuivre est dosé par spectrométrie d'absorption atomique

Phytoplancton : Comptages au microscope sur hématimètre de THOMA

Les méthodes d'analyse sont décrites par RODIER (1975).

- par des tests de toxicité pour divers animaux : larves de Loup *Dicentrarchus labrax* âgées de 7 à 15 jours, Rotifères *Pedalia phenica*, Copépodes *Tisbe* sp., Phyllopoïdes *Artemia salina*. Ces tests sont effectués (lots de 50 individus) dans des boîtes de Pétri contenant 20 ml de liquide à des températures variant entre 21 et 23°C. Les concentrations employées sont de 0, 25, 50, 75 et 100 % d'écume et sont obtenues par dilution avec de l'eau de mer filtrée, d'une solution transmettant 55 % de la lumière incidente à la trousse HACH.

- par l'utilisation, comme milieu de culture, à des concentrations diverses (0, 20, 30, 60 et 80 %) d'écume fraîche de qualité identique à celle précitée. Ces cultures sont réalisées en tubes à essais de 100 ml. L'inoculum est fourni par 1 % d'une suspension algale naturelle, à dominance de *Nanochloris* sp., provenant des Salins de Villeroy. Le critère utilisé pour visualiser l'évolution biologique de ces milieux est le pourcentage de transmission de la lumière à la trousse HACH.

Les caractéristiques évolutives de l'écume sont appréciées par comparaison des résultats obtenus sur des produits frais (c'est-à-dire âgés de moins de 5 heures) avec ceux mis à vieillir dans un récipient en polyéthylène translucide hermétiquement fermé et soumis à un rythme d'éclairement nycthéméral.

### 3. RESULTATS

#### 3.2. Observations générales

L'observation microscopique de l'écume révèle deux catégories de produits de dimensions distinctes. Quelques rares animaux (Ciliés, Nématodes et parfois Copépodes) et de très nombreuses particules plates, transparentes, aux bords

anguleux, de taille comprise entre 1 et 10 microns et que, faute d'autre terme de comparaison, nous avons baptisées "peaux".

Enfin sur le plan global, nous devons rapporter une caractéristique évidente des écumes : le pouvoir moussant.

### 3.2. Analyse chimique de l'écume

Dans le cas de l'écume fraîche, les diverses analyses chimiques effectuées montrent (planche 1) une extrême variabilité s'étendant dans la majorité des cas sur au moins un ordre de magnitude (Carbone organique et total, Demande Chimique en Oxygène, Azote ammoniacal, nitrique et nitreux, Phosphore total et soluble, Matières En Suspension, Fer, Cuivre, Détergents ABS). Relativement à l'eau de mer dont elle provient, l'écume présente des différences chimiques importantes et les produits analysés peuvent être regroupés en trois catégories (planche 2).

- ceux présentant des facteurs de concentration élevés (Carbone organique et total, Demande Chimique en Oxygène, Azote total et ammoniacal, Phosphore total et soluble, Matières En Suspension, organiques et totales, Fer, Cuivre, Mercure, Zinc, Chrome, Détergents ABS ;

- ceux présentant des facteurs de concentration faibles ou nuls tels les cations : Magnésium, Potassium et Calcium ;

- ceux présentant parfois des facteurs de dilution par rapport à l'eau de mer tels les Nitrites et les Nitrates.

Enfin, la planche 3, révèle que la qualité de l'écume n'est pas constante au cours du temps et que l'amplitude des variations peut atteindre un ordre de grandeur :

Les paramètres mis en cause, ainsi que leur sens d'évolution sont caractéristiques d'une colonisation biologique et d'une succession de diverses populations. L'acidification initiale du milieu, la consommation d'Oxygène, l'apparition successive des formes d'Azote ammoniacal, nitreux et nitrique, traduisent tout d'abord, une contamination bactérienne puis une minéralisation de la matière organique. La sursaturation en oxygène dissous, l'alcalinisation, la valeur des comptages en Chlorelles expriment par contre la venue d'un maillon photosynthétique actif dans une seconde phase.

### 3.3. Toxicité de l'écume

#### 3.31. Ecume fraîche

Le passage des animaux d'une eau propre à une eau contaminée par de l'écume fraîche, se traduit par une modification comportementale importante puis par des phénomènes de mortalité.

La première est plus rapide dans les écumes concentrées. Les larves de Loup et les Rotifères subissent passivement ce stress en se laissant couler alors que les Copépodes et les Amphipodes présentent des phases d'excitation et cherchent à fuir ce milieu en colonisant son ménisque supérieur.

Les observations relatives à la mortalité sont regroupées dans la planche 4 sous forme de deux tableaux résumant successivement :

- l'influence de l'espèce animale et de la concentration en écume sur le temps de mortalité de 100 % des individus ;

- le rôle du temps de contact avec l'écume sur l'évolution des activités motrices et de la mortalité après retour en eau propre chez les larves de Loup.

Du tableau 4A, il ressort que l'écume fraîche est un milieu toxique entraînant la mort de nombreux organismes et que cette mortalité non seulement diffère d'une espèce à l'autre mais varie suivant les doses employées. Néanmoins, les concentrations élevées entraînent les mortalités les plus rapides. De plus, les larves de Loup et les Rotifères sont rapidement touchés par cette toxicité, alors que Copépodes et Amphipodes sont plus résistants. Par contre *Artemia salina* a une durée de vie inférieure, dans le témoin, à celle obtenue dans l'écume. Ceci peut être dû à la présence de matériel organique nutritif venant interférer avec les essais de toxicité. BAYLOR et SUTCLIFFE (1963), ont en effet réussi à nourrir cet animal avec les particules produites par bullage.

Enfin, le tableau 4B montre qu'à partir d'un certain temps de contact avec l'écume, le retour des animaux en eau propre est inopérant, car même si certains individus paraissent récupérer, à long terme, les lésions provoquées entraînent la mort.

### 3.32. Ecume vieillie

Dans les conditions de vieillissement précitées, la toxicité de l'écume au cours du temps évolue d'une manière importante. Elle augmente brutalement pour atteindre son maximum entre 3 et 40 jours puis décroît ultérieurement sans jamais disparaître.

TOXICITE DE L'ECUME AU COURS DU TEMPS  
POUR LES LARVES DE LOUP

Age de l'écume (jours)	0	1	2	3	5	15	20	30	35	40	45	50
Temps de survie (mn)	80	40	5	5	5	5	5	5	5	20	5	100

### 3.4. Eutrophie de l'écume

La planche 5, traduit l'évolution biologique au cours du temps des 6 milieux différemment enrichis en écume. Après une augmentation de transmittance initiale, générale pour tous les tubes, et correspondant à la sédimentation d'une partie de la suspension algale ayant servi d'inoculum, l'évolution de chaque lot est différente. Pour 0, 20, 40 % d'écume, la transmittance diminue alors que pour les autres, elle se stabilise (60 %) ou continue à augmenter (80 et 100 %). L'observation microscopique montre que cette augmentation n'est plus due à une sédimentation algale, mais à celle de "peaux". Quant à la diminution de transmittance, elle est liée à une colonisation phytoplanctonique. Au niveau dynamique, celle-ci commence dans les milieux les moins concentrés en écume et finit par les plus riches. Enfin sur le plan qualitatif, les tubes renfermant 0, 20, 40 et 60 % d'écume sont colonisés par des organismes pélagiques alors que le peuplement accuse un caractère benthique entre 80 et 100 % d'écume.

### 3.5. Discussion et conclusion

Malgré des différences de conditions expérimentales, nos résultats corroborent la majorité des rares observations bibliographiques obtenues : BAYLOR et Coll. (1962), en récupérant les aérosols produits en surface par l'éclatement de bulles, vérifient la concentration des phosphates. KLEIN et Mc GAUHEY (1963) JAGER-FORGET (1970) prouvent la venue de détergents dans les écumes. Toutefois, les deux dernières références concernent des observations réalisées en eau douce.

En fait, la récupération de produits par écumage suit des lois d'adsorption aux interfaces eau-bulle, bien précises. DOGNON (1941), GADEN et KEVORKIAN (1956), BIKERMAN (1973), NG et MUELLER (1975), les ont discutées.

Par contre, en ce qui concerne la toxicité et l'eutrophie de l'écume, les raisons explicatives et les renseignements sont beaucoup plus rares. SERVIZI et GORDON 1976, relatent bien des phénomènes de toxicité de l'écume liés à des acides résineux, des diterpènes et des dispersants, mais l'écume provenait d'effluents de papeterie, et résultent de l'aération de bassins de lagunage.

Dans notre cas, les essais effectués nous ont engagés à émettre plusieurs hypothèses relatives à la toxicité de l'écume. Il est certain que l'écumeur peut concentrer des produits naturellement toxiques tels l'Ammoniaque et les détergents. Cependant, il récupère également des produits qui, oligo-dynamiques, voire vitaminiques à doses homéopathiques, deviennent toxiques à doses plus élevées comme c'est le cas des métaux. De plus, il faut ajouter une toxicité possible par anoxie. Celle-ci est due à la concentration de matériel ayant une demande en oxygène élevée, lorsque le vieillissement se fait sans échanges gazeux avec l'atmosphère et sans aération artificielle. Il importe enfin de noter que les écumes ont un pouvoir moussant élevé et que cette activité "détergente" peut avoir un effet non négligeable sur les lipides des parois cellulaires.

Si on analyse les conditions de développement algal dans l'écume et les possibilités de culture sur un tel milieu, on constate que deux phénomènes les régissent : tout d'abord, une eutrophie liée à une certaine richesse en sels minéraux (Phosphates) ou composés organiques, mais aussi la présence constante d'un résiduel toxique rendant le milieu productif ou stérile suivant les doses d'écume employées. A cette action limitante sur le plan quantitatif, s'ajoute un rôle sélectif entraînant l'éradication (ou la prolifération) de certains maillons écologiques. Cette sélection spécifique étant, elle aussi, dépendante du taux de dilution.

En conséquence, l'écume par sa composition et ses propriétés évolutives est un liquide particulier. Elle donne la possibilité d'influer sur les systèmes biologiques car les phénomènes d'activation et d'inhibition font normalement partie des facteurs régissant le fonctionnement d'un écosystème. Additif de culture intéressant son potentiel régulateur et sa facilité d'obtention laissent entrevoir des possibilités de contrôles biologiques importantes, mais qui dépassent largement le cadre de cet exposé. Sur le plan appliqué, il suffit de mentionner deux avantages des milieux sélectifs :

- la possibilité de réaliser des cultures quasiment monospécifiques sans crainte de contamination extérieure ;

- la possibilité de tronquer les pyramides trophiques à différents niveaux, ce qui permet de bénéficier d'une production accrue en limitant la prédation.



## BIBLIOGRAPHIE

- BARNABE G. et DIVANACH P. -1976- Procédés et dispositifs pour épurer l'eau : Brevet ANVAR n° 76-27620.
- BAYLOR E.R. et SUTCLIFFE W.H. Jr. -1963- Dissolved organic matter as a source of particulate food. Limnol and Oceanogr. 8 (4) : 369-371.
- BAYLOR E.R., SUTCLIFFE W.H. Jr et HIRSCHFELD D.S. -1962- Adsorption of phosphates onto bubbles. Deep. Sea Res., 9 : 120-124.
- BIKERMAN J.J. -1973- Foams. Edit. Springer-Verlag, 320 pp.
- DE PAUW N. et DE LEENHEER L. -1977- Mass culturing of marine and fresh water algae on aerated swine manure. Paper presented at the conference : cultivation of fish fry and its live food, Szymbark, Poland, sept. 23-28 : 31 pp.
- DOGNON -1941- Concentration et séparation des molécules et des particules par la méthode des mousses. Rev. Sci. T 79 : 613-619.
- DUNSTAN W.M. and MENZEL D.W. -1971- Continuous cultures of natural populations of phytoplankton in dilute, treated sewage effluent. Limnol. Oceanogr. Vol. 16 : 623-632.
- GOLDMAN J.C., TENORE K.R., J.H. RYTHER and CORWIN N. -1974- Inorganic nitrogen removal in a combined tertiary treatment-marine aquaculture system. I. Removal efficiencies. Water Res. Woods Hole Mass.
- GADEN E.L., KEVORKIAN V. -1956- Foams in chemical technology. Chem. Eng. Oct. : 173-184.
- JAGER-FORGET E. -1970- Le moussage : Application à l'épuration. Dosage des détergents. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur I.B.A.N.A. 70 pp.
- KLEIN S.A., Mc GAUHEY P.H. -1963- Detergent removal by surface stripping. Ser. Wat. Poll. Contr. Fed., 35 : 100-115.
- LEMLICH R. -1972- Principles of foam fractionation and drainage. Extrait de : Adsorptive bubble separation techniques. Edt. Lemlich, R., Academic Press. : 33-50.
- Ng K.S., MUELLER J.C. -1975- Foam separation. A technic for water pollution abatement. Wat and sewage works : 48-54.
- RODIER J. -1975- L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. DUNOD Ed. 2 tomes.
- RYTHER J.H., DUNSTAN W.M., TENORE K.R. and HUGUENIN J.E. -1972- Controlled eutrophication increasing food production from the sea by recycling human wastes. Bioscience, Vol. 22 : 144-152.
- SERVIZI J.A., GORDON R.W., ROGERS I.H. and MAHOOD H.W. -1976- Chemical characteristics and acute toxicity of foam on two aerated lagoons. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 1284-1290;

Planche 1  
 VARIATION DE LA QUALITE DE L'ECUME FRAICHE

	1					2
	janvier 75	avril 75	mai 75	novembre 75	décembre 75	décembre 75
C organique mg/l	83	375	10,2	125	140	1537
C total "				232	222	1645
DCO		1420		333	372	4088
N total "	10,72	6,732	5,567	10,64	10,59	18,16
N ammoniacal "	2,87	2,33	0,607	2,148	5,31	6,74
N nitrique "	2,3	0,092	0,167	0,143	0,583	6,86
N nitreux	0,023	0,010	0,037	0,047	0,226	0,74
P total "		0,910		3,05	3,36	20,7
P soluble "		0,74		1,37	1,37	19,4
MES organique "				91,2	38	607
MES total "				144	63,8	1480
Fe ug/l	189	1,51		465		68400
Cu "	77	0,43		90		2785
Zn "	158					215
Cr "	0,65					
Pb "	1					
Si mg/l		0,265	0,24			16,1
Hg ug/l			0,2			12
Mg mg/l			1233			1573
K "						551
Ca "		472				
détergent ABS "	258					13,2
Parathion ug/l	0,1					
phénol		0,042				

1 Ecumeur à Venturi

2 Ecumeur à recyclage des mousses.



Planche 2

FACTEURS DE CONCENTRATION DE DIVERS PRODUITS DANS L'ECUME

	1					2
	janvier 75	avril 75	mai 75	novembre 75	décembre 75	décembre 75
C organique	11,2	64,6	1,3	8,3	19,4	172,5
C total				4,1	8,2	47
DCO				8,3	19,4	172
N total	3,3	5,1	2,4	5	2,8	5,4
NH <sub>3</sub>	12,35	44,8	3,5	55	33,2	674
NO <sub>3</sub>	1,34	0,6	0,8	0,7	0,6	6,5
NO <sub>2</sub>	0,9	1,2	2,2	0,6	1,9	43,5
P total		10,3		14,6	13,4	107,8
P soluble		14,8		7,1	7,6	156,4
MES organique				8		52,3
MES total				6,2		30,9
Fe	47,2			15		4560
Cu	15,4			30		2321
Zn	37,6					23,9
Cr	5					
Pb	non dé- tectable					
Si						4,8
Hg	non dé- tectable					6
Mg						1,2
K		1				1,2
Ca <sup>++</sup>		1,1				
Détergent ABS	3,2					12,1
Parathion	non dé- tectable					

1 Ecumeur à Venturi

2 Ecumeur à recyclage des mousses.

EVOLUTION DE QUELQUES CARACTERISTIQUES DE L'ECUME LORS DE SON VIELLISSEMENT

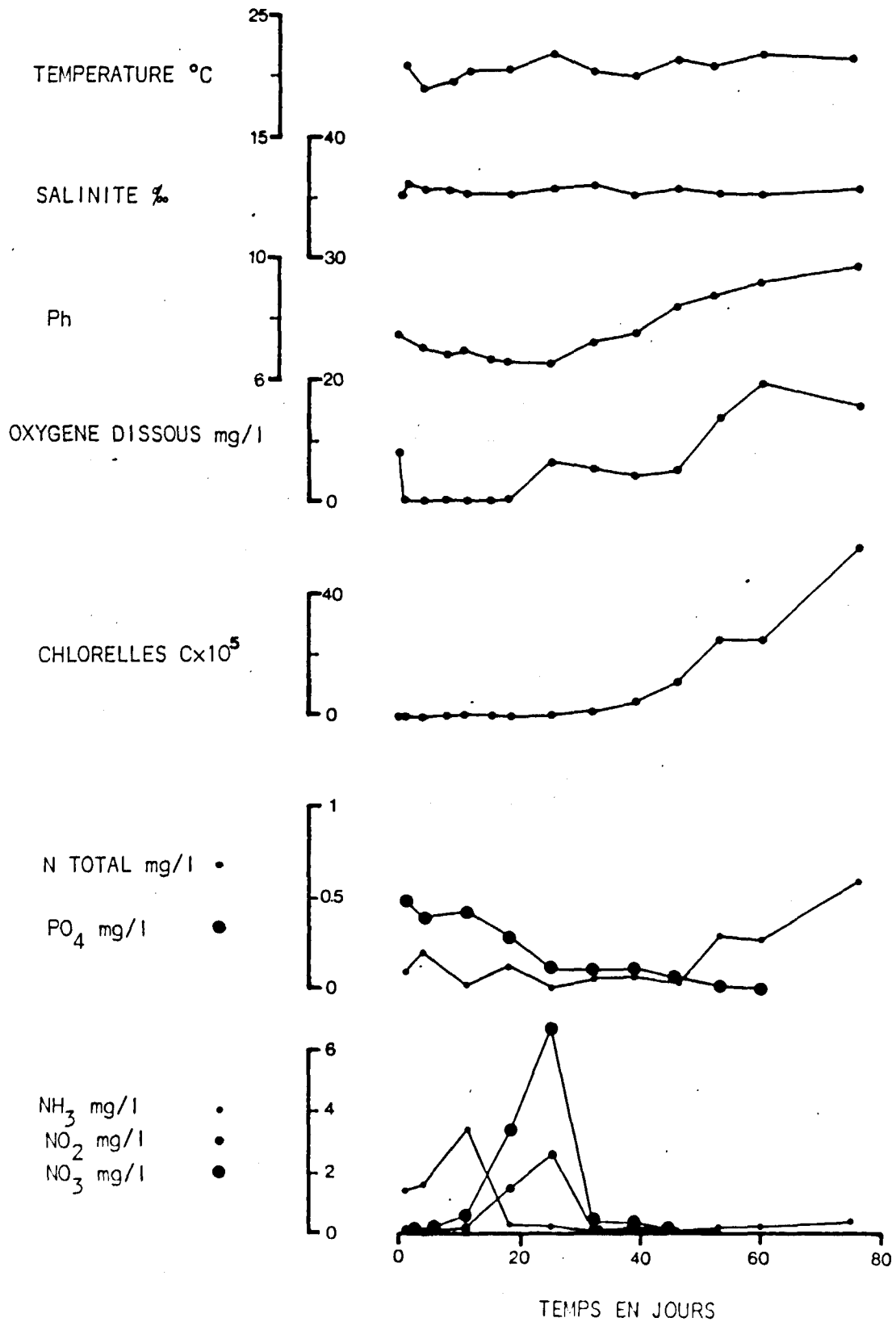


Planche 4

TOXICITE DE L'ECUME FRAICHE

Influence de l'espèce animale et de la concentration en écume sur le temps de mortalité de 100 % des individus (tableau 4 A)

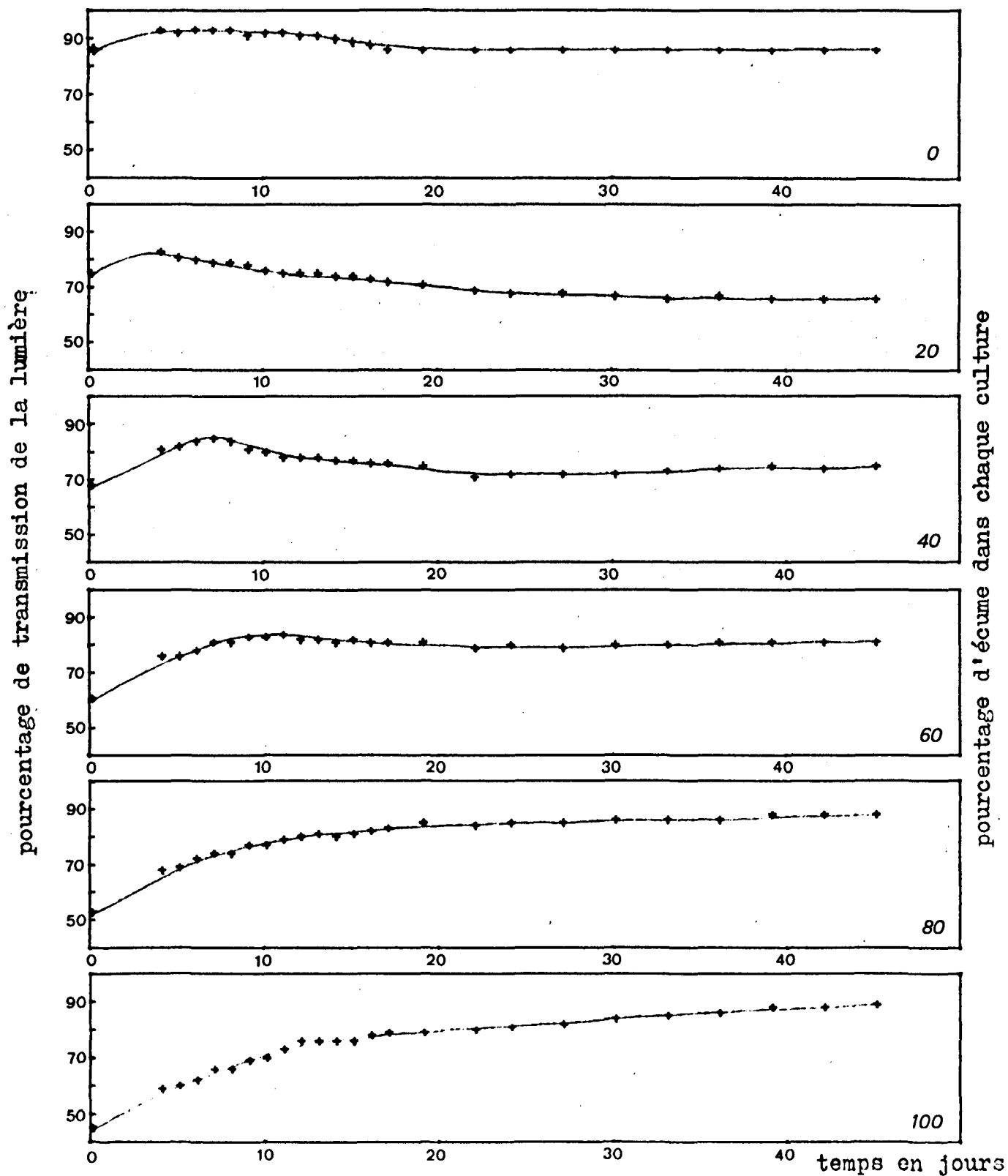
Concentration en écume en %	100	75	50	25	0
Animaux testés					
<i>Dicentrarchus labrax</i> (larve de 7 jours à 15 jours)	2 h	2 h 30	3 h	4 h	24 h
<i>Tisbe</i> sp. (adultes)	4 h	6 h	10 h	16 h	48 h
<i>Pedalia phenica</i>	1/2 h	1 h	2 h	9 h	36 h
<i>Aora typica</i>	7 h	12 h	33 h	67 h	96 h
<i>Artemia salina</i> ✕	96 h	96 h	96 h	96 h	85 h

✕ Cette espèce a posé des problèmes spéciaux discutés dans le texte

Influence du temps de contact avec l'écume sur le pourcentage de larves de Loup pélagiques malgré retour en eau propre (Tableau 4 B)

TEMPS DE CONTACT AVEC L'ECUME	EAU PROPRE Pourcentage de larves pélagiques au bout de : (heures)				
	0	2	4	6	24
1/2 heure	50	62	70	82	46
1 heure 30	10	16	12	10	10
2 heures	0	0	0	0	0

évolution du pourcentage de transmission de la lumière  
 au cours du temps pour des cultures sur différentes  
 concentrations d'écume



COLLOQUE ECOTRON      DISCUSSION

Communication : P. DIVANAC'H & J. SUBE. Recyclage de déchets d'aquaculture marine. Caractéristique d'un effluent d'élevage de poissons : l'écume.

Q: MAESTRINI : Quel est le volume d'eau qu'il faut brasser pour obtenir la quantité d'écume nécessaire ?

R: DIVANAC'H : Les quantités d'écume peuvent atteindre 1 à 1,5 m<sup>3</sup> par jour pour des bassins d'élevage de 180 m<sup>3</sup>.

Q: MAESTRINI : Cette écume est-elle récupérée uniquement à partir de l'eau des bacs ? Pourrait-on produire de l'écume d'une autre façon ?

R: DIVANAC'H : Elle pourrait être récupérée à partir de l'eau de la lagune. Des travaux ont montré une relation entre poussée zooplanctonique et pouvoir moussant. Le pouvoir moussant des eaux lagunaires est généralement important.

Q: NIVAL : Dans les milieux que vous utilisez vous avez pris comme base des quantités d'azote. S'agit-il d'azote total ?

R: DIVANAC'H : Oui, en moyenne 1,8 mg/l d'azote, ce qui correspond à la valeur limite, dans l'écume, entre la toxicité et l'eutrophie.

Q: LASSERRE : Avez-vous fait une étude préliminaire de la consommation d'oxygène dans l'écume ? Est-ce-que la consommation d'oxygène des organismes vivants (bactéries en particulier) est importante ?

R: DIVANAC'H : La part de la respiration bactérienne n'a pas été estimée. Elle pourrait être importante car l'écume concentre les bactéries. Au moment où l'écume sort, elle est saturée en air, puis la concentration en oxygène diminue très rapidement. A la sortie des écumeurs la moyenne de saturation, établie sur un an, est de 100,5 % dans l'eau épurée.

Q: BRYLINSKI : Est-ce-que l'écume mise dans un volume d'eau flotte ?

R: DIVANAC'H : Non, elle se dissout et peut agir sur tout le volume d'eau. L'intérêt de ce système est d'augmenter l'interface air-eau.